



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior  
de Gestión en la Edificación

# GESTIÓN DE RESIDUOS Y SU APLICACIÓN A LA FABRICACIÓN DE PAVIMENTOS

Proyecto Final de Grado

SEPTIEMBRE 2011

Alumno: José Peris Mor

Tutor: Vicente Monzó Hurtado

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. GENERACIÓN DE RESIDUOS A LO LARGO DE LA HISTORIA.....	7
1.2. CAUSAS DE LA DESCONTROLADA GENERACIÓN DE RESIDUOS .....	10
1.3. DEFINICIONES DE CONCEPTOS BÁSICOS.....	19
CAPÍTULO 2. LEGISLACIÓN.....	26
2.1. LEGISLACIÓN VIGENTE RELATIVA A LOS RESIDUOS.....	26
2.1.1. Legislación Vigente En El Ámbito De La Generalitat Valenciana.....	26
2.1.2. Legislación vigente en el ámbito del estado español.....	30
2.1.3. Legislación vigente en el ámbito de la unión europea .....	33
2.2. LEY 10/1998, DE 21 DE ABRIL DE RESIDUOS. ....	37
2.3. REAL DECRETO 105/2008.....	38
CAPÍTULO 3. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	40
3.1. CATÁLOGO EUROPEO DE RESIDUOS (CER) .....	40
3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN SU ORIGEN ..	97
CAPÍTULO 4. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	102
4.1. INTRODUCCIÓN .....	102
4.2. SISTEMA DE GESTIÓN .....	102
4.3. GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	112
4.3.1. Residuos habituales en obras de construcción y demolición:.....	114

4.3.2. Funcionamiento de una Planta de Tratamiento de RCDs.....	117
CAPÍTULO 5. RECICLAJE.....	124
CAPÍTULO 6. ACERO.....	127
6.1. RECICLAJE DEL ACERO.....	128
6.2. PAVIMENTO DE ACERO .....	137
CAPÍTULO 7. ALUMINIO .....	139
VENTAJAS DEL ALUMINIO RECICLADO.....	140
7.1. PROCESO DE RECICLAJE.....	144
7.2. PAVIMENTO DE ALUMINIO – CHAPAS / PLANCHAS.....	147
7.3. PAVIMENTO DE ALUMINIO - PERFILES.....	150
CAPITULO 8. ÁRIDOS RCDs .....	152
8.1. OBTENCIÓN DE ARIDOS .....	152
8.2. ÁRIDO RECICLADO PROCEDENTE DE HORMIGÓN.....	159
8.2.1. HORMIGÓN RECICLADO .....	159
8.2.2. APLICACIONES EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS.....	165
8.3. ÁRIDO RECICLADO CERÁMICO O MIXTO .....	174
8.3.1. FABRICACIÓN DE HORMIGÓN CON ÁRIDO RECICLADO CERÁMICO O MIXTO .....	174
8.3.2. APLICACIONES EN CARRETERAS.....	178
CAPÍTULO 9. CAUCHO.....	181
9.1. PROCESO DE RECICLAJE.....	182
<b>9.2. PAVIMENTOS DE CAUCHO RECICLADO .....</b>	<b>189</b>

---

9.2.1.	LOSETA DE CAUCHO.....	189
9.2.2.	CAUCHO CONTINUO "IN SITU" .....	195
9.2.3.	ALCORQUES .....	196
9.2.4.	PAVIMENTO DE CAUCHO EN ROLLO.....	197
9.2.5.	LOSETAS DE CAUCHO ALVEOLAR.....	199
9.2.6.	CARRETERAS .....	200
CAPÍTULO 10. CERÁMICOS.....		205
10.1.	RECICLAJE PIEZAS CERÁMICAS .....	207
10.2.	PAVIMENTOS DE CERÁMICA RECICLADA .....	216
10.2.1.	AZULEJOS CERÁMICOS.....	216
10.2.2.	CHAMOTA .....	218
10.2.3.	TIERRA BATIDA .....	220
CAPÍTULO 11. MADERA TECNOLÓGICA - WPC .....		223
11.1.	PAVIMENTOS DE MADERA RECICLADA.....	223
11.1.1.	WPC.....	223
CAPITULO 12 VIDRIO .....		227
12.1.	PROCESO DE RECICLAJE .....	229
12.2.	PAVIMENTOS DE VIDRIO.....	230
12.2.1.	MOSAICO VÍTREO .....	230
12.2.2.	PAVIMENTO POROSO DE VIDRIO RECICLADO .....	231
CAPÍTULO 13. OTROS PAVIMENTOS.....		234
13.1.	PLATAFORMA MODULAR (100% PVC reciclado).....	234

---

13.2.	PASARELA DE PLAYA plástico (100% plástico reciclado: PE+PP).....	237
13.3.	SUELOS DE MADERA REUTILIZADA .....	239
13.4.	PAVIMENTO 100% CUERO RECICLADO .....	240
13.5.	PAVIMENTO DE CORCHOS .....	241
	BIBLIOGRAFÍA .....	242

## **INTRODUCCIÓN**

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. GENERACIÓN DE RESIDUOS A LO LARGO DE LA HISTORIA**

Desde sus orígenes, el ser humano ha explotado los recursos naturales que tenía a su alcance. Durante el Paleolítico (desde hace 2.800.000 años, hasta el año 7.000 a.C.) el hombre vivió como cazador, pescador y recolector, llevando por ello una vida nómada. Eran grupos formados por un reducido número de individuos, que colocaban sus campamentos en las orillas de los ríos. Pero los residuos que generaban, quedaban en el lugar, y eran ellos los que marchaban. Aun así, la huella que sus actividades dejaron en la naturaleza fue muy superficial.

Posteriormente en el Neolítico (desde el año 7.000 a.C. hasta el año 3.000 a.C.)<sup>1</sup> el ser humano abandona la vida nómada al descubrir la agricultura y la domesticación de las primeras especies animales y vegetales, aunque seguía practicando la caza y la recolección. Se construyen los primeros poblados, también cerca de los ríos. Los residuos que generaban se empezaron a acumular en el entorno, aunque al tratarse de productos orgánicos, y por lo tanto biodegradables, y ser pequeñas cantidades, no suponían un problema, pues eran absorbidos sin problemas por los ecosistemas naturales. Se estima que en este periodo, la población mundial era de 10 millones de habitantes, con una esperanza de vida de 20 años.

Su relación con el medio natural cambió radicalmente. El hombre descubrió que podía modificar su entorno en provecho propio. Se crearon las primeras superficies de campos de cultivo, y los núcleos de población, aumentaban cada vez más el número de habitantes.

Durante la Edad de los Metales (último periodo de la Prehistoria), el ser humano descubre y empieza a utilizar progresivamente el cobre, el bronce y el hierro. Como pasaba en el Neolítico, el hombre no descubre estos metales al mismo tiempo en todas las zonas geográficas. Por ello, los pueblos que descubrían un metal antes que otros, eran capaces de imponerse al resto. En este periodo se desarrollan las primeras civilizaciones, las cuales inventaron la escritura, dando así fin a la etapa de la Prehistoria, y comenzando la Historia.

---

(1) Estas fechas son estimadas, pues cada grupo humano descubrió la agricultura en un momento distinto.

El número de habitantes en los núcleos de población era cada vez mayor, y empiezan a aparecer los primeros residuos poco biodegradables, restos de la alfarería y la metalurgia, yeso, cal, etc., aunque no llegaran a ser un problema, pues se reutilizaban y reciclaban.

En la Antigua Roma, el volumen de residuos generados, ya empezó a ser un problema para la ciudad, pues llegó a tener una población de casi un millón de habitantes, y los detritus (fragmentos de material orgánico generalmente proveniente de la descomposición animal o vegetal) producidos, no eran absorbidos por la naturaleza. Para el transporte de mercancías (especialmente alimentos, vino, y aceite), se utilizaban recipientes cerámicos, que cuando ya no servían, se acumularon en un enorme vertedero, que dio origen al monte Testaccio, una de las actuales colinas de Roma.

En tiempos del emperador Cesar Augusto, se creó la primera gran red de alcantarillado, para evitar la acumulación de vertidos en la ciudad. Fue uno de los primeros pasos en la gestión de residuos. Sin embargo, todo esto se vino abajo con las invasiones germánicas a partir del siglo V, dándose un gran paso hacia atrás.

Empezó una época oscura, en la cual se pierden todos los conocimientos culturales que había hasta ese momento, para la gran mayoría de la población. Es una época de feudalismo, donde la gente se agrupaba en ciudades de un tamaño ya importante, sin las mínimas infraestructuras de saneamiento. Eran ciudades habitadas por personas sin cultura ni estudios.

Basuras, detritus, aguas fecales y todo tipo de residuos, eran vertidos directamente a la calle a través de puertas y ventanas. Esto fue con casi toda seguridad, la principal causa de la epidemia de peste que asoló Europa en el siglo XIV, y dio muerte a casi la mitad de la población. El depósito incontrolado de todo tipo de residuos, provocó la proliferación de ratas, cuyas pulgas al picar a las personas transmitían la enfermedad. El proceso de erradicación de la enfermedad fue largo, pues las autoridades se centraron más en buscar una cura para la enfermedad, que en averiguar cuál era la causa. Con el paso del tiempo, una vez superada la epidemia, por temor a que se repitiera la plaga, se crean ordenanzas en las grandes ciudades, prohibiendo arrojar las basuras a la vía pública.



En España, a partir del siglo XVIII, se empieza a separar la basura orgánica del resto, por parte de los campesinos y ganaderos, para usarla como abono para los cultivos, y alimento para los animales. Durante el reinado de Carlos III, se realiza la primera red de alcantarillado en Madrid, y posteriormente en las principales ciudades españolas, así como el empedrado de las calles para facilitar su limpieza.

En el siglo XIX, con la Revolución Industrial, aumenta notablemente la generación de residuos, como también aumentó el tamaño de las ciudades debido a la migración de zonas rurales, a las ciudades, ya que las industrias precisaban de numerosa mano de obra. Este aumento de los residuos, y una gestión aún muy deficiente, provocó de nuevo la aparición de enfermedades, debidas a la falta de higiene, como el cólera o el tifus.

La Revolución Industrial, trajo consigo una descontrolada explotación de los recursos naturales, deforestación, reducción de la biodiversidad, contaminación atmosférica, de los suelos así como de las aguas (ríos, lagos, aguas subterráneas...) etc. A finales del siglo XIX, y principios del XX, surge en las principales ciudades, la figura del *basurero*; esta fue la primera forma organizada de recogida de residuos sólidos urbanos. Eran campesinos que recogían las basuras de las ciudades, transportándolas en carros, o en las alforjas de sus equinos, y las transportaban a unos terrenos en las afueras de las ciudades, donde las mujeres de la familia separaban los residuos en cuatro montones: por un lado restos orgánicos que sirviesen de alimento para el ganado, por otro lado el resto de la materia orgánica, que mezclándola con el estiércol de los animales, servía para abonar los campos. Los otros dos montones estaban formados, uno por los objetos que podían reutilizarse, y otro por aquellos que no tenían utilidad. Poco a poco fueron organizándose, repartiéndose los distintos barrios de la ciudad, y formando asociaciones y empresas, de las que surgieron compañías que actualmente se dedican a esta actividad, como la Cooperativa de Usuarios del Servicio de Limpieza Pública Domiciliaria de Barcelona, y la Sociedad de Agricultores de la Vega de Valencia.

A finales del siglo XIX, la incineración de los residuos revolucionó la forma de eliminarlos, por su disminución de peso y volumen, pero trajo consigo otros problemas como humos, incendios, etc. Es por ello que en 1909, en EEUU se clausuraron más de cien incineradores.

Pero es en el siglo XX, cuando se produce un asombroso aumento demográfico. En España se pasa de 18.617.956 habitantes en 1900, a 40.499.791 en el año 2000, es decir más del doble, y actualmente casi se habría triplicado, pues en el año 2010, el censo de la población española era de 46.152.925 habitantes. Este aumento de población ha provocado el consecuente aumento de residuos generados, así como la naturaleza de los mismos (plásticos, residuos electrónicos, químicos etc.), especialmente durante el segundo tercio del siglo, con la expansión de la economía basada en el consumo, la cultura del usar y tirar, y los extraordinarios avances técnicos experimentados, lo que complica la eliminación de los mismos, y ha forzado al ser humano a investigar nuevos métodos de gestionarlos, como el reciclaje, reutilización, etc. (Información obtenida del libro Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos, Colomer y Gallardo).

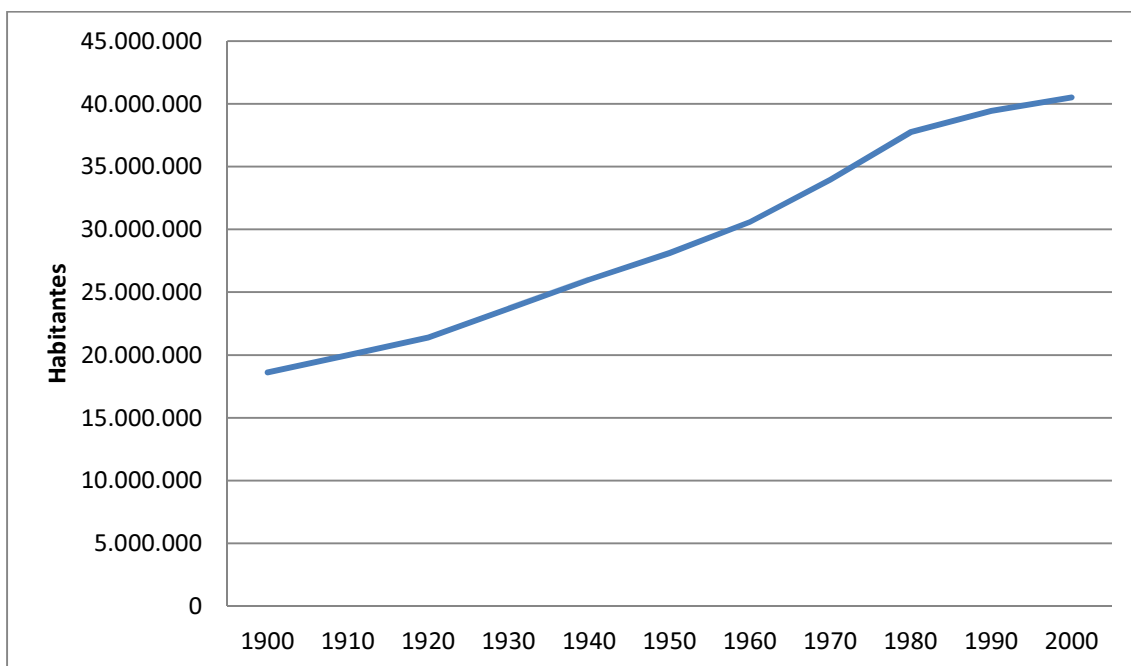


Gráfico1: Evolución demográfica en España. Siglo XX Fuente: INE

### 1.2. CAUSAS DE LA DESCONTROLADA GENERACIÓN DE RESIDUOS

Vivimos en una sociedad cómoda, caprichosa y manipulada, lo que nos convierte en consumistas. Según la Real Academia Española de la Lengua, *consumismo* es *tendencia inmoderada a adquirir, gastar o consumir bienes, no siempre necesarios*. Estas son las principales causas de la descontrolada generación de residuos de la

---

sociedad actual. No siempre renovamos por necesidad los bienes que poseemos, frecuentemente lo hacemos por comodidad, por capricho, o porque somos "victimas", sin darnos cuenta de las técnicas de venta de las grandes empresas.

Bien por comodidad, o a veces por falta de tiempo debido al ritmo de vida que llevamos, la mayor parte de los artículos de uso cotidiano, desde las servilletas hasta las maquinillas de afeitar, pasando por artículos de menaje (en restaurantes de comida rápida, o en celebraciones con amigos para evitar tareas posteriores, por citar algunos ejemplos), ó incluso los pañales de los bebés, son de usar y tirar. Son millones de artículos, que tras consumir una serie de recursos únicamente tienen un solo uso, y luego pasan a ser residuos. Para la fabricación de las servilletas o los pañuelos, que antes eran de tela, ahora es necesaria la tala de árboles, pero no solo ese es problema, ya que estos productos no son fáciles de reciclar, pues para blanquearlos se utilizan productos químicos que dificultan su posterior reciclaje.

Otro claro ejemplo son las famosas cámaras de fotos reciclables, que pueden durar un fin de semana, y luego ya no sirven.

Cada 24 horas, Tokio genera 12.500 toneladas de residuos, Ciudad de México 8.000, Londres casi 7.000 y El Cairo cerca de 4.500. Se podría decir que el consumo y la basura se han convertido en una de las características de nuestro tiempo. Esta cantidad de desechos es consecuencia de potenciar el consumo al límite. Productos que anteriormente tenían una vida de varios años han pasado a ser cambiados en semanas. En muchas ocasiones, sale más rentable comprar un nuevo aparato eléctrico que intentar arreglarlo. Y como nos sale más "rentable", nos deshacemos del viejo sin pensar en los residuos que estamos generando, más aun cuando no lo hacemos del modo correcto, y depositamos todos los residuos en el mismo contenedor.

El arquitecto Adolf Loos lo explicaba de la siguiente forma: "preferimos consumidores que se cansan de sus muebles en diez años (y que por tanto tienen que volver a amueblar sus casas) a aquellos que no compran un objeto hasta que el otro se ha estropeado. Es lo que la industria demanda.

A través de la publicidad, el cine y otras técnicas de mercado, somos incitados a consumir, tirar y volver a consumir. Somos educados todos los días, a través de miles de imágenes, a cómo ser un buen consumidor. El "usar y tirar" se ha convertido en

---

uno de los símbolos de nuestro tiempo. Junto a este impulso del consumismo salvaje, los productos han comenzado a definirse por su imagen y sus valores estéticos. La imagen y "lo bonito" se han convertido en factores de primer orden hasta para comprar una lavadora, un libro o un ordenador. En esta sociedad visual de la televisión y la imagen, el mercado ha encontrado un filón de oro en el estilo y la estética. Como escribe Stuart Ewen en su libro Todas las imágenes del consumismo, "el estilo, cada vez más, se ha convertido en el idioma oficial del mercado".

También vemos como la tecnología que hoy está en boga, mañana es obsoleta, como es el caso de ordenadores, o teléfonos móviles. Por aparentar estar a la última moda, uno compra y se deshace del viejo, si ya tiene uno o dos años, es obsoleto. Tenemos un teléfono móvil, del que no usamos ni la mitad de las funciones que tiene, pero cuando sacan un modelo nuevo, que tiene prácticamente las mismas funciones y características, pero con un diseño más nuevo, tenemos la necesidad de poseerlo, aunque nuestro actual teléfono funcione perfectamente, y el nuevo no nos va a aportar nada nuevo salvo "estatus". Lo mismo pasa con los ordenadores, aunque solo tenga dos o tres años, y realmente funcione igual que el primer día, como la tecnología avanza a pasos agigantados, y tendemos a compararlos con los modelos más novedosos del mercado, el nuestro ya no vale, porque el nuevo es más rápido, tiene más capacidad, y un diseño más moderno. Y del mismo modo actuamos con cualquier aparato electrónico de uso cotidiano, lo que provoca que anualmente generemos entre 20 y 50 millones de toneladas de residuos electrónicos altamente contaminante al año en todo el mundo, de los cuales más del 80% se exporta a países del tercer mundo, camuflado como una ayuda de modernidad a los más desfavorecidos, aunque en realidad la mayor parte no funcione, y terminen formando enormes vertederos electrónicos. Históricamente, esto ha ocurrido en Asia, pero, recientemente, el comercio se ha extendido a otras regiones, en especial a África occidental, países con poca o ninguna legislación sobre el reciclaje o gestión de residuos.

Según un estudio de la organización ecologista Greenpeace, "ordenadores, monitores y televisores son los principales residuos electrónicos en los desguaces. Se desmontan a mano en pequeños talleres. Algunas partes se queman para separar el plástico del valioso metal. Los materiales sin valor se arrojan con otros residuos. La mayor parte del trabajo es realizado por niños, algunos con tan solo cinco años, sin equipo de protección, usando herramientas básicas o las manos. El estudio descubrió

---

que muchas muestras ambientales contenían numerosas sustancias peligrosas, como altos niveles de plomo tóxico, sustancias químicas como los ftalatos DEHP y DBP (que interfieren en la reproducción) o dioxinas cloradas que están relacionadas con el cáncer. Aunque el estudio no pretendiera cuantificar el daño causado al medio ambiente o a la salud humana, los resultados indican que trabajadores y personas presentes pueden tener una exposición importante a sustancias químicas peligrosas”.



Imagen 1. Vertedero de aparatos electrónicos en Ghana (Fuente: [www.elpais.com](http://www.elpais.com))

Las sustancias químicas más importantes encontradas en los emplazamientos de reciclaje de residuos electrónicos son:

- El **cadmio** (Cd) se encuentra presente en los aparatos electrónicos, tanto como cadmio metálico, en algunos interruptores y juntas de soldadura, como compuestos de cadmio en pilas recargables, estabilizadores UV en antiguos cables de PVC, o como en los revestimientos fosforescentes de los viejos tubos de rayos catódicos. Al igual que el plomo, el cadmio puede acumularse en el cuerpo a lo largo del tiempo, por lo que la exposición causa a largo plazo daños a los riñones y a la estructura ósea. Se sabe que el cadmio y sus compuestos son cancerígenos para el ser humano, principalmente mediante la inhalación de vapores y partículas de polvo contaminadas.

- El **Plomo** (Pb) se usa extensamente en los productos electrónicos como componente principal de soldaduras (en aleación con estaño), y como óxido de plomo en el cristal de los tubos de rayos catódicos en televisiones y monitores, así como en baterías de plomo. Sus compuestos también han sido utilizados como estabilizadores en algunos cables de PVC y en otros productos. El plomo es altamente tóxico para los humanos, y también para animales y plantas. Se puede acumular en el organismo mediante la exposición reiterada y tener efectos irreversibles sobre el sistema nervioso, en particular durante su desarrollo en la infancia.

- Los **ftalatos** se usan comúnmente para ablandar plásticos, principalmente PVC. Su toxicidad es preocupante. El ftalato DEHP, por ejemplo, es capaz de interferir en el desarrollo de los testículos en edades tempranas. En Europa, tanto el DEHP como el DBP están clasificados como “tóxicos para la reproducción”. A pesar de su toxicidad, de las cantidades empleadas y de su capacidad para liberarse de los productos durante su uso, hay pocos controles sobre el comercio y empleo de los ftalatos. De los mecanismos de control existentes, el más conocido es la prohibición, por parte de la Unión Europea, del empleo de seis ftalatos en juguetes y artículos infantiles. Aunque esto aborda una vía importante de exposición, la toma de contacto con ellos a través de otros productos de consumo sigue sin afrontarse, lo que incluye el material eléctrico y electrónico.

- El **antimonio** (Sb) es un metal usado en varias aplicaciones industriales, entre ellas como retardante de llama (trióxido de antimonio) y como trazador en soldaduras metálicas. En algunas de sus formulaciones, el antimonio se asemeja químicamente al arsénico, incluyendo su toxicidad. La exposición a altos niveles, presentes en partículas de polvo o vapores, en el lugar de trabajo, puede conllevar severos problemas de piel y otros efectos negativos sobre la salud. El trióxido de antimonio está reconocido como posible cancerígeno en humanos.

- Los **PCBs** (bifenilos policlorados) se usaban hasta finales de los años 70, para el aislamiento de fluidos en los transformadores y condensadores eléctricos, así como retardante de llama en el PVC y otras aplicaciones de los polímeros. Estas sustancias químicas también se pueden generar durante la combustión de materiales orgánicos clorados, entre ellos el PVC. Son sustancias químicas sumamente persistentes y bioacumulativas, que se dispersan con rapidez en el medio ambiente y se acumulan en concentraciones elevadas en el cuerpo de los animales. A los PCBs se les asocia con un amplio rango de efectos tóxicos que incluyen la supresión del sistema

inmunológico, afecciones en el hígado, desarrollo del cáncer, daños al sistema nervioso, cambios conductuales y daño al sistema reproductor masculino y femenino.

- Los clorobencenos se usan como disolvente en formulaciones de PCB (históricamente en transformadores), y se pueden generar también durante la combustión del PVC. Estas sustancias químicas son relativamente persistentes y bioacumulativas. Los efectos por exposición dependen del tipo de clorobenceno, pero los más comunes incluyen efectos sobre el hígado, la tiroides y el sistema nervioso central.

- El **hexaclorobenceno** (HCB) es la sustancia química más tóxica y persistente de este grupo, y es también un disruptor endocrino y posiblemente cancerígeno para los humanos.

- Los **PBDE** (polibromodifenil éteres) son un tipo de retardante de llama bromado que se utilizan para prevenir la propagación del fuego en gran variedad de materiales, incluyendo las fundas y los componentes de muchos productos electrónicos. Son sustancias químicas persistentes en el medio ambiente y algunas son sumamente bioacumulativas, capaces de afectar el desarrollo cerebral normal en los animales. Se sospecha que ciertos PBDEs son disruptores endocrinos, capaces de interferir con las hormonas del crecimiento y el desarrollo sexual. También se han documentado efectos sobre el sistema inmunológico.

- El **trifenilfosfato** (TPP) es un tipo de retardante de llama organofosforado que se utiliza en los aparatos electrónicos, por ejemplo, en las carcasas de los monitores de ordenador. El TPP es muy tóxico para la vida acuática y un inhibidor importante de un sistema enzimático clave de la sangre humana. También se sabe que en algunos individuos provoca dermatitis por contacto y es un posible alterador hormonal.

Pero muchas veces, sin ser conscientes de ello, generamos residuos de un modo digamos “manipulado”, pues sin saberlo, adquirimos productos que tienen una fecha de caducidad preestablecida desde el momento de su fabricación; es lo que se conoce como obsolescencia programada. Se denomina obsolescencia programada u obsolescencia planificada a la determinación, planificación o programación del fin de la vida útil de un producto o servicio de modo que este se torne obsoleto, no funcional, inútil o inservible tras un período de tiempo calculado de antemano, por el fabricante o empresa de servicios, durante la fase de diseño de dicho producto o servicio. La obsolescencia programada tiene un potencial considerable y cuantificable para beneficiar al fabricante dado que el producto va a fallar en algún momento, obligando

---

al consumidor a que adquiera otro producto nuevamente, ya sea del mismo productor (mediante la adquisición de una parte para reemplazar y arreglar el viejo producto o mediante la compra de un modelo del mismo más nuevo), o de un competidor, factor decisivo que también se prevé en el proceso de obsolescencia programada.

Para la industria, la obsolescencia programada estimula positivamente la demanda al alentar a los consumidores a comprar de forma artificialmente acelerada nuevos productos si desean seguir utilizándolos. La obsolescencia programada se utiliza en una alta diversidad de productos. Existe el riesgo de una reacción adversa por parte de los consumidores al descubrir que el fabricante invirtió en diseñar que su producto se volviese obsoleto más rápidamente, haciendo que sus consumidores cambien a la competencia, basando su elección en la durabilidad y calidad del producto.

La obsolescencia programada fue desarrollada por primera vez entre 1920 y 1930, momento en el que la producción en masa empieza a forjar un nuevo modelo de mercado en el cual el análisis detallado de cada parte del mismo pasa a ser un factor fundamental para lograr su éxito.

La elección de fabricar productos que se vuelvan obsoletos de manera premeditada puede influir enormemente en la decisión de cierta empresa sobre su arquitectura interna de producción. Así, la compañía tiene que sopesar si utilizar componentes tecnológicos más baratos satisface o no la proyección de vida útil que estén interesados en darle a sus productos. Estas decisiones forman parte de una disciplina conocida como ingeniería del valor.

El empleo de la obsolescencia programada no siempre es tan fácil de determinar, y se complica aún más al entrelazar otros factores relacionados como pueden ser la constante competencia tecnológica o la sobrecarga de funciones que si bien pueden expandir las posibilidades de uso del producto en cuestión también pueden hacerlo fracasar rotundamente. Por ejemplo, en el campo de la informática un software no desarrollado todo lo cuidadosamente que se debe puede provocar la obsolescencia del hardware sobre el que se ejecuta.

El objetivo de la obsolescencia programada es el lucro económico inmediato, por lo que el cuidado y respeto del aire, agua, medio ambiente y por ende el ser humano, pasa a un segundo plano de prioridades. Cada producto que se vuelve obsoleto, supone contaminación. Es un evidente problema del actual sistema de producción y

---



económico, no se ajusta en absoluto a la armonía y equilibrio de la naturaleza en la que vivimos.

El procedimiento suele ser el siguiente: Uno de los aparatos electrónicos de uso habitual falla y cuando el dueño lo lleva a reparar, en el servicio técnico le dicen que le sale más rentable comprarse uno nuevo que arreglarlo. Usualmente, el precio de la mano de obra, las piezas estropeadas y el montaje suele costar un poco menos que adquirir uno nuevo, por ello normalmente el usuario suele desechar el producto averiado y comprarse uno nuevo. El problema se basa en la gran cantidad de residuos que se originan actualmente al realizarse este fenómeno una y otra vez, cada día, en todo el mundo.

Esto genera grandes beneficios, hace mover la economía mundial, pero tiene una importante contrapartida, genera ingentes cantidades de basura que nadie quiere. El razonamiento de los inventores del sistema parece irrefutable. Si se hiciesen cosas que durasen por siempre, llegaría un momento que todo el mundo tendría nuestro producto, y ya no sería necesario fabricar otro, la economía mundial se hundiría.

Se considera el cartel Phoebus como el origen de la obsolescencia programada. Fue un cártel formado por Osram, Philips y General Electric entre otros, firmado el 23 de diciembre de 1924, y que se mantuvo hasta 1939 (inicio de la Segunda Guerra Mundial), cuya finalidad era controlar la fabricación y venta de bombillas, pero sobre todo controlar al consumidor, pues lo que buscaban era que la gente comprara bombillas con regularidad. Cuando Thomas Alva Edison comenzó a comercializar sus bombillas, su idea era conseguir un modelo capaz de iluminar durante el mayor tiempo posible. Hace unos 130 años, en 1881, puso a la venta un modelo que duraba - en promedio- unas 1.500 horas. Cuarenta años más tarde, a principios de los años veinte, algunos fabricantes anunciaban lámparas capaces de alumbrar durante unas 2.500 horas. Es en ese momento cuando se crea Phoebus, con el objetivo de controlar que ninguna empresa fabricase lámparas eléctricas incandescentes que durasen más de 1.000 horas, pues si la vida útil de las lámparas incandescentes seguía aumentando *¿qué haría la industria cuando todo el mundo tenga las que necesita?*. Aunque pueda parecer una locura, el cártel impuso duras multas a aquellos fabricantes cuyos productos durasen más que ese tiempo. Incluso había una “*escala de castigos económicos*” que aumentaban a medida que la duración de las lámparas lo hacía. En el mundo solo había un puñado de fabricantes de este producto, y los más

---

importantes formaban parte del cártel, por lo que sus manejos dominaban completamente el mercado. Entre ellas intercambiaban patentes y, lo más grave, archivaban o sabotearan aquellos proyectos o productos que resultasen perjudiciales para sus propósitos, incluidos modelos de lámparas capaces de durar hasta 100 mil horas. En documentos encontrados en las empresas pertenecientes al cártel, se puede leer que “la vida media de las bombillas de iluminación general, no debe ser garantizada u ofrecida, por otro valor que no sea 1.000 horas”. Por ello los fabricantes tuvieron que crear lámparas más frágiles; la fabricación era rigurosamente controlada. En las décadas de los años 50 y 60 se patentaron docenas de nuevas bombillas, alguna incluso que duraba 100.000 horas, pero ninguna llegó a comercializarse.

El caso de las bombillas fue el primero, pero lamentablemente no el único. En 1940 la empresa química Dupont, presentó una fibra sintética revolucionaria, el *nylon*, que era prácticamente irrompible. Con este nuevo tejido, las mujeres no necesitaban comprar medias continuamente, ya que no se producían “carreras”. Por ello, rápidamente los dueños de la empresa dieron órdenes a sus químicos, de diseñar fibras que fuese más débiles, para que se rompieran antes, y así aumentar las ventas.

Otro claro ejemplo es el Ipod de Apple. En 2001 la multinacional estadounidense Apple sacó a la venta el Ipod, un reproductor multimedia portátil, por un precio que rondaba los 450 dólares. Dos años después, en 2003 se habían vendido en EEUU más de tres millones de unidades, pero buena parte de ellos habían tenido problemas con las baterías. Cuando los consumidores llamaban al servicio técnico para que les dieran una solución, la respuesta de la empresa era que la batería no se podía reemplazar, y lo mejor era comprar otro Ipod. Un gran número de afectados se unieron, y denunciaron al gigante informático. Durante el juicio se solicitó a Apple diversos documentos técnicos en relación a la vida útil de la batería del Ipod, y con ellos se comprobó que la batería de litio, se diseñó para tener una vida corta.

La obsolescencia programada está íntimamente ligada a la producción en masa y la sociedad de consumo. Ya en 1928 una influyente revista de publicidad (*Printer's Ink*), advertía “un artículo que no se desgasta es una tragedia para los negocios”. De hecho con la producción en masa, bajaron los precios y los productos fueron más asequibles; la gente empezó a comprar por diversión más que por necesidad, y la economía se aceleró. Pero en 1929 la crisis de Wall Street, frenó la incipiente sociedad de

---

consumo, y llevó a los EEUU a una profunda recesión económica. El paro alcanzó proporciones escalofriantes, en 1933 el desempleo se situó en el 25 por ciento. Las colas que antes eran para comprar, ahora eran para pedir trabajo y comida. Bernard London, un importante inversor inmobiliario, planteó la necesidad de que todos los productos tuviesen una vida útil limitada con una fecha de caducidad, después de la cual los consumidores los devolverían a una agencia del gobierno, para su destrucción. Creía que con la obsolescencia programada obligatoria, las fábricas continuarían produciendo, la gente continuaría consumiendo, y habría trabajo para todos; aunque finalmente esta idea no se puso en práctica. Veinte años después, en los años 50, la idea de obsolescencia programada resurgió, pero de un modo diferente, ya no se trataba de obligar al consumidor, sino de seducirle. A través del diseño y de la publicidad, se trataba de influir en el ciudadano para que cada vez que un producto se renovaba (cosa que se producía frecuentemente), lo comprasen. La idea del *estilo de vida americano* de los años 50 era *“libertad y felicidad, a través del consumo ilimitado”*. En este caso no se vende un producto con una vida útil determinada de fábrica, sino que se trata de crear consumidores, insatisfechos con los productos que poseen. La obsolescencia programada está en la raíz del considerable crecimiento económico que el mundo occidental ha vivido desde los años 50. Pero esta situación no es sostenible a largo plazo, pues un crecimiento ilimitado, no es compatible con un planeta de recursos limitados.

### 1.3. DEFINICIONES DE CONCEPTOS BÁSICOS

Muchos son los conceptos que se tratan en el tema de la gestión y tratamiento de residuos, y muchas las definiciones que de ellos se pueden dar. Por ello citaremos las que nos proporciona la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos:

**RESIDUO:** cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en el anejo de esta Ley, del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse. En todo caso, tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias.

**RESIDUOS URBANOS O MUNICIPALES:** los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.

Tendrán también la consideración de *residuos urbanos los siguientes:*

- Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas.
- Animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados.
- Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

**RESIDUOS PELIGROSOS:** aquellos que figuren en la lista de residuos peligrosos, aprobada en el Real Decreto 952/1997, así como los recipientes y envases que los hayan contenido. Los que hayan sido calificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en convenios internacionales de los que España sea parte.

**PREVENCIÓN:** el conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o a conseguir su reducción, o la de la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes presentes en ellos.

**PRODUCTOR:** cualquier persona física o jurídica cuya actividad, excluida la derivada del consumo doméstico, produzca residuos o que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla, o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos. Tendrá también carácter de productor el importador de residuos o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea.

**POSEEDOR:** el productor de los residuos o la persona física o jurídica que los tenga en su poder y que no tenga la condición de gestor de residuos.

**GESTOR:** la persona o entidad, pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos.

**GESTIÓN:** la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como 13374 Miércoles 22 abril 1998 BOE núm. 96 la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.

**REUTILIZACIÓN:** el empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

**RECICLADO:** la transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía.

**VALORIZACIÓN:** todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente. En todo caso, estarán incluidos en este concepto los procedimientos enumerados en el anexo II.B de la Decisión de la Comisión (96/350/CE) de 24 de mayo de 1996, así como los que figuren en una lista que, en su caso, apruebe el Gobierno.

**ELIMINACIÓN:** todo procedimiento dirigido, bien al vertido de los residuos o bien a su destrucción, total o parcial, realizado sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente. En todo caso, estarán incluidos en este concepto los procedimientos enumerados en el anexo II.A de la Decisión de la Comisión (96/350/CE) de 24 de mayo de 1996, así como los que figuren en una lista que, en su caso, apruebe el Gobierno.

**RECOGIDA:** toda operación consistente en recoger, clasificar, agrupar o preparar residuos para su transporte.

**RECOGIDA SELECTIVA:** el sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos.

**ALMACENAMIENTO:** el depósito temporal de residuos, con carácter previo a su valorización o eliminación, por tiempo inferior a dos años o a seis meses si se trata de residuos peligrosos, a menos que reglamentariamente se establezcan plazos

inferiores. No se incluye en este concepto el depósito temporal de residuos en las instalaciones de producción con los mismos fines y por períodos de tiempo inferiores a los señalados en el párrafo anterior.

**ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA:** instalación en la cual se descargan y almacenan los residuos para poder posteriormente transportarlos a otro lugar para su valorización o eliminación, con o sin agrupamiento previo.

**VERTEDERO:** instalación de eliminación que se destine al depósito de residuos en la superficie o bajo tierra.

El REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, añade los siguientes conceptos:

**RESIDUO DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA DEMOLICIÓN:** cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de «Residuo» incluida en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genere en una obra de construcción o demolición.

**RESIDUO INERTE:** aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.

**OBRA DE CONSTRUCCIÓN O DEMOLICIÓN:** la actividad consistente en:

1.º La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil.

2.º La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, con exclusión de aquellas actividades a las que sea de aplicación la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas. Se considerará parte integrante de la obra toda

---

instalación que dé servicio exclusivo a la misma, y en la medida en que su montaje y desmontaje tenga lugar durante la ejecución de la obra o al final de la misma, tales como:

Plantas de machaqueo, plantas de fabricación de hormigón, grava-cemento o suelo-cemento, plantas de prefabricados de hormigón, plantas de fabricación de mezclas bituminosas, talleres de fabricación de encofrados, talleres de elaboración de ferralla, almacenes de materiales y almacenes de residuos de la propia obra y plantas de tratamiento de los residuos de construcción y demolición de la obra.

**OBRA MENOR DE CONSTRUCCIÓN O REPARACIÓN DOMICILIARIA:** obra de construcción o demolición en un domicilio particular, comercio, oficina o inmueble del sector servicios, de sencilla técnica y escasa entidad constructiva y económica, que no suponga alteración del volumen, del uso, de las instalaciones de uso común o del número de viviendas y locales, y que no precisa de proyecto firmado por profesionales titulados.

**PRODUCTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN:**

1.º La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor del residuo la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.

2.º La persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.

3.º El importador o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.

**POSEEDOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN:** la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestor de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. En todo caso, no tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.

**TRATAMIENTO PREVIO:** proceso físico, térmico, químico o biológico, incluida la clasificación, que cambia las características de los residuos de construcción y demolición reduciendo su volumen o su peligrosidad, facilitando su manipulación, incrementando su potencial de valorización o mejorando su comportamiento en el vertedero.

Por su parte, la REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA, define *residuo* como:

- Parte o porción que queda de un todo.
- Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo.
- Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.
- Resto de la sustracción y de la división.



## **LEGISLACIÓN**

## **CAPÍTULO 2. LEGISLACIÓN**

En este capítulo se pretende recoger la normativa vigente aplicable en materia de residuos tanto a nivel de la Generalitat Valenciana, como del Estado Español, y de la Unión Europea. Esta normativa se ha sacado de las siguientes páginas web:

- <http://www.gva.es> → Generalitat Valenciana
- <http://www.marm.es> → Ministerio de Medio Ambiente
- <http://www.docv.gva.es> → Diari Oficial de la Comunitat Valenciana
- <http://www.boe.es> → Boletín Oficial del Estado
- <http://eur-lex.europa.eu> → Diario Oficial de la Unión Europea

### **2.1. LEGISLACIÓN VIGENTE RELATIVA A LOS RESIDUOS**

#### **2.1.1. Legislación Vigente En El Ámbito De La Generalitat Valenciana**

- LEY 2/2006, de 5 de mayo, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental. [2006/5493].
- LEY 10/2000, de 12 de diciembre, de Residuos de la Comunidad Valenciana (DOGV 15/12/2000).
- DECRETO 29/2007, de 9 de marzo, del Consell, por el que se modifica el Decreto 229/2004, de 15 de octubre, del Consell, por el que se establecen las funciones de las entidades colaboradoras en materia de calidad ambiental y se crea y regula su Registro. [2007/3352]
- DECRETO 127/2006, de 15 de septiembre, del Consell, por el que se desarrolla la Ley 2/2006, de 5 de mayo, de la Generalitat, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental. [2006/10761]
- DECRETO 229/2004, de 15 de octubre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen las funciones de las entidades colaboradoras en materia de calidad ambiental y se crea y regula su Registro. [2004/A10581]

- DECRETO 200/2004, de 1 de octubre, del Consell de la Generalitat, por el que se regula la utilización de residuos inertes adecuados en obras de restauración, acondicionamiento y relleno, o con fines de construcción.[2004/F10263]
  
- DECRETO 40/2004, de 5 de marzo del Consell de la Generalitat Valenciana, por el que se desarrolla el régimen de prevención y control integrados de la contaminación en la Comunidad Valenciana. [2004/M2492]
  
- DECRETO 2/2003, de 7 de enero, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el Reglamento de la Producción, Posesión y Gestión de los Neumáticos Fuera de Uso en la Comunidad Valenciana. [2003/160]
  
- DECRETO 135/2002, de 27 de agosto, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Plan de Descontaminación y Eliminación de PCB de la Comunidad Valenciana. [2002/A9399]
  
- DECRETO 32/1999, de 2 de marzo, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba la modificación del Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana. (DOGV nº 3449, de 08.03.99).
  
- DECRETO 132/1998, de 8 de septiembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Plan Especial de la Comunidad Valenciana ante el Riesgo de Accidentes en los Transportes de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril. [1998/Q8183].
  
- DECRETO 317/1997, de 24 de diciembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana (DOGV. 3160, de 13.01.98)
  
- DECRETO 202/1997, de 1 de julio, del Gobierno Valenciano, por el que se regula la tramitación y aprobación del Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana (DOGV 3031, de 9.07.97)
  
- DECRETO 218/1996, de 26 de noviembre, del Gobierno Valenciano, por el que se designa, en el ámbito de la Comunidad Valenciana, el organismo competente para efectuar las funciones a que se refiere el Reglamento (CEE) 259/93, de 1 de febrero, relativo a la vigilancia y al control de los traslados de residuos en el interior, a la entrada y a la salida de la Comunidad Europea. [96/X4528]

- DECRETO 134/1995, de 19 de junio, del Gobierno Valenciano, por el que se establece el programa de vigilancia de residuos de plaguicidas en productos vegetales.(DOGV núm. 2546, de 07.07.95) DECRETO 134/1995, de 19 de junio, del Gobierno Valenciano, por el que se establece el programa de vigilancia de residuos de plaguicidas en productos vegetales.(DOGV núm. 2546, de 07.07.95)
- DECRETO 254/1994, de 7 de diciembre, del Gobierno Valenciano, por el que se designa, en el ámbito de la Comunidad Valenciana, el organismo competente para otorgar la etiqueta ecológica y efectuar las demás funciones a que se refiere el Reglamento (CEE) nº 880/1992, de 23 de marzo.
- DECRETO 240/1994, de 22 de noviembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Reglamento Regulador de la Gestión de los Residuos Sanitarios. (DOGV núm. 2401, de 05.12.94)
- ORDEN de 26 de enero de 2007, de la Conselleria de Territorio y Vivienda, por la que se establecen los formularios normalizados para la tramitación de los procedimientos regulados en la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- ORDEN de 26 de enero de 2007, de la Conselleria de Territorio y Vivienda, por la que se establecen los formularios normalizados para la tramitación de los procedimientos regulados en la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- ORDEN de 15 de abril de 2005, del conseller de Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de la Zona XVII. [2005/X4323]
- ORDEN de 29 de diciembre de 2004, del conseller de Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el Plan Zonal de Residuos de la Zona XVIII. [2005/X543]
- ORDEN de 29 de diciembre de 2004, del conseller de Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de la Zona XVI. [2005/X366]
- ORDEN de 29 de diciembre de 2004, del conseller de Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de la Zona XIV. [2005/125]

- ORDEN de 2 de diciembre de 2004, del conseller de Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de la Zona XIII. [2004/12885]
- ORDEN de 2 de diciembre de 2004, del conseller de Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de las Zonas II, IV y V. [2004/12884]
- ORDEN de 29 de octubre de 2004, del conseller de Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de las Zonas X, XI, y XII. [2004/X11325]
- ORDEN de 29 de octubre de 2004, del conseller de Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de las Zonas VI, VII y IX. [2004/X11326]
- ORDEN de 18 de enero de 2002, del conseller de Medio Ambiente, por la que se aprueba el Plan Zonal de Residuos de las Zonas III y VIII. [2002/X1552]
- ORDEN de 12 de noviembre de 2001, del conseller de Medio Ambiente, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de la Zona XV. [2001/X11452]
- ORDEN de 4 de octubre de 2001, del conseller de Medio Ambiente, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de la Zona I. [2001/X9842]
- ORDEN de 12 de marzo de 1998, de la Conselleria de Medio Ambiente, por la que se crea y regula el Registro de establecimientos, centros y servicios sanitarios y veterinarios de la Comunidad Valenciana (DOGV 3224, de 17.04.98).
- ORDEN de 12 de marzo de 1998, de la Conselleria de Medio Ambiente, por la que se crea y regula el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos de la Comunidad Valenciana (DOGV. 3224, de 17.04.98).
- ORDEN de 14 de julio de 1997, de la Conselleria de Medio Ambiente de la Comunidad Valenciana, por la que se desarrolla el Decreto 240/1994, de 22 de noviembre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Reglamento Regulador de la Gestión de Residuos.
- ORDEN de 6 de julio de 1994, del conseller de Medio Ambiente, por la que se regulan los documentos de control y seguimiento de residuos tóxicos y peligrosos para emplear únicamente por pequeños productores de residuos (DOGV 2314, de 20.07.94).

- RESOLUCIÓN de 26 de julio de 2006, de la Dirección General de Calidad Ambiental, por la que se delega en la Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Valencia el ejercicio de determinadas funciones competencia de la citada dirección general. [2006/F9480]
- RESOLUCIÓN de 14 de julio de 1997, de la Conselleria de Medio Ambiente, por la que se aprueba inicialmente el proyecto de Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana.
- RESOLUCIÓN de 3 de junio de 1997, de la Subsecretaría del Secretariado del Gobierno y Relaciones con las Cortes de la Conselleria de Presidencia de la Generalitat Valenciana, por la que se dispone la publicación de la modificación del convenio suscrito.
- RESOLUCIÓN de 13 de mayo de 1994, de la Dirección General de Relaciones con las Cortes y del Secretariado del Gobierno, por la que se dispone la publicación del Convenio Marco de Colaboración entre la Generalitat Valenciana y Farmacéuticos Mundi, para la recogida selectiva y gestión de residuos medicamentosos. (DOGV nº 2273, de 24.05.94).
- RESOLUCIÓN de 28 de abril de 1993, de la Dirección General de Relaciones con las Cortes y del Secretariado del Gobierno, por la que dispone la publicación del convenio marco de cooperación entre la Generalitat Valenciana y la sociedad mercantil Valenciana de Aprovechamiento Energético de Residuos S.A. para el desarrollo y ejecución de actuaciones medioambientales, en la Comunidad Valenciana. (DOGV nº 2021, de 11.05.93).

### **2.1.2. Legislación vigente en el ámbito del estado español**

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo.
- Ley 27/2006, de 18 de julio por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente
- LEY 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero

- Ley 16/2002, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación
- LEY 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. (BOE núm 96, de 22.04.98).
- LEY 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases (BOE núm. 99, de 25.04.97)
- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- REAL DECRETO 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- REAL DECRETO 509/2007, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- REAL DECRETO 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados. (9832)
- REAL DECRETO 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.
- REAL DECRETO 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos. MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA (BOE de 26/02/2005 – Sección I).
- REAL DECRETO 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- REAL DRECRETO 653/2003, de 30 de Mayo, sobre incineración de residuos. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (BOE nº 142 de 14/06/2003).

- REAL DECRETO 1383/ 2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil (BOE Núm. 3-01-2003).
  
- REAL DECRETO 1481/2001, de 27 diciembre por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero (BOE núm. 25/2002 [pág. 3507], 29 enero 2002).
  
- REAL DECRETO 1416/2001, de 14 diciembre. ENVASES. Envases de productos fitosanitarios (BOE núm. 311/2001 [pág. 50002], 28 diciembre 2001).
  
- REAL DECRETO 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los policlorobifenilos, policloroterfenilos y aparatos que los contengan (PCBs/PCTs) (BOE núm. 206, de 28.8.99).
  
- REAL DECRETO 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (BOE núm. 172, de 20.7.99).
  
- REAL DECRETO 782/1998, de 30 de abril, Reglamento de la Ley 11/1997 (BOE núm. 104, de 01.05.98).
  
- REAL DECRETO 1217/1997, de 18 de julio, sobre incineración de residuos peligrosos y de modificación del Real Decreto 1088/92, de 11 de septiembre, relativo a las instalaciones de incineración de residuos municipales (BOE núm. 189, de 08.08.97).
  
- REAL DECRETO 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio. (BOE núm. 160, de 05.07.97).
  
- REAL DECRETO 45/1996, de 19 de enero, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con las pilas y los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas. (BOE núm. 48 de 24.02.96).
  
- REAL DECRETO 833/1988 de 20 de julio por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. (BOE núm. 182, de 30.07.88).



- Orden ARM/795/2011, de 31 de marzo, por la que se modifica el Anexo III del Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
  
- ORDEN MAM/3624/2006, de 17 de noviembre, por la que se modifican el Anejo 1 del Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril y la Orden de 12 junio de 2001, por la que se establecen las condiciones para la no aplicación a los envases de vidrio de los niveles de concentración de metales pesados establecidos en el artículo 13 de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases.
  
- ORDEN MAM/2192/2005, de 27 de junio, por la que se regulan las bases para la concesión de subvenciones para financiar el transporte a la península, o entre islas, de los residuos generados en las Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (BOE de 08/07/2005 – Sección III).
  
- ORDEN INT/249/2004, de 5 de febrero, por el que se regula la baja definitiva de los vehículos descontaminados al final de su vida útil (BOE Núm.37 12-02-2004).
  
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos (BOE núm. 43, de 19 de febrero de 2002).
  
- ORDEN de 27 de abril de 1998, por la que se establecen las cantidades individualizadas a cobrar en concepto de depósito y el símbolo identificativo de los envases que se pongan en el mercado a través del sistema de depósito, devolución y retorno.
  
- RESOLUCIÓN de 13 de enero de 2000, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 7 de enero de 2000, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos Urbanos.(BOE nº 28, de 2.02).

### **2.1.3. Legislación vigente en el ámbito de la unión europea**

- REGLAMENTO (UE) Nº 664/2011 DE LA COMISIÓN de 11 de julio de 2011 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los traslados de residuos, para incluir determinadas mezclas de residuos en su anexo IIIA.
-

- REGLAMENTO (UE) Nº 661/2011 DE LA COMISIÓN de 8 de julio de 2011 que modifica el Reglamento (CE) nº 1418/2007, relativo a la exportación, con fines de valorización, de determinados residuos a determinados países no miembros de la OCDE.
- REGLAMENTO (UE) Nº 333/2011 DEL CONSEJO de 31 de marzo de 2011 por el que se establecen criterios para determinar cuándo determinados tipos de chatarra dejan de ser residuos con arreglo a la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- REGLAMENTO (CE) Nº 1221/2009 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de noviembre de 2009.
- REGLAMENTO (CE) Nº 1418/2007 DE LA COMISIÓN de 29 de noviembre de 2007 relativo a la exportación, con fines de valorización, de determinados residuos
- REGLAMENTO (CE) 916/2007, de la Comisión de 31 de julio de 2007, por el que se modifica el Reglamento (CE) 2216/2004.
- REGLAMENTO (CE) nº 1445/2005 de la Comisión, de 5 de septiembre de 2005, por el que se definen criterios de evaluación de la calidad apropiados y el contenido de los informes de calidad de las estadísticas sobre residuos a efectos del reglamento (CE) nº 2150/2002 del parlamento Europeo y del Consejo.
- REGLAMENTO (CE) Nº 1013/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 14 de junio de 2006 relativo a los traslados de residuos.
- REGLAMENTO (CE) Nº 2150/2002 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de noviembre de 2002 relativo a las estadísticas sobre residuos (DOCE L 332, 9-12-02).
- REGLAMENTO (CEE) 93/259 del Consejo, de 1 de febrero de 1993 relativo a la vigilancia y al control de los traslados de residuos en el interior, a la entrada y la salida de la Comunidad Europea (DOCE L 30 6.2.93).
- DIRECTIVA 2011/70/EURATOM DEL CONSEJO de 19 de julio de 2011 por la que se establece un marco comunitario para la gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos.

- DIRECTIVA 2011/37/UE DE LA COMISIÓN de 30 de marzo de 2011 que modifica el anexo II de la Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a los vehículos al final de su vida útil.
- 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 (Texto pertinente a efectos del EEE).
- DIRECTIVA 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, relativa a los residuos.
- DIRECTIVA 2000/53/CE del parlamento europeo y del consejo de 18 de septiembre de 2000 relativa a los vehículos al final de su vida útil (doce núm. L 269, de 21 de octubre de 2000)
- DIRECTIVA 99/31/CEE del Consejo, de 26 de abril relativa al vertido de residuos (DOCE L 182 16.7.99).
- DIRECTIVA 96/61/CE DEL CONSEJO, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y control integrados de la contaminación.
- DIRECTIVA 96/59/CEE del Consejo, de 16 de Septiembre de 1996 relativa a la eliminación de los PCB/PCT (DOCE 243, de 24.9.96).
- DIRECTIVA 94/62/CE del Parlamento Europeo, de 20 de diciembre de 1994 relativa a los envases y residuos de envases (DOCE L 365, de 31.12.97).
- DIRECTIVA 91/689/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991 relativa a los residuos peligrosos. (DOCE L 377 DE 3.12.91).
- DIRECTIVA 91/156/CEE del Consejo, de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos. (DOCE L 78 de 26.3.91).
- DIRECTIVA 91/157/CEE del Consejo, de 18 de Marzo de 1991 relativa a las pilas y a los acumuladores que contengan determinadas sustancias peligrosas (DOCE L78 de 26.3.91).
- DIRECTIVA 75/439/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975 relativa a la gestión de aceites usados (DOCE 194 25.7.95).

- DECISIÓN de la Comisión, de 23 de febrero de 2010 , sobre la modificación del anexo II de la Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a los vehículos al final de su vida útil.
  
- DECISIÓN de la Comisión de 3 de mayo de 2005 por la que, a efectos de la Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, se definen las normas para controlar su cumplimiento por los Estados miembros y se establecen los formatos de los datos.
  
- DECISIÓN DEL CONSEJO de 19 de diciembre de 2002 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 ( 2003/ 33/ CE).
  
- DECISIÓN 2001/118/CE, de la Comisión, de 16 de enero de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE en lo que se refiere a la lista de residuos (DOCE núm. L 47, de 16 de febrero de 2001).
  
- DECISIÓN 96/350/CE, de la Comisión, de 24 de mayo de 1996, por la que se adaptan los anexos II A y II B de la Directiva 75/442/CEE, del Consejo, relativa a los residuos (DOCE, núm. L 135, de 6 de junio de 1996).
  
- DECISIÓN de la Comisión 94/3/CEE de 20 de diciembre de 1993, por la que se aprueba la lista europea de residuos (CER) (DOCE L 5/15 7.1.94).

## 2.2. LEY 10/1998, DE 21 DE ABRIL DE RESIDUOS.

Esta Ley es aplicable a todo tipo de residuos, con excepción de las emisiones a la atmósfera, los residuos radiactivos y los vertidos a las aguas. Respecto a los residuos mineros, la eliminación de animales muertos y otros desperdicios de origen animal, los residuos producidos en las explotaciones agrícolas y ganaderas que no sean peligrosos y se utilicen exclusivamente en el marco de dichas explotaciones y los explosivos desclasificados, la Ley sólo será de aplicación en los aspectos no regulados expresamente por su normativa específica.

Por otra parte, no se limita la Ley a regular los residuos una vez generados, sino que también los contempla en la fase previa a su generación, regulando las actividades de los productores, importadores y adquirentes intracomunitarios y, en general, las de cualquier persona que ponga en el mercado productos generadores de residuos. Con la finalidad de lograr una estricta aplicación del principio de «quien contamina paga», la Ley hace recaer sobre el bien mismo, en el momento de su puesta en el mercado, los costos de la gestión adecuada de los residuos que genera dicho bien y sus accesorios, tales como el envasado o embalaje.

La Ley regula también la forma en que habrá de hacerse la recogida de los residuos urbanos por las Entidades locales, el traslado interno y externo de los residuos dentro del margen de limitación de movimientos que a los Estados miembros de la Unión Europea permite el Reglamento 259/93, del Consejo, de 1 de febrero de 1993, relativo a la vigilancia y control de los traslados de residuos en el interior y a la entrada y salida de la Comunidad Europea, tomándose como básico el principio de proximidad, y regulándose también los supuestos en los que las Comunidades Autónomas pueden limitar su movimiento dentro del territorio nacional.

Así, se atribuye de forma genérica a las Entidades locales, como servicio obligatorio, la recogida, el transporte y la eliminación de los residuos urbanos, mientras que en la actualidad sólo existe esta obligación para municipios de más de 5.000 habitantes. Igualmente, se obliga a los municipios de más de 5.000 habitantes a implantar sistemas de recogida selectiva de residuos, a partir del año 2001, lo que tampoco está contemplado en el artículo 26.2.b) de la Ley 7/1985.

### 2.3. REAL DECRETO 105/2008.

REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Este Real Decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

## **CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS**

## **CAPÍTULO 3. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS**

### **3.1. CATÁLOGO EUROPEO DE RESIDUOS (CER)**

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

#### **01 RESIDUOS DE LA PROSPECCION, EXTRACCION DE MINAS Y CANTERAS Y TRATAMIENTOS**

##### **FISICOS Y QUIMICOS DE MINERALES**

##### **01 01 Residuos de la extracción de minerales.**

01 01 01 Residuos de la extracción de minerales metálicos.

01 01 02 Residuos de la extracción de minerales no metálicos.

##### **01 03 Residuos de la transformación física y química de minerales metálicos.**

01 03 04\* Estériles que generan ácido procedentes de la transformación de sulfuros.

01 03 05\* Otros estériles que contienen sustancias peligrosas.

01 03 06 Estériles distintos de los mencionados en los códigos 01 03 04 y 01 03 05.

01 03 07\* Otros residuos que contienen sustancias peligrosas procedentes de la transformación física y química de minerales metálicos.

01 03 08 Residuos de polvo y arenilla distintos de los mencionados en el código 01 03 07.



01 03 09 Lodos rojos de la producción de alúmina distintos de los mencionados en el código 01 03 07.

01 03 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **01 04 Residuos de la transformación física y química de minerales no metálicos.**

01 04 07\* Residuos que contienen sustancias peligrosas procedentes de la transformación física y química de minerales no metálicos.

01 04 08 Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07.

01 04 09 Residuos de arena y arcillas.

01 04 10 Residuos de polvo y arenilla distintos de los mencionados en el código 01 04 07.

01 04 11 Residuos de la transformación de potasa y sal gema distintos de los mencionados en el código 01 04 07.

01 04 12 Estériles y otros residuos del lavado y limpieza de minerales, distintos de los mencionados en los códigos 01 04 07 y 01 04 11.

01 04 13 Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.

01 04 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **01 05 Lodos y otros residuos de perforaciones.**

01 05 04 Lodos y residuos de perforaciones que contienen agua dulce.

01 05 05\* Lodos y residuos de perforaciones que contienen hidrocarburos.

01 05 06\* Lodos y otros residuos de perforaciones que contienen sustancias peligrosas.

01 05 07 Lodos y otros residuos de perforaciones que contienen sales de bario distintos de los mencionados en los códigos 01 05 05 y 01 05 06.

01 05 08 Lodos y otros residuos de perforaciones que contienen cloruros distintos de los mencionados en los códigos 01 05 05 y 01 05 06.

01 05 99 Residuos no especificados en otra categoría.

## **02 RESIDUOS DE LA AGRICULTURA, HORTICULTURA, ACUICULTURA, SILVICULTURA, CAZA Y**

### **PESCA; RESIDUOS DE LA PREPARACION Y ELABORACION DE ALIMENTOS**

#### **02 01 Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca.**

02 01 01 Lodos de lavado y limpieza.

02 01 02 Residuos de tejidos de animales.

02 01 03 Residuos de tejidos de vegetales.

02 01 04 Residuos de plásticos (excepto embalajes).

02 01 06 Heces de animales, orina y estiércol (incluida paja podrida) y efluentes recogidos selectivamente y tratados fuera del lugar donde se generan.

02 01 07 Residuos de la silvicultura.

02 01 08\* Residuos agroquímicos que contienen sustancias peligrosas.

02 01 09 Residuos agroquímicos distintos de los mencionados en el código 02 01 08.

02 01 10 Residuos metálicos.

02 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

#### **02 02 Residuos de la preparación y elaboración de carne, pescado y otros alimentos de origen animal.**

02 02 01 Lodos de lavado y limpieza.

- 02 02 02 Residuos de tejidos de animales.
- 02 02 03 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.
- 02 02 04 Lodos del tratamiento in situ de efluentes.
- 02 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**02 03 Residuos de la preparación y elaboración de frutas, hortalizas, cereales, aceites comestibles, cacao, café, té y tabaco; producción de conservas; producción de levadura y extracto de levadura, preparación y fermentación de melazas.**

- 02 03 01 Lodos de lavado, limpieza, pelado, centrifugado y separación.
- 02 03 02 Residuos de conservantes.
- 02 03 03 Residuos de la extracción con disolventes.
- 02 03 04 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.
- 02 03 05 Lodos del tratamiento in situ de efluentes.
- 02 03 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**02 04 Residuos de la elaboración de azúcar.**

- 02 04 01 Tierra procedente de la limpieza y lavado de la remolacha.
- 02 04 02 Carbonato cálcico fuera de especificación.
- 02 04 03 Lodos del tratamiento in situ de efluentes.
- 02 04 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**02 05 Residuos de la industria de productos lácteos.**

- 02 05 01 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.
  - 02 05 02 Lodos del tratamiento in situ de efluentes.
-

02 05 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**02 06 Residuos de la industria de panadería y pastelería.**

02 06 01 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.

02 06 02 Residuos de conservantes..

02 06 03 Lodos del tratamiento in situ de efluentes.

02 06 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**02 07 Residuos de la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas (excepto café, té y**

**cacao).**

02 07 01 Residuos de lavado, limpieza y reducción mecánica de materias primas.

02 07 02 Residuos de la destilación de alcoholes.

02 07 03 Residuos del tratamiento químico.

02 07 04 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración.

02 07 05 Lodos del tratamiento in situ de efluentes.

02 07 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**03 RESIDUOS DE LA TRANSFORMACION DE LA MADERA Y DE LA PRODUCCION DE TABLEROS Y MUEBLES, PASTA DE PAPEL, PAPEL Y CARTÓN**

**03 01 Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles.**

03 01 01 Residuos de corteza y corcho.

- 03 01 04\* Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas que contienen sustancias peligrosas.
- 03 01 05 Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas distintos de los mencionados en el código 03 01 04.
- 03 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **03 02 Residuos de los tratamientos de conservación de la madera.**

- 03 02 01\* Conservantes de la madera orgánicos no halogenados.
- 03 02 02\* Conservantes de la madera organoclorados.
- 03 02 03\* Conservantes de la madera organometálicos.
- 03 02 04\* Conservantes de la madera inorgánicos.
- 03 02 05\* Otros conservantes de la madera que contienen sustancias peligrosas.
- 03 02 99 Conservantes de la madera no especificados en otra categoría.

### **03 03 Residuos de la producción y transformación de pasta de papel, papel y cartón.**

- 03 03 01 Residuos de corteza y madera.
  - 03 03 02 Lodos de lejías verdes (procedentes de la recuperación de lejías de cocción).
  - 03 03 05 Lodos de destintado procedentes del reciclado de papel.
  - 03 03 07 Desechos, separados mecánicamente, de pasta elaborada a partir de residuos de papel y cartón.
  - 03 03 08 Residuos procedentes de la clasificación de papel y cartón destinados al reciclado.
  - 03 03 09 Residuos de lodos calizos.
  - 03 03 10 Desechos de fibras y lodos de fibras, de materiales de carga y de estucado, obtenidos por separación mecánica.
-

- 03 03 11 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 03 03 10.
- 03 03 99 Residuos no especificados en otra categoría.

#### **04 RESIDUOS DE LAS INDUSTRIAS DEL CUERO, DE LA PIEL Y TEXTIL**

##### **04 01 Residuos de las industrias del cuero y de la piel.**

- 04 01 01 Carnazas y serrajes de encalado.
- 04 01 02 Residuos de encalado.
- 04 01 03\* Residuos de desengrasado que contienen disolventes sin fase líquida.
- 04 01 04 Residuos líquidos de curtición que contienen cromo.
- 04 01 05 Residuos líquidos de curtición que no contienen cromo.
- 04 01 06 Lodos, en particular los procedentes del tratamiento in situ de efluentes, que contienen cromo.
- 04 01 07 Lodos, en particular los procedentes del tratamiento in situ de efluentes, que no contienen cromo.
- 04 01 08 Residuos de piel curtida (serrajes, rebajaduras, recortes y polvo de esmerilado) que contienen cromo.
- 04 01 09 Residuos de confección y acabado.
- 04 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

##### **04 02 Residuos de la industria textil.**

- 04 02 09 Residuos de materiales compuestos (textiles impregnados, elastómeros, plastómeros).
  - 04 02 10 Materia orgánica de productos naturales (por ejemplo grasa, cera).
-

- 04 02 14\* Residuos del acabado que contienen disolventes orgánicos.
- 04 02 15 Residuos del acabado distintos de los especificados en el código 04 02 14.
- 04 02 16\* Colorantes y pigmentos que contienen sustancias peligrosas.
- 04 02 17 Colorantes y pigmentos distintos de los mencionados en el código 04 02 16.
- 04 02 19\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 04 02 20 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los mencionados en el código 04 02 19.
- 04 02 21 Residuos de fibras textiles no procesadas.
- 04 02 22 Residuos de fibras textiles procesadas.
- 04 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **05 RESIDUOS DEL REFINO DE PETROLEO, PURIFICACION DEL GAS NATURAL Y TRATAMIENTO**

#### **PIROLITICO DEL CARBON**

##### **05 01 Residuos del refino de petróleo.**

- 05 01 02\* Lodos de desalación.
- 05 01 03\* Lodos de fondos de tanques.
- 05 01 04\* Lodos de alquil ácido.
- 05 01 05\* Derrames de hidrocarburos.
- 05 01 06\* Lodos oleosos procedentes de operaciones de mantenimiento de plantas o equipos.
- 05 01 07\* Alquitranses ácidos.
- 05 01 08\* Otros alquitranses.

- 05 01 09\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 05 01 10 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los mencionados en el código 05 01 09.
- 05 01 11\* Residuos procedentes de la limpieza de combustibles con bases.
- 05 01 12\* Hidrocarburos que contienen ácidos.
- 05 01 13 Lodos procedentes del agua de alimentación de calderas.
- 05 01 14 Residuos de columnas de refrigeración.
- 05 01 15\* Arcillas de filtración usadas.
- 05 01 16 Residuos que contienen azufre procedentes de la desulfuración del petróleo.
- 05 01 17 Betunes.
- 05 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **05 06 Residuos del tratamiento pirolítico del carbón.**

- 05 06 01\* Alquitranes ácidos.
- 05 06 03\* Otros alquitranes.
- 05 06 04 Residuos de columnas de refrigeración.
- 05 06 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **05 07 Residuos de la purificación y transporte de gas natural.**

- 05 07 01\* Residuos que contienen mercurio.
- 05 07 02 Residuos que contienen azufre.
- 05 07 99 Residuos no especificados en otra categoría.



## **06 RESIDUOS DE PROCESOS QUIMICOS INORGÁNICOS**

### **06 01 Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de ácidos.**

- 06 01 01\* Ácido sulfúrico y ácido sulfuroso.
- 06 01 02\* Ácido clorhídrico.
- 06 01 03\* Ácido fluorhídrico.
- 06 01 04\* Ácido fosfórico y ácido fosforoso.
- 06 01 05\* Ácido nítrico y ácido nitroso.
- 06 01 06\* Otros ácidos.
- 06 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **06 02 Residuos de la FFDU de bases.**

- 06 02 01\* Hidróxido cálcico.
- 06 02 03\* Hidróxido amónico
- 06 02 04\* Hidróxido potásico e hidróxido sódico.
- 06 02 05\* Otras bases.
- 06 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **06 03 Residuos de la FFDU de sales y sus soluciones y de óxidos metálicos.**

- 06 03 11\* Sales sólidas y soluciones que contienen cianuros
- 06 03 13\* Sales sólidas y soluciones que contienen metales pesados.
- 06 03 14 Sales sólidas y soluciones distintas de las mencionadas en los códigos 06 03 11 y 06 03 13.

06 03 15\* Óxidos metálicos que contienen metales pesados.

06 03 16 Óxidos metálicos distintos de los mencionados en el código 06 03 15.

06 03 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**06 04 Residuos que contienen metales distintos de los mencionados en el código 06 03.**

06 04 03\* Residuos que contienen arsénico.

06 04 04\* Residuos que contienen mercurio.

06 04 05\* Residuos que contienen otros metales pesados.

06 04 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**06 05 Lodos del tratamiento in situ de efluentes.**

06 05 02\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.

06 05 03 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los mencionados en el código 06 05 02.

**06 06 Residuos de la FFDU de productos químicos que contienen azufre, de procesos**

**químicos del azufre y de procesos de desulfuración.**

06 06 02\* Residuos que contienen sulfuros peligrosos.

06 06 03 Residuos que contienen sulfuros distintos de los mencionados en el código 06 06 02.

06 06 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**06 07 Residuos de la FFDU de halógenos y de procesos químicos de los halógenos.**

- 06 07 01\* Residuos de electrólisis que contienen amianto.
- 06 07 02\* Carbón activo procedente de la producción de cloro.
- 06 07 03\* Lodos de sulfato bórico que contienen mercurio.
- 06 07 04\* Soluciones y ácidos, por ejemplo, ácido de contacto.
- 06 07 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**06 08 Residuos de la FFDU del silicio y sus derivados.**

- 06 08 02\* Residuos que contienen clorosilanos peligrosos.
- 06 08 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**06 09 Residuos de la FFDU de productos químicos que contienen fósforo y procesos químicos del fósforo.**

- 06 09 02 Escorias de fósforo.
- 06 09 03\* Residuos cálcicos de reacción que contienen o están contaminados con sustancias peligrosas.
- 06 09 04 Residuos cálcicos de reacción distintos de los mencionados en el código 06 09 03.
- 06 09 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**06 10 Residuos de la FFDU de productos químicos que contienen nitrógeno y procesos químicos del nitrógeno y de la fabricación de fertilizantes.**

- 06 10 02\* Residuos que contienen sustancias peligrosas
- 06 10 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**06 11 Residuos de la fabricación de pigmentos inorgánicos y opacificantes.**

- 06 11 01 Residuos cálcicos de reacción procedentes de la producción de dióxido de titanio.
- 06 11 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**06 13 Residuos de procesos químicos inorgánicos no especificados en otra categoría.**

- 06 13 01\* Productos fitosanitarios inorgánicos, conservantes de la madera y otros biocidas .
- 06 13 02\* Carbón activo usado (excepto la categoría 06 07 02).
- 06 13 03 Negro de carbón.
- 06 13 04\* Residuos procedentes de la transformación del amianto.
- 06 13 05\* Hollín.
- 06 13 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**07 RESIDUOS DE PROCESOS QUIMICOS ORGANICOS**

**07 01 Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de productos químicos orgánicos de base.**

- 07 01 01\* Líquidos de limpieza y licores madre acuosos.
- 07 01 03\* Disolventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados.
- 07 01 04\* Otros disolventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos.
- 07 01 07\* Residuos de reacción y de destilación halogenados.
- 07 01 08\* Otros residuos de reacción y de destilación.
- 07 01 09\* Tortas de filtración y absorbentes usados halogenados.

- 07 01 10\* Otras tortas de filtración y absorbentes usados.
- 07 01 11\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 07 01 12 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 07 01 11.
- 07 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**07 02 Residuos de la FFDU de plásticos, caucho sintético y fibras artificiales.**

- 07 02 01\* Líquidos de limpieza y licores madre acuosos.
- 07 02 03\* Disolventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados.
- 07 02 04\* Otros disolventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos.
- 07 02 07\* Residuos de reacción y de destilación halogenados.
- 07 02 08\* Otros residuos de reacción y de destilación.
- 07 02 09\* Tortas de filtración y absorbentes usados halogenados.
- 07 02 10\* Otras tortas de filtración y absorbentes usados.
- 07 02 11\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 07 02 12 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 07 02 11.
- 07 02 13 Residuos de plástico.
- 07 02 14\* Residuos procedentes de aditivos que contienen sustancias peligrosas.
- 07 02 15 Residuos procedentes de aditivos distintos de los especificados en el código 07 02 14.
- 07 02 16\* Residuos que contienen siliconas peligrosas.
- 07 02 17 Residuos que contengan siliconas distintas de las especificadas en el código 07 02 16.

07 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**07 03 Residuos de la FFDU de tintes y pigmentos orgánicos (excepto los del subcapítulo 06 11).**

07 03 01\* Líquidos de limpieza y licores madre acuosos.

07 03 03\* Disolventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados.

07 03 04\* Otros disolventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos.

07 03 07\* Residuos de reacción y de destilación halogenados.

07 03 08\* Otros residuos de reacción y de destilación.

07 03 09\* Tortas de filtración y absorbentes usados halogenados.

07 03 10\* Otras tortas de filtración y absorbentes usados.

07 03 11\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.

07 03 12 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 07 03 11.

07 03 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**07 04 Residuos de la FFDU de productos fitosanitarios orgánicos (excepto los de los códigos 02 01 08 y 02 01 09), de conservantes de la madera (excepto los del subcapítulo 03 02) y de otros biocidas.**

07 04 01\* Líquidos de limpieza y licores madre acuosos.

07 04 03\* Disolventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados.

07 04 04\* Otros disolventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos.

07 04 07\* Residuos de reacción y de destilación halogenados.

07 04 08\* Otros residuos de reacción y de destilación.

- 07 04 09\* Tortas de filtración y absorbentes usados halogenados.
- 07 04 10\* Otras tortas de filtración y absorbentes usados.
- 07 04 11\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 07 04 12 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 07 04 11.
- 07 04 13\* Residuos sólidos que contienen sustancias peligrosas.
- 07 04 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **07 05 Residuos de la FFDU de productos farmacéuticos.**

- 07 05 01\* Líquidos de limpieza y licores madre acuosos.
- 07 05 03\* Disolventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados.
- 07 05 04\* Otros disolventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos.
- 07 05 07\* Residuos de reacción y de destilación halogenados.
- 07 05 08\* Otros residuos de reacción y de destilación.
- 07 05 09\* Tortas de filtración y absorbentes usados halogenados.
- 07 05 10\* Otras tortas de filtración y absorbentes usados.
- 07 05 11\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 07 05 12 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 07 05 11.
- 07 05 13\* Residuos sólidos que contienen sustancias peligrosas.
- 07 05 14 Residuos sólidos distintos de los especificados en el código 07 05 13
- 07 05 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**07 06 Residuos de la FFDU de grasas, jabones, detergentes, desinfectantes y cosméticos.**

- 07 06 01\* Líquidos de limpieza y licores madre acuosos.
- 07 06 03\* Disolventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados.
- 07 06 04\* Otros disolventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos.
- 07 06 07\* Residuos de reacción y de destilación halogenados.
- 07 06 08\* Otros residuos de reacción y de destilación.
- 07 06 09\* Tortas de filtración y absorbentes usados halogenados.
- 07 06 10\* Otras tortas de filtración y absorbentes usados.
- 07 06 11\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 07 06 12 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 07 06 11.
- 07 06 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**07 07 Residuos de la FFDU de productos químicos resultantes de la química fina y productos químicos no especificados en otra categoría.**

- 07 07 01\* Líquidos de limpieza y licores madre acuosos.
  - 07 07 03\* Disolventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados.
  - 07 07 04\* Otros disolventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos.
  - 07 07 07\* Residuos de reacción y de destilación halogenados.
  - 07 07 08\* Otros residuos de reacción y de destilación.
  - 07 07 09\* Tortas de filtración y absorbentes usados halogenados.
  - 07 07 10\* Otras tortas de filtración y absorbentes usados.
  - 07 07 11\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
-



- 07 07 12 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 07 07 11.
- 07 07 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**08 RESIDUOS DE LA FABRICACION, FORMULACION, DISTRIBUCION Y UTILIZACION (FFDU) DE REVESTIMIENTOS (PINTURAS, BARNICES Y ESMALTES VITREOS), ADHESIVOS, SELLANTES Y TINTAS DE IMPRESIÓN**

**08 01 Residuos de la FFDU y del decapado o eliminación de pintura y barniz.**

- 08 01 11\* Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 01 12 Residuos de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 11.
- 08 01 13\* Lodos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 01 14 Lodos de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 13.
- 08 01 15\* Lodos acuosos que contienen pintura o barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 01 16 Lodos acuosos que contienen pintura o barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 15.
- 08 01 17\* Residuos del decapado o eliminación de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 01 18 Residuos del decapado o eliminación de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 17.
- 08 01 19\* Suspensiones acuosas que contienen pintura o barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 01 20 Suspensiones acuosas que contienen pintura o barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 19.

08 01 21\* Residuos de decapantes o desbarnizadores.

08 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**08 02 Residuos de la FFDU de otros revestimientos (incluidos materiales cerámicos).**

08 02 01 Residuos de arenillas de revestimiento.

08 02 02 Lodos acuosos que contienen materiales cerámicos.

08 02 03 Suspensiones acuosas que contienen materiales cerámicos.

08 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**08 03 Residuos de la FFDU de tintas de impresión.**

08 03 07 Lodos acuosos que contienen tinta.

08 03 08 Residuos líquidos acuosos que contienen tinta.

08 03 12\* Residuos de tintas que contienen sustancias peligrosas.

08 03 13 Residuos de tintas distintos de los especificados en el código 08 03 12.

08 03 14\* Lodos de tinta que contienen sustancias peligrosas.

08 03 15 Lodos de tinta distintos de los especificados en el código 08 03 14.

08 03 16\* Residuos de soluciones corrosivas.

08 03 17\* Residuos de tóner de impresión que contienen sustancias peligrosas.

08 03 18 Residuos de tóner de impresión, distintos de los especificados en el código 08 03 17.

08 03 19\* Aceites de dispersión.

08 03 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**08 04 Residuos de la FFDU de adhesivos y sellantes (incluyendo productos de impermeabilización).**

- 08 04 09\* Residuos de adhesivos y sellantes que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 04 10 Residuos de adhesivos y sellantes, distintos de los especificados en el código 08 04 09.
- 08 04 11\* Lodos de adhesivos y sellantes que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 04 12 Lodos de adhesivos y sellantes, distintos de los especificados en el código 08 04 11.
- 08 04 13\* Lodos acuosos que contienen adhesivos o sellantes con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 04 14 Lodos acuosos que contienen adhesivos o sellantes, distintos de los especificados en el código 08 04 13.
- 08 04 15\* Residuos líquidos acuosos que contienen adhesivos o sellantes con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- 08 04 16 Residuos líquidos acuosos que contienen adhesivos o sellantes, distintos de los especificados en el código 08 04 15.
- 08 04 17\* Aceite de resina.
- 08 04 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**08 05 Residuos no especificados de otra forma en el capítulo 08.**

- 08 05 01\* Isocianatos residuales.

**09 RESIDUOS DE LA INDUSTRIA FOTOGRAFICA**

**09 01 Residuos de la industria fotográfica.**

---

- 09 01 01\* Soluciones de revelado y soluciones activadoras al agua.
- 09 01 02\* Soluciones de revelado de placas de impresión al agua.
- 09 01 03\* Soluciones de revelado con disolventes.
- 09 01 04\* Soluciones de fijado.
- 09 01 05\* Soluciones de blanqueo y soluciones de blanqueo-fijado.
- 09 01 06\* Residuos que contienen plata procedente del tratamiento in situ de residuos fotográficos.
- 09 01 07 Películas y papel fotográfico que contienen plata o compuestos de plata.
- 09 01 08 Películas y papel fotográfico que no contienen plata ni compuestos de plata.
- 09 01 10 Cámaras de un solo uso sin pilas ni acumuladores.
- 09 01 11\* Cámaras de un solo uso con pilas o acumuladores incluidos en los códigos 16 06 01, 16 06 02 o 16 06 03.
- 09 01 12 Cámaras de un solo uso con pilas o acumuladores distintas de las especificadas en el código 09 01 11.
- 09 01 13\* Residuos líquidos acuosos procedentes de la recuperación in situ de plata distintos de los especificados en el código 09 01 06.
- 09 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 RESIDUOS DE PROCESOS TERMICOS**

#### **10 01 Residuos de centrales eléctricas y otras plantas de combustión (excepto el capítulo 19).**

- 10 01 01 Cenizas del hogar, escorias y polvo de caldera (excepto el polvo de caldera especificado en el código 10 01 04).
  - 10 01 02 Cenizas volantes de carbón.
-

- 10 01 03 Cenizas volantes de turba y de madera (no tratada).
- 10 01 04\* Cenizas volantes y polvo de caldera de hidrocarburos.
- 10 01 05 Residuos cálcicos de reacción, en forma sólida, procedentes de la desulfuración de gases de combustión.
- 10 01 07 Residuos cálcicos de reacción, en forma de lodos, procedentes de la desulfuración de gases de combustión.
- 10 01 09\* Ácido sulfúrico.
- 10 01 13\* Cenizas volantes de hidrocarburos emulsionados usados como combustibles.
- 10 01 14\* Cenizas del hogar, escorias y polvo de caldera procedentes de la coincineración que contienen sustancias peligrosas.
- 10 01 15 Cenizas del hogar, escorias y polvo de caldera procedentes de la coincineración, distintos de los especificados en el código 10 01 14.
- 10 01 16\* Cenizas volantes procedentes de la coincineración que contienen sustancias peligrosas.
- 10 01 17 Cenizas volantes procedentes de la coincineración distintas de las especificadas en el código 10 01 16.
- 10 01 18\* Residuos procedentes de la depuración de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 01 19 Residuos procedentes de la depuración de gases distintos de los especificados en los códigos 10 01 05, 10 01 07 y 10 01 18.
- 10 01 20\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 10 01 21 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 10 01 20.
- 10 01 22\* Lodos acuosos que contienen sustancias peligrosas procedentes de la limpieza de calderas.
- 10 01 23 Lodos acuosos procedentes de la limpieza de calderas, distintos de los especificados en el código 10 01 22.

- 10 01 24 Arenas de lechos fluidizados.
- 10 01 25 Residuos procedentes del almacenamiento y preparación de combustible de centrales termoeléctricas de carbón.
- 10 01 26 Residuos del tratamiento del agua de refrigeración.
- 10 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 02 Residuos de la industria del hierro y del acero.**

- 10 02 01 Residuos del tratamiento de escorias.
- 10 02 02 Escorias no tratadas.
- 10 02 07\* Residuos sólidos del tratamiento de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 02 08 Residuos sólidos del tratamiento de gases, distintos de los especificados en el código 10 02 07.
- 10 02 10 Cascarilla de laminación.
- 10 02 11\* Residuos del tratamiento del agua de refrigeración que contienen aceites.
- 10 02 12 Residuos del tratamiento del agua de refrigeración, distintos de los especificados en el código 10 02 11.
- 10 02 13\* Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 02 14 Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases, distintos de los especificados en el código 10 02 13.
- 10 02 15 Otros lodos y tortas de filtración.
- 10 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 03 Residuos de la termometalurgia del aluminio.**

---

- 10 03 02 Fragmentos de ánodos.
- 10 03 04\* Escorias de la producción primaria.
- 10 03 05 Residuos de alúmina.
- 10 03 08\* Escorias salinas de la producción secundaria.
- 10 03 09\* Granzas negras de la producción secundaria.
- 10 03 15\* Espumas inflamables o que emiten, en contacto con el agua, gases inflamables en cantidades peligrosas.
- 10 03 16 Espumas distintas de las especificadas en el código 10 03 15.
- 10 03 17\* Residuos que contienen alquitrán procedentes de la fabricación de ánodos.
- 10 03 18 Residuos que contienen carbono procedentes de la fabricación de ánodos, distintos de los especificados en el código 10 03 17.
- 10 03 19\* Partículas, procedentes de los efluentes gaseosos, que contienen sustancias peligrosas.
- 10 03 20 Partículas, procedentes de los efluentes gaseosos, distintas de las especificadas en el código 10 03 19.
- 10 03 21\* Otras partículas y polvo (incluido el polvo de molienda) que contienen sustancias peligrosas.
- 10 03 22 Otras partículas y polvo (incluido el polvo de molienda) distintos de los especificados en el código 10 03 21.
- 10 03 23\* Residuos sólidos del tratamiento de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 03 24 Residuos sólidos del tratamiento de gases, distintos de los especificados en el código 10 03 23.
- 10 03 25\* Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 03 26 Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases, distintos de los especificados en el código 10 03 25.

- 10 03 27\* Residuos del tratamiento del agua de refrigeración que contienen aceites.
- 10 03 28 Residuos del tratamiento del agua de refrigeración, distintos de los especificados en el código 10 03 27.
- 10 03 29\* Residuos del tratamiento de escorias salinas y granzas negras, que contienen sustancias peligrosas.
- 10 03 30 Residuos del tratamiento de escorias salinas y granzas negras distintos de los especificados en el código 10 03 29.
- 10 03 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 04 Residuos de la termometalurgia del plomo.**

- 10 04 01\* Escorias de la producción primaria y secundaria.
- 10 04 02\* Granzas y espumas de la producción primaria y secundaria.
- 10 04 03\* Arseniato de calcio.
- 10 04 04\* Partículas procedentes de los efluentes gaseosos.
- 10 04 05\* Otras partículas y polvos.
- 10 04 06\* Residuos sólidos del tratamiento de gases.
- 10 04 07\* Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases.
- 10 04 09\* Residuos del tratamiento del agua de refrigeración que contienen aceites.
- 10 04 10 Residuos del tratamiento del agua de refrigeración distintos de los especificados en el código 10 04 09.
- 10 04 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 05 Residuos de la termometalurgia del zinc**

- 10 05 01 Escorias de la producción primaria y secundaria.



- 10 05 03\* Partículas procedentes de los efluentes gaseosos.
- 10 05 04 Otras partículas y polvos.
- 10 05 05\* Residuos sólidos del tratamiento de gases.
- 10 05 06\* Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases.
- 10 05 08\* Residuos del tratamiento del agua de refrigeración que contienen aceites.
- 10 05 09 Residuos del tratamiento del agua de refrigeración distintos de los especificados en el código 10 05 08.
- 10 05 10\* Granzas y espumas inflamables o que emiten, en contacto con el agua, gases inflamables en cantidades peligrosas.
- 10 05 11 Granzas y espumas distintas de las especificadas en el código 10 05 10.
- 10 05 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 06 Residuos de la termometalurgia del cobre.**

- 10 06 01 Escorias de la producción primaria y secundaria.
- 10 06 02 Granzas y espumas de la producción primaria y secundaria.
- 10 06 03\* Partículas procedentes de los efluentes gaseosos.
- 10 06 04 Otras partículas y polvos.
- 10 06 06\* Residuos sólidos del tratamiento de gases.
- 10 06 07\* Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases.
- 10 06 09\* Residuos del tratamiento del agua de refrigeración que contienen aceites.
- 10 06 10 Residuos del tratamiento del agua de refrigeración, distintos de los especificados en el código 10 06 09.
- 10 06 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**10 07 Residuos de la termometalurgia de la plata, oro y platino.**

- 10 07 01 Escorias de la producción primaria y secundaria.
- 10 07 02 Granzas y espumas de la producción primaria y secundaria.
- 10 07 03 Residuos sólidos del tratamiento de gases.
- 10 07 04 Otras partículas y polvos.
- 10 07 05 Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases.
- 10 07 07\* Residuos del tratamiento del agua de refrigeración que contienen aceites.
- 10 07 08 Residuos del tratamiento del agua de refrigeración distintos de los especificados en el código 10 07 07.
- 10 07 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**10 08 Residuos de la termometalurgia de otros metales no féreos.**

- 10 08 04 Partículas y polvo.
- 10 08 08\* Escorias salinas de la producción primaria y secundaria.
- 10 08 09 Otras escorias.
- 10 08 10\* Granzas y espumas inflamables o que emiten, en contacto con el agua, gases inflamables en cantidades peligrosas.
- 10 08 11 Granzas y espumas distintas de las especificadas en el código 10 08 10.
- 10 08 12\* Residuos que contienen alquitrán procedentes de la fabricación de ánodos.
- 10 08 13 Residuos que contienen carbono procedentes de la fabricación de ánodos distintos de los especificados en el código 10 08 12.
- 10 08 14 Fragmentos de ánodos.
- 10 08 15\* Partículas, procedentes de los efluentes gaseosos, que contienen sustancias peligrosas.

- 10 08 16 Partículas procedentes de los efluentes gaseosos distintas de las especificadas en el código 10 08 15.
- 10 08 17\* Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 08 18 Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases, distintos de los especificados en el código 10 08 17.
- 10 08 19\* Residuos del tratamiento del agua de refrigeración que contienen aceites.
- 10 08 20 Residuos del tratamiento del agua de refrigeración distintos de los especificados en el código 10 08 19.
- 10 08 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 09 Residuos de la fundición de piezas férreas.**

- 10 09 03 Escorias de horno.
- 10 09 05\* Machos y moldes de fundición sin colada que contienen sustancias peligrosas.
- 10 09 06 Machos y moldes de fundición sin colada distintos de los especificados en el código 10 09 05.
- 10 09 07\* Machos y moldes de fundición con colada que contienen sustancias peligrosas.
- 10 09 08 Machos y moldes de fundición con colada distintos de los especificados en el código 10 09 07.
- 10 09 09\* Partículas, procedentes de los efluentes gaseosos, que contienen sustancias peligrosas.
- 10 09 10 Partículas procedentes de los efluentes gaseosos distintas de las especificadas en el código 10 09 09.
- 10 09 11\* Otras partículas que contienen sustancias peligrosas.
- 10 09 12 Otras partículas distintas de las especificadas en el código 10 09 11.
- 10 09 13\* Ligantes residuales que contienen sustancias peligrosas.

- 10 09 14 Ligantes residuales distintos de los especificados en el código 10 09 13.
- 10 09 15\* Residuos de agentes indicadores de fisuración que contienen sustancias peligrosas.
- 10 09 16 Residuos de agentes indicadores de fisuración distintos de los especificados en el código 10 09 15.
- 10 09 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 10 Residuos de la fundición de piezas no férreas.**

- 10 10 03 Escorias de horno.
- 10 10 05\* Machos y moldes de fundición sin colada que contienen sustancias peligrosas.
- 10 10 06 Machos y moldes de fundición sin colada distintos de los especificados en el código 10 10 05.
- 10 10 07\* Machos y moldes de fundición con colada que contienen sustancias peligrosas.
- 10 10 08 Machos y moldes de fundición con colada distintos de los especificados en el código 10 10 07.
- 10 10 09\* Partículas, procedentes de los efluentes gaseosos, que contienen sustancias peligrosas.
- 10 10 10 Partículas procedentes de los efluentes gaseosos, distintas de las especificadas en el código 10 10 09.
- 10 10 11\* Otras partículas que contienen sustancias peligrosas.
- 10 10 12 Otras partículas distintas de las especificadas en el código 10 10 11.
- 10 10 13\* Ligantes residuales que contienen sustancias peligrosas.
- 10 10 14 Ligantes residuales distintos de los especificados en el código 10 10 13.
- 10 10 15\* Residuos de agentes indicadores de fisuración que contienen sustancias peligrosas.

- 10 10 16 Residuos de agentes indicadores de fisuración distintos de los especificados en el código 10 10 15.
- 10 10 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **10 11 Residuos de la fabricación del vidrio y sus derivados.**

- 10 11 03 Residuos de materiales de fibra de vidrio.
- 10 11 05 Partículas y polvo.
- 10 11 09\* Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción que contienen sustancias peligrosas.
- 10 11 10 Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción distintos de los especificados en el código 10 11 09.
- 10 11 11\* Residuos de pequeñas partículas de vidrio y de polvo de vidrio que contienen metales pesados (por ejemplo, de tubos catódicos).
- 10 11 12 Residuos de vidrio distintos de los especificados en el código 10 11 11.
- 10 11 13\* Lodos procedentes del pulido y esmerilado del vidrio que contienen sustancias peligrosas.
- 10 11 14 Lodos procedentes del pulido y esmerilado del vidrio, distintos de los especificados en el código 10 11 13.
- 10 11 15\* Residuos sólidos del tratamiento de gases de combustión que contienen sustancias peligrosas.
- 10 11 16 Residuos sólidos del tratamiento de gases de combustión, distintos de los especificados en el código 10 11 15.
- 10 11 17\* Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 11 18 Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases, distintos de los especificados en el código 10 11 17.

- 10 11 19\* Residuos sólidos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 10 11 20 Residuos sólidos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 10 11 19.
- 10 11 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**10 12 Residuos de la fabricación de productos cerámicos, ladrillos, tejas y materiales de construcción.**

- 10 12 01 Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción.
- 10 12 03 Partículas y polvo.
- 10 12 05 Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases.
- 10 12 06 Moldes desechados10 12 08 Residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales de construcción (después del proceso de cocción).
- 10 12 09\* Residuos sólidos del tratamiento de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 12 10 Residuos sólidos del tratamiento de gases, distintos de los especificados en el código 10 12 09.
- 10 12 11\* Residuos de vidrio que contienen metales pesados.
- 10 12 12 Residuos de vidrio distintos de los especificados en el código 10 12 11.
- 10 12 13 Lodos del tratamiento in situ de efluentes.
- 10 12 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**10 13 Residuos de la fabricación de cemento, cal y yeso y de productos derivados.**

- 10 13 01 Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción.
- 10 13 04 Residuos de calcinación e hidratación de la cal.

- 10 13 06 Partículas y polvo (excepto los códigos 10 13 12 y 10 13 13).
- 10 13 07 Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases.
- 10 13 09\* Residuos de la fabricación de fibrocemento que contienen amianto.
- 10 13 10 Residuos de la fabricación de fibrocemento distintos de los especificados en el código 10 13 09.
- 10 13 11 Residuos de materiales compuestos a base de cemento distintos de los especificados en los códigos 10 13 09 y 10 13 10.
- 10 13 12\* Residuos sólidos del tratamiento de gases que contienen sustancias peligrosas.
- 10 13 13 Residuos sólidos del tratamiento de gases, distintos de los especificados en el código 10 13 12.
- 10 13 14 Residuos de hormigón y lodos de hormigón.
- 10 13 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**10 14 Residuos de crematorios.**

- 10 14 01\* Residuos de la depuración de gases que contienen mercurio.

**11 RESIDUOS DEL TRATAMIENTO QUIMICO DE SUPERFICIE Y DEL RECUBRIMIENTO DE METALES Y OTROS MATERIALES; RESIDUOS DE LA HIDROMETALURGIA NO FERREA**

**11 01 Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales (por ejemplo, procesos de galvanización, procesos de recubrimiento con zinc, procesos de decapado, grabado, fosfatación, desengrasado alcalino y anodización).**

- 11 01 05\* Ácidos de decapado.
  - 11 01 06\* Ácidos no especificados en otra categoría.
-

- 11 01 07\* Bases de decapado.
- 11 01 08\* Lodos de fosfatación.
- 11 01 09\* Lodos y tortas de filtración que contienen sustancias peligrosas.
- 11 01 10 Lodos y tortas de filtración distintos de los especificados en el código 11 01 09.
- 11 01 11\* Líquidos acuosos de enjuague que contienen sustancias peligrosas.
- 11 01 12 Líquidos acuosos de enjuague distintos de los especificados en el código 11 01 11.
- 11 01 13\* Residuos de desengrasado que contienen sustancias peligrosas.
- 11 01 14 Residuos de desengrasado distintos de los especificados en el código 11 01 13.
- 11 01 15\* Eluatos y lodos procedentes de sistemas de membranas o de intercambio iónico que contienen sustancias peligrosas.
- 11 01 16\* Resinas intercambiadoras de iones saturadas o usadas.
- 11 01 98\* Otros residuos que contienen sustancias peligrosas.
- 11 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **11 02 Residuos de procesos hidrometalúrgicos no férricos.**

- 11 02 02\* Lodos de la hidrometalurgia del zinc (incluidas jarosita y goethita).
  - 11 02 03 Residuos de la producción de ánodos para procesos de electrólisis acuosa.
  - 11 02 05\* Residuos de procesos de la hidrometalurgia del cobre que contienen sustancias peligrosas.
  - 11 02 06 Residuos de procesos de la hidrometalurgia del cobre distintos de los especificados en el código 11 02 05.
  - 11 02 07\* Otros residuos que contienen sustancias peligrosas.
  - 11 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.
-



**11 03 Lodos y sólidos de procesos de temple.**

- 11 03 01\* Residuos que contienen cianuro.
- 11 03 02\* Otros residuos.

**11 05 Residuos de procesos de galvanización en caliente.**

- 11 05 01 Matas de galvanización.
- 11 05 02 Cenizas de zinc.
- 11 05 03\* Residuos sólidos del tratamiento de gases.
- 11 05 04\* Fundentes usados.
- 11 05 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**12 RESIDUOS DEL MOLDEADO Y DEL TRATAMIENTO FÍSICO Y MECÁNICO DE SUPERFICIE DE METALES Y PLÁSTICOS**

**12 01 Residuos del moldeado y tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos.**

- 12 01 01 Limaduras y virutas de metales férreos.
- 12 01 02 Polvo y partículas de metales férreos.
- 12 01 03 Limaduras y virutas de metales no férreos.
- 12 01 04 Polvo y partículas de metales no férreos.
- 12 01 05 Virutas y rebabas de plástico.
- 12 01 06\* Aceites minerales de mecanizado que contienen halógenos (excepto las emulsiones o disoluciones).

- 12 01 07\* Aceites minerales de mecanizado sin halógenos (excepto las emulsiones o disoluciones).
- 12 01 08\* Emulsiones y disoluciones de mecanizado que contienen halógenos.
- 12 01 09\* Emulsiones y disoluciones de mecanizado sin halógenos.
- 12 01 10\* Aceites sintéticos de mecanizado.
- 12 01 12\* Ceras y grasas usadas.
- 12 01 13 Residuos de soldadura.
- 12 01 14\* Lodos de mecanizado que contienen sustancias peligrosas.
- 12 01 15 Lodos de mecanizado distintos de los especificados en el código 12 01 14.
- 12 01 16\* Residuos de granallado o chorreado que contienen sustancias peligrosas.
- 12 01 17 Residuos de granallado o chorreado distintos de los especificados en el código 12 01 16.
- 12 01 18\* Lodos metálicos (lodos de esmerilado, rectificado y lapeado) que contienen aceites.
- 12 01 19\* Aceites de mecanizado fácilmente biodegradables.
- 12 01 20\* Muelas y materiales de esmerilado usados que contienen sustancias peligrosas.
- 12 01 21 Muelas y materiales de esmerilado usados distintos de los especificados en el código 12 01 20.
- 12 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **12 03 Residuos de los procesos de desengrase con agua y vapor (excepto el capítulo 11).**

- 12 03 01\* Líquidos acuosos de limpieza.
- 12 03 02\* Residuos de desengrase al vapor.

**13 RESIDUOS DE ACEITES Y DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)**

**13 01 Residuos de aceites hidráulicos.**

- 13 01 01\* Aceites hidráulicos que contienen PCB [1].
- 13 01 04\* Emulsiones cloradas.
- 13 01 05\* Emulsiones no cloradas.
- 13 01 09\* Aceites hidráulicos minerales clorados.
- 13 01 10\* Aceites hidráulicos minerales no clorados.
- 13 01 11\* Aceites hidráulicos sintéticos.
- 13 01 12\* Aceites hidráulicos fácilmente biodegradables.
- 13 01 13\* Otros aceites hidráulicos.

**13 02 Residuos de aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes.**

- 13 02 04\* Aceites minerales clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes.
- 13 02 05\* Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes.
- 13 02 06\* Aceites sintéticos de motor, de transmisión mecánica y lubricantes.
- 13 02 07\* Aceites fácilmente biodegradables de motor, de transmisión mecánica y lubricantes.
- 13 02 08\* Otros aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes.

**13 03 Residuos de aceites de aislamiento y transmisión de calor.**

- 13 03 01\* Aceites de aislamiento y transmisión de calor que contienen PCB.
-

- 13 03 06\* Aceites minerales clorados de aislamiento y transmisión de calor, distintos de los especificados en el código 13 03 01.
- 13 03 07\* Aceites minerales no clorados de aislamiento y transmisión de calor.
- 13 03 08\* Aceites sintéticos de aislamiento y transmisión de calor.
- 13 03 09\* Aceites fácilmente biodegradables de aislamiento y transmisión de calor.
- 13 03 10\* Otros aceites de aislamiento y transmisión de calor.

### **13 04 Aceites de sentinas.**

- 13 04 01\* Aceites de sentinas procedentes de la navegación en aguas continentales.
- 13 04 02\* Aceites de sentinas recogidos en muelles.
- 13 04 03\* Aceites de sentinas procedentes de otros tipos de navegación.

### **13 05 Restos de separadores de agua/sustancias aceitosas.**

- 13 05 01\* Sólidos procedentes de desarenadores y de separadores de agua/sustancias aceitosas.
- 13 05 02\* Lodos de separadores de agua/sustancias aceitosas.
- 13 05 03\* Lodos de interceptores.
- 13 05 06\* Aceites procedentes de separadores de agua/sustancias aceitosas.
- 13 05 07\* Agua aceitosa procedente de separadores de agua/sustancias aceitosas.
- 13 05 08\* Mezcla de residuos procedentes de desarenadores y de separadores de agua/sustancias aceitosas.

### **13 07 Residuos de combustibles líquidos.**

- 13 07 01\* Fuel oil y gasóleo.
-

13 07 02\* Gasolina.

13 07 03\* Otros combustibles (incluidas mezclas).

**13 08 Residuos de aceites no especificados en otra categoría.**

13 08 01\* Lodos o emulsiones de desalación.

13 08 02\* Otras emulsiones.

13 08 99\* Residuos no especificados en otra categoría.

**14 RESIDUOS DE DISOLVENTES, REFRIGERANTES Y PROPELENTES ORGANICOS  
(excepto los de los capítulos 07 y 08)**

**14 06 Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes de espuma y aerosoles orgánicos.**

14 06 01\* Clorofluorocarburos, HCFC, HFC.

14 06 02\* Otros disolventes y mezclas de disolventes halogenados.

14 06 03\* Otros disolventes y mezclas de disolventes.

14 06 04\* Lodos o residuos sólidos que **contienen** disolventes halogenados.

14 06 05\* Lodos o residuos sólidos que contienen otros disolventes.

**15 RESIDUOS DE ENVASES; ABSORBENTES, TPAPOS DE LIMPIEZA;  
MATERIALES DE FILTRACION Y ROPAS DE PROTECCION NO ESPECIFICADOS EN  
OTRA CATEGORÍA**

**15 01 Envases (incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal).**

- 15 01 01 Envases de papel y cartón.
- 15 01 02 Envases de plástico.
- 15 01 03 Envases de madera.
- 15 01 04 Envases metálicos.
- 15 01 05 Envases compuestos.
- 15 01 06 Envases mezclados.
- 15 01 07 Envases de vidrio.
- 15 01 09 Envases textiles.
- 15 01 10\* Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.
- 15 01 11\* Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz sólida y porosa peligrosa (por ejemplo, amianto).

### **15 02 Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras.**

- 15 02 02\* Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas.
- 15 02 03 Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02.

### **16 RESIDUOS NO ESPECIFICADOS EN OTRO CAPITULO DE LA LISTA**

**16 01 Vehículos de diferentes medios de transporte (incluidas las máquinas no de carretera) al final de su vida útil y residuos del desguace de vehículos al final de su vida útil y del mantenimiento de vehículos (excepto los de los capítulos 13, 14 y los subcapítulos 16 06 y 16 08).**

---

- 16 01 03 Neumáticos fuera de uso.
- 16 01 04\* Vehículos al final de su vida útil.
- 16 01 06 Vehículos al final de su vida útil que no contengan líquidos ni otros componentes peligrosos.
- 16 01 07\* Filtros de aceite.
- 16 01 08\* Componentes que contienen mercurio.
- 16 01 09\* Componentes que contienen PCB.
- 16 01 10\* Componentes explosivos (por ejemplo, air bags).
- 16 01 11\* Zapatas de freno que contienen amianto.
- 16 01 12 Zapatas de freno distintas de las especificadas en el código 16 01 11.
- 16 01 13\* Líquidos de frenos.
- 16 01 14\* Anticongelantes que contienen sustancias peligrosas.
- 16 01 15 Anticongelantes distintos de los especificados en el código 16 01 14.
- 16 01 16 Depósitos para gases licuados.
- 16 01 17 Metales ferrosos.
- 16 01 18 Metales no ferrosos.
- 16 01 19 Plástico.
- 16 01 20 Vidrio.
- 16 01 21\* Componentes peligrosos distintos de los especificados en los códigos 16 01 07 a 16 01 11, 16 01 13 y 16 01 14.
- 16 01 22 Componentes no especificados en otra categoría.
- 16 01 99 Residuos no especificados de otra forma.

### **16 02 Residuos de equipos eléctricos y electrónicos.**

---

- 16 02 09\* Transformadores y condensadores que contienen PCB.
- 16 02 10\* Equipos desechados que contienen PCB, o están contaminados por ellos, distintos e los especificados en el código 16 02 09.
- 16 02 11\* Equipos desechados que contienen clorofluorocarburos, HCFC, HFC.
- 16 02 12\* Equipos desechados que contiene amianto libre.
- 16 02 13\* Equipos desechados que contienen componentes peligrosos [2], distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 12.
- 16 02 14 Equipos desechados distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 13.
- 16 02 15\* Componentes peligrosos retirados de equipos desechados.
- 16 02 16 Componentes retirados de equipos desechados distintos de los especificados en el código 16 02 15.

### **16 03 Lotes de productos fuera de especificación y productos no utilizados.**

- 16 03 03\* Residuos inorgánicos que contienen sustancias peligrosas.
- 16 03 04 Residuos inorgánicos distintos de los especificados en el código 16 03 03.
- 16 03 05\* Residuos orgánicos que contienen sustancias peligrosas.
- 16 03 06 Residuos orgánicos distintos de los especificados en el código 16 03 05.

### **16 04 Residuos de explosivos.**

- 16 04 01\* Residuos de municiones.
- 16 04 02\* Residuos de fuegos artificiales.
- 16 04 03\* Otros residuos explosivos.



**16 05 Gases en recipientes a presión y productos químicos desechados.**

- 16 05 04\* Gases en recipientes a presión (incluidos los halones) que contienen sustancias peligrosas.
- 16 05 05 Gases en recipientes a presión, distintos de los especificados en el código 16 05 04.
- 16 05 06\* Productos químicos de laboratorio que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas, incluidas las mezclas de productos químicos de laboratorio.
- 16 05 07\* Productos químicos inorgánicos desechados que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas.
- 16 05 08\* Productos químicos orgánicos desechados que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas.
- 16 05 09 Productos químicos desechados distintos de los especificados en los códigos 16 05 06, 16 05 07 o 16 05 08.

**16 06 Pilas y acumuladores.**

- 16 06 01\* Baterías de plomo.
- 16 06 02\* Acumuladores de Ni-Cd.
- 16 06 03\* Pilas que contienen mercurio.
- 16 06 04 Pilas alcalinas (excepto 16 06 03).
- 16 06 05 Otras pilas y acumuladores.
- 16 06 06\* Electrolitos de pilas y acumuladores recogidos selectivamente.

**16 07 Residuos de la limpieza de cisternas de transporte y almacenamiento y de la limpieza de cubas (excepto los de los capítulos 05 y 13).**

- 16 07 08\* Residuos que contienen hidrocarburos.
  - 16 07 09\* Residuos que contienen otras sustancias peligrosas.
-

16 07 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **16 08 Catalizadores usados.**

16 08 01 Catalizadores usados que contienen oro, plata, renio, rodio, paladio, iridio o platino (excepto el código 16 08 07).

16 08 02\* Catalizadores usados que contienen metales de transición [3] peligrosos o compuestos de metales de transición peligrosos.

16 08 03 Catalizadores usados que contienen metales de transición o compuestos de metales de transición no especificados de otra forma.

16 08 04 Catalizadores usados procedentes del craqueo catalítico en lecho fluido (excepto los del código 16 08 07).

16 08 05\* Catalizadores usados que contienen ácido fosfórico.

16 08 06\* Líquidos usados utilizados como catalizadores.

16 08 07\* Catalizadores usados contaminados con sustancias peligrosas.

### **16 09 Sustancias oxidantes.**

16 09 01\* Permanganatos, por ejemplo, permanganato potásico.

16 09 02\* Cromatos, por ejemplo, cromato potásico, dicromato sódico o potásico.

16 09 03\* Peróxidos, por ejemplo, peróxido de hidrógeno.

16 09 04\* Sustancias oxidantes no especificadas en otra categoría.

### **16 10 Residuos líquidos acuosos destinados a plantas de tratamiento externas.**

16 10 01\* Residuos líquidos acuosos que contienen sustancias peligrosas.

16 10 02 Residuos líquidos acuosos distintos de los especificados en el código 16 10 01.

16 10 03\* Concentrados acuosos que contienen sustancias peligrosas.

16 10 04 Concentrados acuosos distintos de los especificados en el código 16 10 03.

**16 11 Residuos de revestimientos de hornos y refractarios.**

16 11 01\* Revestimientos y refractarios a base de carbono, procedentes de procesos metalúrgicos, que contienen sustancias peligrosas.

16 11 02 Revestimientos y refractarios a base de carbono, procedentes de procesos metalúrgicos distintos de los especificados en el código 16 11 01.

16 11 03\* Otros revestimientos y refractarios procedentes de procesos metalúrgicos que contienen sustancias peligrosas.

16 11 04 Otros revestimientos y refractarios procedentes de procesos metalúrgicos, distintos de los especificados en el código 16 11 03.

16 11 05\* Revestimientos y refractarios, procedentes de procesos no metalúrgicos, que contienen sustancias peligrosas.

16 11 06 Revestimientos y refractarios procedentes de procesos no metalúrgicos, distintos de los especificados en el código 16 11 05.

**17 RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION (INCLUIDA LA TIERRA EXCAVADA DE ZONAS CONTAMINADAS)**

**17 01 Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.**

17 01 01 Hormigón.

17 01 02 Ladrillos.

17 01 03 Tejas y materiales cerámicos.

17 01 06\* Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos que contienen sustancias peligrosas.

17 01 07 Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06.

### **17 02 Madera, vidrio y plástico.**

17 02 01 Madera.

17 02 02 Vidrio.

17 02 03 Plástico.

17 02 04\* Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.

### **17 03 Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados.**

17 03 01\* Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla.

17 03 02 Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.

17 03 03\* Alquitrán de hulla y productos alquitranados.

### **17 04 Metales (incluidas sus aleaciones).**

17 04 01 Cobre, bronce, latón.

17 04 02 Aluminio.

17 04 03 Plomo.

17 04 04 Zinc.

17 04 05 Hierro y acero.

17 04 06 Estaño.

17 04 07 Metales mezclados.

17 04 09\* Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas.

---

17 04 10\* Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas.

17 04 11 Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.

**17 05 Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje.**

17 05 03\* Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas.

17 05 04 Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.

17 05 05\* Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas.

17 05 06 Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05.

17 05 07\* Balasto de vías férreas que contiene sustancias peligrosas.

17 05 08 Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07.

**17 06 Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto.**

17 06 01\* Materiales de aislamiento que contienen amianto.

17 06 03\* Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas.

17 06 04 Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.

17 06 05\* Materiales de construcción que contienen amianto [4].

**17 08 Materiales de construcción a base de yeso.**

17 08 01\* Materiales de construcción a base de yeso contaminados con sustancias peligrosas.

17 08 02 Materiales de construcción a base de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.

**17 09 Otros residuos de construcción y demolición.**

17 09 01\* Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio.

17 09 02\* Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a base de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB).

17 09 03\* Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas.

17 09 04 Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.

**18 RESIDUOS DE SERVICIOS MEDICOS O VETERINARIOS O DE INVESTIGACION ASOCIADA (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de la prestación de cuidados sanitarios)**

**18 01 Residuos de maternidades, del diagnóstico, tratamiento o prevención de enfermedades humanas.**

18 01 01 Objetos cortantes y punzantes (excepto el código 18 01 03).

18 01 02 Restos anatómicos y órganos, incluidos bolsas y bancos de sangre (excepto el código 18 01 03).

18 01 03\* Residuos cuya recogida y eliminación es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones.

18 01 04 Residuos cuya recogida y eliminación no es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones (por ejemplo, vendajes, vaciados de yeso, ropa blanca, ropa desechable, pañales).

- 18 01 06\* Productos químicos que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas.
- 18 01 07 Productos químicos distintos de los especificados en el código 18 01 06.
- 18 01 08\* Medicamentos citotóxicos y citostáticos.
- 18 01 09 Medicamentos distintos de los especificados en el código 18 01 08.
- 18 01 10\* Residuos de amalgamas procedentes de cuidados dentales.

**18 02 Residuos de la investigación, diagnóstico, tratamiento o prevención de enfermedades de animales.**

- 18 02 01 Objetos cortantes y punzantes (excepto el código 18 02 02).
- 18 02 02\* Residuos cuya recogida y eliminación es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones.
- 18 02 03 Residuos cuya recogida y eliminación no es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones.
- 18 02 05\* Productos químicos que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas.
- 18 02 06 Productos químicos distintos de los especificados en el código 18 02 05.
- 18 02 07\* Medicamentos citotóxicos y citostáticos.
- 18 02 08 Medicamentos distintos de los especificados en el código 18 02 07.

**19 RESIDUOS DE LAS INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS, DE LAS PLANTAS EXTERNAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA PREPARACION DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL**

**19 01 Residuos de la incineración o pirólisis de residuos.**

- 19 01 02 Materiales férreos separados de la ceniza de fondo de horno.

- 19 01 05\* Torta de filtración del tratamiento de gases.
- 19 01 06\* Residuos líquidos acuosos del tratamiento de gases y otros residuos líquidos acuosos.
- 19 01 07\* Residuos sólidos del tratamiento de gases.
- 19 01 10\* Carbón activo usado procedente del tratamiento de gases.
- 19 01 11\* Cenizas de fondo de horno y escorias que contienen sustancias peligrosas.
- 19 01 12 Cenizas de fondo de horno y escorias distintas de las especificadas en el código 19 01 11.
- 19 01 13\* Cenizas volantes que contienen sustancias peligrosas.
- 19 01 14 Cenizas volantes distintas de las especificadas en el código 19 01 13.
- 19 01 15\* Polvo de caldera que contiene sustancias peligrosas.
- 19 01 16 Polvo de caldera distinto del especificado en el código 19 01 15.
- 19 01 17\* Residuos de pirólisis que contienen sustancias peligrosas.
- 19 01 18 Residuos de pirólisis distintos de los especificados en el código 19 01 17.
- 19 01 19 Arenas de lechos fluidizados.
- 19 01 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **19 02 Residuos de tratamientos físicoquímicos de residuos (incluidas la descromatación, descianuración y neutralización).**

- 19 02 03 Residuos mezclados previamente, compuestos exclusivamente por residuos no peligrosos.
- 19 02 04\* Residuos mezclados previamente, compuestos por al menos un residuo peligroso.
- 19 02 05\* Lodos de tratamientos físicoquímicos que contienen sustancias peligrosas.



- 19 02 06 Lodos de tratamientos físicoquímicos, distintos de los especificados en el código 19 02 05.
- 19 02 07\* Aceites y concentrados procedentes del proceso de separación.
- 19 02 08\* Residuos combustibles líquidos que contienen sustancias peligrosas.
- 19 02 09\* Residuos combustibles sólidos que contienen sustancias peligrosas.
- 19 02 10 Residuos combustibles distintos de los especificados en los códigos 19 02 08 y 19 02 09.
- 19 02 11\* Otros residuos que contienen sustancias peligrosas.
- 19 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **19 03 Residuos estabilizados/solidificados [5].**

- 19 03 04\* Residuos peligrosos parcialmente [6] estabilizados.
- 19 03 05 Residuos estabilizados distintos de los especificados en el código 19 03 04.
- 19 03 06\* Residuos peligrosos solidificados.
- 19 03 07 Residuos solidificados distintos de los especificados en el código 19 03 06.

### **19 04 Residuos vitrificados y residuos de la vitrificación.**

- 19 04 01 Residuos vitrificados.
- 19 04 02\* Cenizas volantes y otros residuos del tratamiento de gases.
- 19 04 03\* Fase sólida no vitrificada.
- 19 04 04 Residuos líquidos acuosos del templado de residuos vitrificados.

### **19 05 Residuos del tratamiento aeróbico de residuos sólidos.**

- 19 05 01 Fracción no compostada de residuos municipales y asimilados.
-

19 05 02 Fracción no compostada de residuos de procedencia animal o vegetal.

19 05 03 Compost fuera de especificación.

19 05 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **19 06 Residuos del tratamiento anaeróbico de residuos.**

19 06 03 Licores del tratamiento anaeróbico de residuos municipales.

19 06 04 Lodos de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos municipales.

19 06 05 Licores del tratamiento anaeróbico de residuos animales y vegetales.

19 06 06 Lodos de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos animales y vegetales.

19 06 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **19 07 Lixiviados de vertedero.**

19 07 02\* Lixiviados de vertedero que contienen sustancias peligrosas.

19 07 03 Lixiviados de vertedero distintos de los especificados en el código 19 07 02.

### **19 08 Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales no especificados en otra categoría.**

19 08 01 Residuos de cribado.

19 08 02 Residuos de desarenado.

19 08 05 Lodos del tratamiento de aguas residuales urbanas.

19 08 06\* Resinas intercambiadoras de iones saturadas o usadas.

19 08 07\* Soluciones y lodos de la regeneración de intercambiadores de iones.

- 19 08 08\* Residuos procedentes de sistemas de membranas que contienen metales pesados.
- 19 08 09 Mezclas de grasas y aceites procedentes de la separación de agua/sustancias aceitosas que contienen sólo aceites y grasa.
- 19 08 10\* Mezclas de grasas y aceites procedentes de la separación de agua/sustancias aceitosas distintas de las especificadas en el código 19 08 09.
- 19 08 11\* Lodos que contienen sustancias peligrosas procedentes del tratamiento biológico de aguas residuales industriales.
- 19 08 12 Lodos procedentes del tratamiento biológico de aguas residuales industriales distintos de los especificados en el código 19 08 11.
- 19 08 13\* Lodos que contienen sustancias peligrosas procedentes de otros tratamientos de aguas residuales industriales.
- 19 08 14 Lodos procedentes de otros tratamientos de aguas residuales industriales, distintos de los especificados en el código 19 08 13.
- 19 08 99 Residuos no especificados en otra categoría.

### **19 09 Residuos de la preparación de agua para consumo humano o agua para uso industrial.**

- 19 09 01 Residuos sólidos de la filtración primaria y cribado.
  - 19 09 02 Lodos de la clarificación del agua.
  - 19 09 03 Lodos de descarbonatación.
  - 19 09 04 Carbón activo usado.
  - 19 09 05 Resinas intercambiadoras de iones saturadas o usadas.
  - 19 09 06 Soluciones y lodos de la regeneración de intercambiadores de iones.
  - 19 09 99 Residuos no especificados en otra categoría.
-

**19 10 Residuos procedentes del fragmentado de residuos que contienen metales.**

- 19 10 01 Residuos de hierro y acero.
- 19 10 02 Residuos no férricos.
- 19 10 03\* Fracciones ligeras de fragmentación (fluff-light) y polvo que contienen sustancias peligrosas.
- 19 10 04 Fracciones ligeras de fragmentación (fluff-light) y polvo distintas de las especificadas en el código 19 10 03.
- 19 10 05\* Otras fracciones que contienen sustancias peligrosas.
- 19 10 06 Otras fracciones distintas de las especificadas en el código 19 10 05.

**19 11 Residuos de la regeneración de aceites.**

- 19 11 01\* Arcillas de filtración usadas.
- 19 11 02\* Alquitranses ácidos.
- 19 11 03\* Residuos de líquidos acuosos.
- 19 11 04\* Residuos de la limpieza de combustibles con bases.
- 19 11 05\* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.
- 19 11 06 Lodos del tratamiento in situ de efluentes, distintos de los especificados en el código 19 11 05.
- 19 11 07\* Residuos de la depuración de efluentes gaseosos.
- 19 11 99 Residuos no especificados en otra categoría.

**19 12 Residuos del tratamiento mecánico de residuos (por ejemplo, clasificación, trituración, compactación, peletización) no especificados en otra categoría.**

- 19 12 01 Papel y cartón
- 19 12 02 Metales férricos.

- 19 12 03 Metales no férricos.
- 19 12 04 Plástico y caucho.
- 19 12 05 Vidrio.
- 19 12 06\* Madera que contiene sustancias peligrosas.
- 19 12 07 Madera distinta de la especificada en el código 19 12 06.
- 19 12 08 Textiles.
- 19 12 09 Minerales (por ejemplo, arena, piedras).
- 19 12 10 Residuos combustibles (combustible derivado de residuos).
- 19 12 11\* Otros residuos (incluidas mezclas de materiales) procedentes del tratamiento mecánico de residuos que contienen sustancias peligrosas.
- 19 12 12 Otros residuos (incluidas mezclas de materiales) procedentes del tratamiento mecánico de residuos, distintos de los especificados en el código 19 12 11.

### **19 13 Residuos de la recuperación de suelos y de aguas subterráneas.**

- 19 13 01\* Residuos sólidos de la recuperación de suelos que contienen sustancias peligrosas
- 19 13 02 Residuos sólidos de la recuperación de suelos distintos de los especificados en el código 19 13 01.
- 19 13 03\* Lodos de la recuperación de suelos que contienen sustancias peligrosas.
- 19 13 04 Lodos de la recuperación de suelos distintos de los especificados en el código 19 13 03.
- 19 13 05\* Lodos de la recuperación de aguas subterráneas que contienen sustancias peligrosas.
- 19 13 06 Lodos de la recuperación de aguas subterráneas distintos de los especificados en el código 19 13 05.

- 19 13 07\* Residuos de líquidos acuosos y concentrados acuosos, que contienen sustancias peligrosas, procedentes de la recuperación de aguas subterráneas.
- 19 13 08 Residuos de líquidos acuosos y concentrados acuosos procedentes de la recuperación de aguas subterráneas, distintos de los especificados en el código 19 13 07.

**20 RESIDUOS MUNICIPALES (RESIDUOS DOMESTICOS Y RESIDUOS ASIMILABLES PROCEDENTES DE LOS COMERCIOS, INDUSTRIAS E INSTITUCIONES), INCLUIDAS LAS FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE**

**20 01 Fracciones recogidas selectivamente (excepto las especificadas en el subcapítulo 15 01).**

- 20 01 01 Papel y cartón.
- 20 01 02 Vidrio.
- 20 01 08 Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes.
- 20 01 10 Ropa.
- 20 01 11 Tejidos.
- 20 01 13\* Disolventes.
- 20 01 14\* Ácidos.
- 20 01 15\* Álcalis.
- 20 01 17\* Productos fotoquímicos.
- 20 01 19\* Plaguicidas.
- 20 01 21\* Tubos fluorescentes y otros residuos que contienen mercurio.
- 20 01 23\* Equipos desechados que contienen clorofluorocarburos.
- 20 01 25 Aceites y grasas comestibles.

- 20 01 26\* Aceites y grasas distintos de los especificados en el código 20 01 25.
- 20 01 27\* Pinturas, tintas, adhesivos y resinas que contienen sustancias peligrosas.
- 20 01 28 Pinturas, tintas, adhesivos y resinas distintos de los especificados en el código 20 01 27.
- 20 01 29\* Detergentes que contienen sustancias peligrosas.
- 20 01 30 Detergentes distintos de los especificados en el código 20 01 29.
- 20 01 31\* Medicamentos citotóxicos y citostáticos.
- 20 01 32 Medicamentos distintos de los especificados en el código 20 01 31.
- 20 01 33\* Baterías y acumuladores especificados en los códigos 16 06 01, 16 06 02 o 16 06 03 y baterías y acumuladores sin clasificar que contienen esas baterías.
- 20 01 34 Baterías y acumuladores distintos de los especificados en el código 20 01 33.
- 20 01 35\* Equipos eléctricos y electrónicos desechados, distintos de los especificados en los códigos 20 01 21 y 20 01 23, que contienen componentes peligrosos [7].
- 20 01 36 Equipos eléctricos y electrónicos desechados distintos de los especificados en los códigos 20 01 21, 20 01 23 y 20 01 35.
- 20 01 37\* Madera que contiene sustancias peligrosas.
- 20 01 38 Madera distinta de la especificada en el código 20 01 37.
- 20 01 39 Plásticos.
- 20 01 40 Metales.
- 20 01 41 Residuos del deshollinado de chimeneas.
- 20 01 99 Otras fracciones no especificadas en otra categoría.

### **20 02 Residuos de parques y jardines (incluidos los residuos de cementerios).**

- 20 02 01 Residuos biodegradables.

- 20 02 02 Tierra y piedras.
- 20 02 03 Otros residuos no biodegradables.

### **20 03 Otros residuos municipales.**

- 20 03 01 Mezclas de residuos municipales.
- 20 03 02 Residuos de mercados.
- 20 03 03 Residuos de limpieza viaria.
- 20 03 04 Lodos de fosas sépticas.
- 20 03 06 Residuos de la limpieza de alcantarillas.
- 20 03 07 Residuos voluminosos.
- 20 03 99 Residuos municipales no especificados en otra categoría.

[1] A efectos de la presente lista de residuos, la definición de PCB es la que figura en la Directiva 96/59/CE.

[2] Los componentes peligrosos de equipos eléctricos y electrónicos pueden incluir las pilas y acumuladores clasificados como peligrosos en el subcapítulo 16 06, así como interruptores de mercurio, residuos de vidrio procedente de tubos catódicos y otros cristales activados.

[3] Para el ámbito de esta lista, son metales de transición: escandio, vanadio, manganeso, cobalto, cobre, itrio, niobio, hafnio, tungsteno, titanio, cromo, hierro, níquel, zinc, circonio, molibdeno y tántalo. Estos metales o sus compuestos son peligrosos si aparecen clasificados como sustancias peligrosas.

[4] La consideración de estos residuos como peligrosos, a efectos exclusivamente de su eliminación mediante depósito en vertedero, no entrará en vigor hasta que se apruebe la normativa comunitaria en la que se establezcan las medidas apropiadas para la eliminación de los residuos de materiales de la construcción que contengan amianto. Mientras tanto, los residuos de construcción no triturados que contengan amianto podrán eliminarse en vertederos de residuos no peligrosos, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6.3. c) del Real Decreto



1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

[5] Los procesos de estabilización cambian la peligrosidad de los constituyentes del residuo, transformándolo de peligroso en no peligroso. Los procesos de solidificación sólo cambian el estado físico del residuo mediante aditivos (por ejemplo, de líquido a sólido) sin variar sus propiedades químicas.

[6] Se considera parcialmente estabilizado un residuo cuando, después del proceso de estabilización, sus constituyentes peligrosos que no se han transformado completamente en constituyentes no peligrosos pueden propagarse en el medio ambiente a corto, medio o largo plazo.

[7] Los componentes peligrosos de equipos eléctricos y electrónicos pueden incluir las pilas y acumuladores clasificados como peligrosos en el subcapítulo 16 06, así como interruptores de mercurio, residuos de vidrio procedente de tubos catódicos y otros cristales activados.

### 3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN SU ORIGEN

Por simplificar un poco el anterior listado, podemos dividir los residuos en cinco puntos, dependiendo de su origen:

- **Residuos urbanos**

Son aquellos que se generan en las actividades desarrolladas en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia, como son los domicilios particulares, los comercios, las oficinas y los servicios. También son catalogados como residuos urbanos los que no son identificados como peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. Sin embargo, la mayoría de los residuos urbanos que genera una sociedad, es la basura doméstica. Ésta está compuesta por materia orgánica, que son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto a la comida que sobra. Además de papel y cartón como son los periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes. Los plásticos que son botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables. Así como el vidrio (botellas, frascos, vajilla rota...), metales (latas o botes), madera, etc.

---

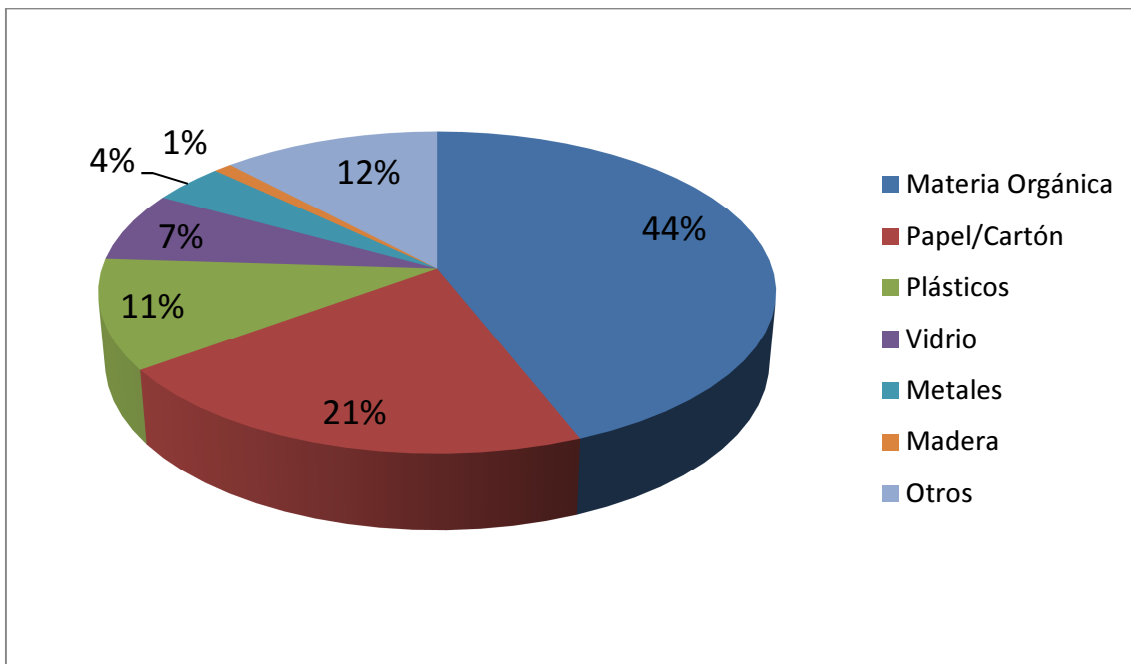


Figura 3.1 Composición de los Residuos Urbanos en España.

Fuente: Plan Nacional de Residuos Urbanos 2000 - 2006

- **Materia orgánica** (supone el 44,06%): derivada de restos de alimentos o de actividades vinculadas a la jardinería (podas, rastrillos de campos, cortado del césped, recogida de hojarasca...). Es la materia orgánica el principal componente orgánico de los residuos, aunque en las sociedades más desenvueltas tiende a disminuir.
- **Papel y cartón** (suponen el 21,18%): esta fracción, en la que la recogida en origen está cada vez más extendida, ha experimentado un importante incremento en los últimos años. Los periódicos, las cajas o los envases son algunos de los ejemplos en los que se encuentra presente el papel y el cartón.
- **Plástico** (supone el 10,59%): a pesar de ser un material de implantación relativamente reciente, pues su uso generalizado se produjo en la segunda mitad del siglo XX, es masivamente empleado en la sociedad actual. Debido a su versatilidad, bajo coste, facilidad de producción y resistencia a los factores ambientales, es usado en casi todos los sectores industriales y para la fabricación de una amplia gama de productos, que van desde las bolsas de plástico y los embalajes hasta los ordenadores y algunas piezas de la carrocería de los vehículos.

- **Vidrio** (supone el 6,93%): se estima que el consumo de vidrio en España ronda los 33 kilogramos por persona/año, por lo que este producto tiene una gran incidencia en el volumen total de los residuos urbanos.
- **Metales** férricos y no férricos (suponen el 4,11%): la hojalata, empleada en el sector alimentario (latas de conserva) y en el industrial (recipientes destinados a la contención de pinturas, aceites, gasolinas...), es el principal compuesto derivado del hierro que se encuentra presente en los residuos urbanos. El aluminio, utilizado como material para la elaboración de los botes de bebidas carbonatadas y los tetra-brik, es por su parte el material no férrico de mayor abundancia en los residuos urbanos.
- **Maderas** (suponen el 0,96): este material se suele presentar en forma de muebles.
- **Otros** (suponen el 12,17%): este grupo tiene una composición muy variada y por la naturaleza de algunos de los elementos que lo componen requiere una especial atención, puesto que algunos pueden llegar a ser considerados como residuos peligrosos.

- **Residuos industriales**

Residuos generados a partir de un proceso productivo a escala industrial. Incluye residuos tóxicos y peligrosos.

Se clasifican en tres grandes bloques:

- Residuos inertes (escorias, escombros, etc).
- Residuos asimilables a residuos urbanos.
- Residuos especiales.

Los residuos inertes, por sus características y composición, no presentan grandes riesgos al medio ambiente ni a la sanidad animal, ni tampoco afectan a la salud humana. Estos residuos se pueden depositar, verter o almacenar sin tratamiento previo y solamente se deberán colocar adecuadamente para no perturbar el espacio físico del entorno del almacenamiento. Lo integran escombros, escorias, chatarras, vidrios, cenizas, etc.

Los residuos industriales asimilables a residuos urbanos, tienen una composición fundamentalmente orgánica degradable, que permite su

tratamiento con el uso de tecnologías similares a las empleadas en los procesos de tratamiento de los residuos urbanos (RU). Se generan, principalmente, en las industrias de los sectores de la alimentación, papel, cartón, plástico, textiles, maderas, gomas, etc.

Los residuos especiales o también llamados peligrosos (RP), se generan, principalmente, en actividades industriales. Poseen un potencial contaminante alto y grave riesgo para la salud humana y para el medio ambiente.

- **Residuos forestales y agrícolas**

Son los que se generan en actividades de explotación forestal, ya sea para la obtención de madera, o como consecuencia de plantaciones forestales (ramas, raíces, restos de troncos, corteza...).

- **Residuos ganaderos**

Son los producidos en la cría de ganado. Antiguamente eran utilizados como abono en la agricultura, pero fueron sustituidos por fertilizantes químicos.

- **Residuos mineros y de cantería**

Incluye los materiales que son removidos para acceder a los minerales, y todos los residuos provenientes de los procesos mineros.

## **GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

## **CAPÍTULO 4. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Se entiende por gestión de residuos sólidos al conjunto de operaciones orientadas a dar el tratamiento más adecuado a los residuos, desde el momento en que se generan, hasta la última fase de su tratamiento.

De acuerdo con la normativa vigente (Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos), la gestión de residuos comprende *“la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre”*.

Para implantar un sistema de gestión es necesario conocer una serie de factores como la cantidad y tipo de residuos, situación y tipo de vertederos, vías de comunicación, estaciones de transferencia próximas, etc. Este sistema ha de englobar todas las actuaciones comprendidas desde los puntos de generación hasta los lugares de reciclaje, recuperación, valoración o eliminación. Una gestión eficaz pasa por la reducción en la producción de residuos, y por la optimización de todas las actividades intermedias que incluye dicha gestión (pre-recogida, recogida, almacenamiento, transporte, tratamiento, recuperación, reciclado, eliminación...).

### **4.2. SISTEMA DE GESTIÓN**

Los elementos que forman un sistema de gestión, son las etapas por las que pasa un residuo desde su generación, hasta su disposición final.

PREVENCIÓN: Es la etapa previa a la gestión. En ella se pretende evitar la generación de residuos, o al menos reducirlos. Minimizar los residuos se plantea como una medida preventiva antes que curativa. Minimizando la cantidad de residuos que se generan, se consiguen paliar en parte los problemas asociados a la gestión, manipulación y tratamiento de los residuos. Para ello se ha de reducir el uso de materias primas necesarias para elaborar un determinado producto.

---

Para que la reducción en origen sea efectiva, tiene que haber un compromiso por parte de las administraciones incentivando dicha reducción, y una concienciación ciudadana, que evite la compra de productos, que generen gran cantidad de residuos inútiles. De esta manera el mercado tendería a fabricar productos con menos materias prescindibles, lo que reduciría el volumen de residuos, y facilitaría la gestión de estos.

GENERACIÓN DE RESIDUOS: Es la etapa en la que se generan los residuos. Prácticamente toda actividad humana tiene como consecuencia la generación de residuos.

PRERRECOGIDA: Supone las actividades de separación, almacenamiento y procesamiento, realizadas desde la generación de los residuos, hasta que los residuos son depositados en el punto de recogida. Es la gestión realizada por el generador de residuos. En el caso de grandes productoras de residuos (supermercados, industrias...), existen compactadores que reducen el volumen de los mismos, con el objetivo de facilitar y economizar el transporte.

La separación de materiales como vidrio, plástico, papel/cartón, metales, materia orgánica, etc. en el punto de generación es una de las formas más eficaces de recuperación, para su posterior valorización mediante reciclado, reutilización o cualquier otro proceso. Es lo que se conoce como **RECOGIDA SELECTIVA**. Su objetivo es separar la mayor cantidad de materiales con el grado de calidad posible. Para ellos es necesario contar dentro del sistema de gestión con un modelo adecuado de recogida selectiva en origen.

La Ley 10/1998 de Residuos, define la recogida selectiva como “el sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos”. En función del grado de recuperación en origen y la calidad de los materiales que se quiera alcanzar, se elegirá un sistema de recogida u otro. La Ley obliga a los municipios de más de 5000 habitantes a implantar sistemas de recogida selectiva.

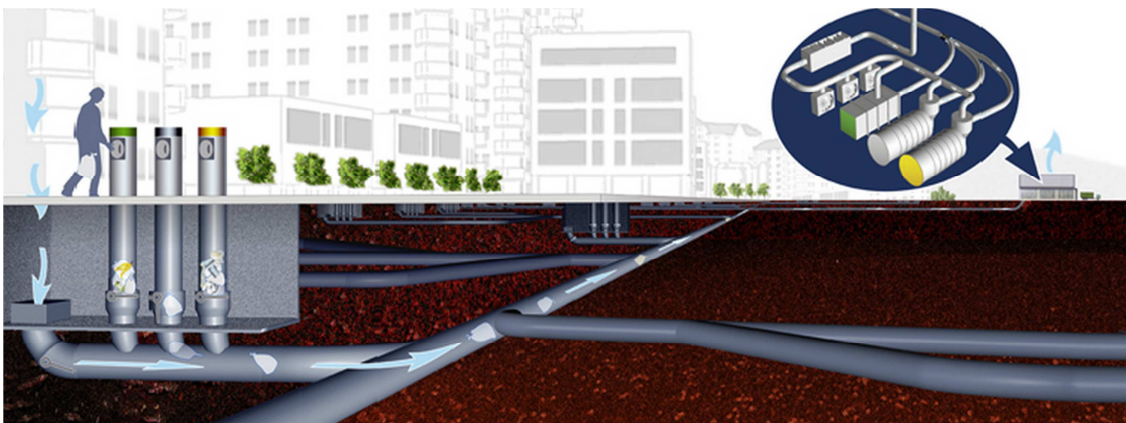
La forma de depositar los residuos ha evolucionado con el paso del tiempo. Desde la recogida manual de los residuos, primero a granel, y luego en bolsas, se pasó a los contenedores de vía pública, donde se depositaban cualquier tipo de residuos, hasta los contenedores actuales de recogida selectiva.

---



Contenedores para recogida selectiva.

Desde hace relativamente poco tiempo, se están instalando en España sistemas de recogida neumática. Mediante este sistema, los residuos son transportados neumáticamente desde el lugar de generación, por tuberías subterráneas, hasta una central de recogida, donde es introducidos y compactados en contenedores herméticamente cerrados, antes de transportarlos al lugar de eliminación final.



Sistema de Recogida Neumática

Los usuarios depositan sus residuos dentro de buzones o compuertas de vertido fácilmente accesibles tanto en el interior de los edificios como en la calle. Aquí, las bolsas quedan almacenadas temporalmente en las bajantes encima de una válvula

---



cerrada. Todos los buzones son vaciados a intervalos regulares. El vaciado automático de los buzones conectados por medio de una red subterránea de tuberías es activado por un sistema de control desde la misma central de recogida ubicada fuera del área.

Cuando los sensores del sistema de control avisan del llenado de los puntos de vertido, los turbo-extractores se ponen en funcionamiento, creando una corriente de aire en la red. Primero, se abre la válvula de aire para introducir el aire de transporte en la red. A continuación se abren de una en una las válvulas de almacenamiento temporal situadas debajo de cada punto de vertido. Las bolsas de basura caen por gravedad en la tubería de transporte y son aspiradas hasta la central.

En la central, los residuos son separados del aire de transporte en el ciclón para después caer al compactador que los introduce y compacta dentro de un gran contenedor hermético. El aire de transporte pasa por diferentes filtros donde se eliminan las partículas de polvo y por un silenciador antes de ser expulsado al exterior.

- Este sistema tiene varias ventajas:
- No se acumulan los malos olores.
- No es posible la rebusca ni los derrames.
- No hay movimiento de camiones en horario nocturno.
- Las dimensiones de los buzones son de menor tamaño que los contenedores, por lo que el impacto visual sobre el entorno es menor.
- Se unifican las labores de prerrecogida, recogida y transporte.

Una opción similar son los contenedores enterrados con buzón superior, pues también se evitan problemas de olores, derrames, rebuscas, y el impacto visual también es menor.



Contenedores Enterrados

RECOGIDA Y TRANSPORTE: Comprende las actividades de carga y transporte de los residuos desde las áreas de aportación hasta la estación de transferencia, vertedero o lugar de tratamiento. La existencia o no de una estación de transferencia, depende de la distancia entre las zonas de generación de los residuos y las plantas de tratamiento o eliminación. Si esta distancia es mayor de 25km, es más rentable desde un punto de vista económico y ambiental, la instalación de una estación intermedia (estación de transferencia). En ella los camiones de pequeña capacidad vacían los residuos ya compactados, donde son recogidos por otros de mayor capacidad que los transportan hasta las instalaciones de tratamiento o eliminación.



Camión compactador de carga posterior.



Camión de recogida selectiva de carga lateral.



Camión de recogida selectiva con grúa.



Camión de recogida selectiva con caja abierta.

Pero aparte de los RSU, hay otra serie de residuos que también tienen su recogida particular:

**Recogida en zonas industriales:** Hablamos de los residuos industriales asimilables a urbanos, que puedan ser gestionados por los medio convencionales de tratamiento y eliminación. Por lo tanto excluimos los tóxicos y peligrosos, pues han de ser gestionados por empresas autorizadas. En el caso de residuos industriales, se utilizan contenedores de diversos tamaños y materiales en función de los residuos, pero siempre separando materiales.



Volquete basculante.



Contenedor plegable.



Contenedor para desechos.



Contenedor abierto de 24 m3.

**Recogida de muebles y enseres:** Suele ser un servicio gratuito ofrecido por los ayuntamientos. El ciudadano ha de comunicarlo a la administración, y esta le da fecha. Suele realizarse con vehículos dotados de una caja abierta. Otra opción es que el propio ciudadano los lleve a un “ecoparque”, donde hay contenedores específicos, para cada tipo de residuo.

**Recogida de escombros:** Son los residuos procedentes de obras menores o de reformas. Aunque su composición es la misma que los residuos de construcción y demolición, se tratan en un capítulo aparte, pues tienen la consideración jurídica de residuo urbano y estarán, por ello, sujetos a los requisitos que establezcan las entidades locales en sus respectivas ordenanzas municipales. Su gestión y recogida suele realizarse a través de empresas privadas, las cuales suministran los contenedores (generalmente en vía pública, previa licencia municipal), y gestionan los residuos.

**Recogida de residuos electrónicos:** El enorme crecimiento que en los últimos años ha experimentado la fabricación y venta de aparatos electrónicos, ha provocado que estos rápidamente queden obsoletos, y por lo tanto sean desechados. Por los materiales que contienen en sus componentes pueden ser considerados como residuos peligrosos, y sus efectos negativos son una actual línea de investigación. Al no existir un tipo de recogida selectiva específica para este tipo de aparatos, se suelen depositar junto a los demás residuos urbanos, o en los mismos establecimientos comerciales.

TRANSFERENCIA: Una estación de transferencia de residuos sólidos urbanos es una instalación cuyo objetivo es mejorar la eficiencia del transporte de los residuos generados en aquellos municipios que se encuentran alejados de la instalación de tratamiento.

Así en la estación, que se encuentra en una ubicación próxima a los municipios a los que presta servicio, se trasladan los residuos desde los vehículos de recogida a unos contenedores de gran capacidad que son que se emplean para trasladarlos hasta las instalaciones de tratamiento o eliminación, reduciendo de esta forma los costes de transporte.

Su funcionamiento es el siguiente: cuando los vehículos de recogida han llenado su caja o han finalizado su recorrido se dirigen hasta la estación de transferencia donde, tras ser pesados, descargan en unas tolvas de recepción. Desde estas tolvas los residuos son introducidos en unos contenedores de gran capacidad mediante un compactador para reducir su volumen lo máximo posible. Una vez llenos son trasladados con camiones de gran capacidad hasta las instalaciones de tratamiento o eliminación, de tal manera que los residuos permanezcan en la estación el menor tiempo posible.

TRATAMIENTO: Comprende los procesos de separación, procesado y transformación de los residuos. La separación y procesado de los residuos se realiza en instalaciones de recuperación de materiales, donde los residuos pueden llegar mezclados o separados en origen. Allí son separados manualmente.

El funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Residuos Urbanos de Góngora (Navarra), como ejemplo del funcionamiento de una planta tipo es el siguiente:

La planta de R.S.U. de Góngora tiene por objeto recuperar, para su posterior reciclado, los metales (férricos y no férricos), plásticos (polietileno de alta densidad-PEAD, polietileno de baja densidad PEBD, polietileno tereftalato-PET, policloruro de vinilo-PVC y mezcla de varios plásticos-MIXTO), cartones para bebidas, papelcartón y vidrio.

El proceso de tratamiento comienza con la alimentación de los materiales de entrada, los cuales se depositan en una nave independiente, pero anexa a la nave donde se ubican los equipos de tratamiento. Esta nave es diáfana, su superficie es de

1.050 m<sup>2</sup> y está sobreelevada con respecto a la nave de tratamiento. En ella se vierten residuos con una pala mecánica, permitiendo alturas de la playa de vertido de hasta 4 m.

La pala mecánica va depositando los residuos en un foso, donde se encuentra un alimentador de cadenas que nutre la línea de separación alojada en la nave de tratamiento. Dicha nave ocupa una superficie de 4.000 m<sup>2</sup> distribuida en dos niveles separados por un forjado de hormigón.

Una vez la basura pasa por el alimentador, se vierte a una cinta en la que comienza el proceso de separación. Para ello, se instala una cabina de triaje donde se incluyen cuatro puestos a cada lado de la cinta y se separan voluminosos recuperables y no recuperables, papel-cartón y vidrio. Los voluminosos y el vidrio se verterán a contenedores y el papel cartón a una prensa de papel, de 8 T/h, de donde se obtendrá el material en balas. Una vez realizada la primera separación, el material pasa por un abrebolsas que, mediante unas púas, desgarran las bolsas y separa el material de su interior. Posteriormente, otro alimentador de cadenas traslada el material a un tromel, que es un tambor rotativo, de 3 m de diámetro y 21,50 m de longitud, que separa el material por tamaños.

Se obtiene la siguiente clasificación:

- Materiales menores de 60 mm de diámetro (primer paso).
- Materiales más grandes de 60 mm pero menores de 150x350 mm (segundo paso).
- Materiales de rechazo, mayores de 150x350 mm.

Los materiales más pequeños se trasladan mediante cintas a un separador magnético de 4,4 kW de potencia de electroimán, y a un separador de metales no férricos (o separador de Foucault) de 4 kW. Así, se extraen los materiales férricos por un lado, materiales no férricos por otro y el resto de material orgánico no separado, se distribuye a dos autocompactadores de 121 m<sup>3</sup>/h.

Por su parte, los materiales del segundo paso y los de rechazo se conducen mediante cintas a la segunda cabina de triaje, donde se llevará a cabo un proceso de selección en detalle. En esta segunda cabina, se separan: papel-cartón, plástico

---

PEAD, plástico PEBD, plástico PET, plástico PVC y plástico mixto. Todos los materiales se verterán a pisos móviles de 2,2 m de ancho y 12 m de longitud, cuyo funcionamiento será alternativo. Con el tiempo, sólo uno de ellos irá vertiendo a un alimentador de tablillas, el cual vierte a una prensa multimaterial de 8 T/h, de donde se irán obteniendo balas de diferentes tipos de plásticos y papel.

Además, se dispone de un sistema de aspiración de plástico film de 0,35 T/h, consistente en un ciclón donde se deposita el plástico aspirado, mediante un ventilador, de unas tomas distribuidas en la segunda cabina de triaje. El ciclón, gracias a un sistema de tajadera y unos brazos mecánicos, distribuye uniformemente el plástico recogido a otra prensa de plástico, de 8 T/h.

Todo el material restante, al que ya se le ha separado el plástico y el papel, pasa por unos separadores de metales. El segundo paso dispondrá de un separador de férricos de 6,1 kW y de uno de Foucault de 5,5 kW, mientras que el rechazo dispondrá de uno de férricos de 7,6 kW. Los materiales metálicos obtenidos así de las dos líneas, se juntarán y se distribuirán en otras dos cintas, una de férricos y otra de no férricos.

La línea de materiales no férricos todavía dispondrá de un tratamiento adicional, pues se incluye una criba de briks de 0,20 T/h, que mediante un movimiento vibrante, consigue separar del resto de los materiales, los briks, que se recogerán en un contenedor independiente.

Los materiales férricos y los no férricos llegarán a una prensa de metales, que los empaquetará en balas independientes, gracias a una tolva automatizada dispuesta en el vertido. La prensa tiene una capacidad de 60 paquetes/hora. Por último, todo el material de rechazo se llevará a dos autocompactadores de orgánica de 121 m<sup>3</sup>/h.

Todas las pacas de material seleccionado se trasladarán al almacén, constituido por una nave anexa a la de tratamiento de 1.500 m<sup>2</sup>.

#### 4.3. GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Está regulada por el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero. En él se definen dos figuras destacadas:

*Productor de residuos de construcción y demolición* es el titular del bien inmueble en quien reside la decisión última de construir o demoler. Entre sus obligaciones, destaca la inclusión en el proyecto de obra de un estudio de gestión de los residuos de construcción y demolición que se producirán en ésta, que deberá incluir, entre otros aspectos, una estimación de su cantidad, las medidas genéricas de prevención que se adoptarán, el destino previsto para los residuos, así como una valoración de los costes derivados de su gestión que deberán formar parte del presupuesto del proyecto. También, como medida especial de prevención, se establece la obligación, en el caso de obras de demolición, reparación o reforma, de hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generen, proceder a su retirada selectiva y entrega a gestores autorizados de residuos peligrosos.

*Poseedor de residuos de construcción y demolición*, corresponde a quien ejecuta la obra y tiene el control físico de los que se generan en la misma. Estará obligado a la presentación a la propiedad de la obra de un plan de gestión de los residuos de construcción y demolición en el que se concrete cómo se aplicará el estudio de gestión del proyecto, así como a sufragar su coste y a facilitar al productor la documentación acreditativa de la correcta gestión de tales residuos. A partir de determinados umbrales, se exige la separación de los residuos de construcción y demolición en obra para facilitar su valorización posterior, si bien esta obligación queda diferida desde la entrada en vigor del Real Decreto en función de la cantidad de residuos prevista en cada fracción.

De las anteriores obligaciones se excluye a los productores y poseedores de residuos de construcción y demolición en obras menores de construcción y reparación domiciliaria, habida cuenta de que tienen la consideración jurídica de residuo urbano y estarán, por ello, sujetos a los requisitos que establezcan las entidades locales en sus respectivas ordenanzas municipales.

Una de las dificultades por las que en la actualidad no se alcanzan unos niveles satisfactorios de reciclado de residuos de construcción y demolición es el hecho de que en su mayoría se depositan en vertedero a coste muy bajo, sin tratamiento previo

---



y, a menudo, sin cumplir con los requisitos establecidos en la normativa sobre vertederos. Para corregir esta situación, el Real Decreto prohíbe el depósito sin tratamiento previo y demanda el establecimiento de sistemas de tarifas que desincentiven el depósito en vertedero de residuos valorizables o el de aquellos otros en los que el tratamiento previo se haya limitado a una mera clasificación.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.


La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

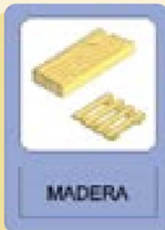
El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.


Los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:


- Hormigón: 80 t.
- Ladrillos, tejas, cerámicos: 40 t.
- Metal: 2 t.
- Madera: 1 t.
- Vidrio: 1 t.
- Plástico: 0,5 t.
- Papel y cartón: 0,5 t.


#### 4.3.1. Residuos habituales en obras de construcción y demolición:




1. ESCOMBRO Y RESTOS DE LA OBRA	
 <p>ESCOMBRO Y RESTOS DE OBRA</p>	<p><b>TIPO:</b> Residuo no peligroso.</p>
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Dentro de este grupo englobamos los restos originados en la obra bien sea de edificación o de otro tipo, conteniendo: mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.</p>
	<p><b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 170107</p>
	<p><b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Colocación en un contenedor de escombros con destino a un gestor autorizado. En caso de encontrarse mezclado con sustancias peligrosas, gestionar como RESIDUO PELIGROSO. En este caso el código será: 170106.</p>



2. MADERA	
 <p>MADERA</p>	<p><b>TIPO:</b> Residuo no peligroso.</p>
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Este tipo de residuo se origina a partir de acciones relacionadas con palets y desencofrados.</p>
	<p><b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 170201</p>
	<p><b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Colocación en un contenedor para la madera con destino a un gestor autorizado. En caso de encontrarse mezclado con sustancias peligrosas, gestionar como RESIDUO PELIGROSO, en este caso el código será: 170204.</p>

3. VIDRIO	
 <p>VIDRIO</p>	<p><b>TIPO:</b> Residuo no peligroso.</p>
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b></p>
	<p><b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 170202</p>

	<p><b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Colocación en un contenedor para el vidrio con destino a un gestor autorizado. En caso de encontrarse mezclado con sustancias peligrosas, gestionar como RESIDUO PELIGROSO, en este caso el código será: 170204</p>
<b>4. PLÁSTICO</b>	
 <p>PLÁSTICO</p>	<p><b>TIPO:</b> Residuo no peligroso.</p>
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Dentro de este tipo de residuos agruparemos elementos como: chatarra, y elementos metálicos de obra generados en: colocación de armaduras metálicas en estructuras, soldadura de estructuras metálicas y soldadura de tuberías.</p>
	<p><b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 170407</p>
	<p><b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Colocación en un contenedor para el plástico con destino a un gestor autorizado. En caso de encontrarse mezclado con sustancias peligrosas, gestionar como RESIDUO PELIGROSO, en este caso el código será: 170204.</p>

<b>5. METALES MEZCLADOS</b>	
 <p>METALES</p>	<p><b>TIPO:</b> Residuo no peligroso.</p>
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Dentro de este tipo de residuos agruparemos elementos como: chatarra, y elementos metálicos de obra generados en: colocación de armaduras metálicas en estructuras, soldadura de estructuras metálicas y soldadura de tuberías.</p>
	<p><b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 170407</p>
	<p><b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Colocación en un contenedor para la chatarra con destino a un gestor autorizado. En caso de encontrarse mezclado con sustancias peligrosas, gestionar como RESIDUO PELIGROSO, en este caso el código será: 170409.</p>

6. MATERIALES DE AISLAMIENTO QUE CONTIENEN AMIANTO	
	<p><b>TIPO:</b> RESIDUO PELIGROSO.</p>
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> El amianto ha de ser manipulado con extremo cuidado dado su carácter cancerígeno (está prohibido en la construcción), sin embargo y a pesar de su peligrosidad sigue utilizándose como aislante en tuberías para calefacción entre otras aplicaciones. En caso de trabajar con este tipo de materiales se deberán seguir las normas de prevención y la reglamentación pertinentes.</p>
	<p><b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 170601</p>
<p><b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Aislar adecuadamente en sacos que posean doble capa de polipropileno. Identificar adecuadamente y evacuar por un gestor autorizado para este tipo de material.</p>	
7. MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN QUE CONTIENEN AMIANTO	
	<p><b>TIPO:</b> RESIDUO PELIGROSO.</p>
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> El amianto ha de ser manipulado con extremo cuidado dado su carácter cancerígeno (está prohibido en la construcción). Estos materiales se encuentran sin embargo todavía colocados en obras, con lo que puede darse el caso de tener que tratar con estos materiales para su mantenimiento retirada o demolición, como el caso de restos de placas o tubos de fibrocemento que lleven amianto incorporado. En el caso de trabajar con este tipo de materiales se deberán seguir las normas de prevención y la reglamentación pertinentes.</p>
	<p><b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 170605</p>
<p><b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Aislar adecuadamente en sacos que posean doble capa de polipropileno. Identificar adecuadamente y evacuar por un gestor autorizado para este tipo de material.</p>	
8. RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE CONTIENEN PCB	
	<p><b>TIPO:</b> RESIDUO PELIGROSO.</p>
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> En este caso nos referimos a sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a partir de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB.</p>
	<p><b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 170902</p>

	<b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Identificar adecuadamente y evacuar por un gestor autorizado para este tipo de material.
<b>9. RESIDUOS DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS</b>	
	<b>TIPO:</b> RESIDUO PELIGROSO.
	<b>DESCRIPCIÓN:</b> Se incluyen residuos tales como barnices, disolventes, desencofrantes, resinas etc.
	<b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 160507 (productos químicos inorgánicos desechados) ó (productos químicos orgánicos desechados).
	<b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Colocación en un contenedor señalizado adecuadamente y destinarlo a un gestor adecuado. Asegurar el cierre de envases por posible mezcla de contenidos de envases.
<b>10. AEROSOLES</b>	
	<b>TIPO:</b> RESIDUO PELIGROSO.
	<b>DESCRIPCIÓN:</b> En este caso nos referimos a residuos constituidos por envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz porosa sólida peligrosa (ej. amianto).
	<b>CÓDIGO SEGÚN LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS:</b> 150111
	<b>MANIPULACIÓN DEL RESIDUO EN LA OBRA:</b> Colocar en un contenedor adecuadamente señalizado y enviar a un gestor autorizado.

#### 4.3.2. Funcionamiento de una Planta de Tratamiento de RCDs

El proceso que se debe seguir en una Planta de Tratamiento de RCDs es el siguiente:

##### 1. Recepción y control de los materiales de entrada y salida:

A su llegada a planta, los vehículos que realizan el transporte de RCDs así como los que salen de la misma con subproductos, son sometidos a pesaje y control en la zona de recepción. Se registra la cantidad de residuos que entran en planta, su

naturaleza, procedencia y productor. En el caso de subproductos y áridos reciclados que salen de las instalaciones, se registra su destino, receptor, y obra en que son empleados.



### 2. Proceso de Clasificación y Triage primarios:

En una primera fase, se procede a inspeccionar visualmente el material. En función de su naturaleza, grado de mezcla, contaminación con elementos extraños, etc., los RCDs, son sometidos a procesos de tratamiento diferentes, siendo por ello necesario que estén dispuestos en distintos acopios.

Tras la descarga se procede, de manera manual, y en determinados casos con apoyo mecánico, a la separación de elementos de diversa naturaleza y composición, con frecuencia de características distintas a la propia de los escombros. En esta fase se separan materiales y elementos tan diversos como: residuos orgánicos, residuos o envases que tienen naturaleza de residuos tóxicos o peligrosos (latas de disolventes, pinturas, trozos o placas de fibrocementos, etc.), elementos voluminosos (electrodomésticos, muebles y enseres varios, puertas, ventanas, rejas, etc.), neumáticos, vigas de madera o metálicas, etc...

Los materiales separados en este triaje primario son depositados en contenedores o acopios adecuados con vistas a su entrega a gestores o recicladores autorizados.



Un caso excepcional lo constituyen las tierras limpias de excavación, las cuales se depositan en un acopio diferenciado con vistas a su posterior empleo, en: rellenos, jardinería, recuperación paisajística, restauración de taludes, etc..

### 3. Proceso de Triaje secundario:

Tras esta primera selección, el material se incorpora a la línea de triaje, en la cual se lleva a cabo una doble separación, cuya finalidad es limpiar los compuestos pétreos con vistas a la obtención de áridos y zahorras reciclados, que cumplan los estándares de calidad exigibles a su uso en diferentes aplicaciones.

La línea de producción consta de un tromel y de una caseta de selección dispuestos en línea. La primera separación se realiza de un modo mecánico mediante el tromel. Este dispone de un alimentador vibrante, con una luz de paso de 150 mm y en el que se eliminan los materiales más gruesos (tras pasar por un proceso de trituración se vuelven a incorporar a la línea). El alimentador incorpora los materiales a un tambor giratorio conformado por un conjunto de cribas circulares, intercambiables en función de la granulometría deseada en los materiales de salida. El tromel dispone de tres salidas: una para materiales finos (0-15 mm), otra para granulometrías de tipo medio (15-50 mm) y una salida final para los elementos más gruesos. Estas dimensiones pueden variar de una planta a otra.

Estos materiales más gruesos son conducidos a una caseta de selección manual, en la cual una serie de operarios separan los trozos de yesos, maderas, plásticos, y todos aquellos materiales que no sean hormigones, piedras o elementos cerámicos, disponiéndolos en cintas mecánicas que los trasladan a unos contenedores situados debajo de la caseta para su posterior reciclado o eliminación. Acoplada a la línea existe un electroimán, cuya finalidad es la separación de elementos metálicos (restos de ferrallas básicamente).



Esta selección manual se realiza cuando los residuos no han sido clasificados en origen, y llegan mezclados a la planta de tratamiento.





4. Molienda, cribado y clasificación de áridos reciclados:

Una vez se han obtenido materiales limpios (sin maderas, yesos, textiles, plásticos, etc.), se procede a la trituración de los mismos, mediante una machacadora y un molino, y posteriormente se realiza el cribado para su clasificación, según el producto que se quiera obtener.

Entre la machacadora y el molino se incorpora otro electroimán para eliminar los férricos que pudieran haber llegado a esta fase.

5. Eliminación del material de rechazo no apto para su reciclado:

Mezclada entre los RCDs existe una fracción de materiales que no ofrece posibilidad alguna de reciclaje o reutilización. Estos materiales han de ser separados en los procesos de triaje, pues en caso contrario producirían una contaminación del resto de materiales inutilizándolos para su reciclado.

Entre estos materiales destacan todos aquellos agregados a base de yeso, cal o cemento y que incorporan materiales de diversa composición: pétreos, cerámicos, plásticos, madera, etc., restos de aislamientos de carácter no peligroso, trozos de diversos plásticos no reciclables debido a su suciedad (con restos de yeso o de cemento), mezclas de tierra, cal y yeso de determinados obras de derribo de

edificaciones muy antiguas y otros materiales inertes y no reciclables han de ser eliminados con las debidas garantías medioambientales.

El material tratado no apto para su reutilización o reciclaje se deposita en un área de eliminación anexa a la planta (en caso de no contar con ella, se buscará una autorizada). Este proceso se realiza sobre celdas independientes realizadas mediante diques que se van rellenando y restaurando una vez colmatadas, con un mínimo impacto, que en todo caso es muy limitado y de carácter temporal (el tiempo que cada celda tarda en ser rellenada). En la base de cada una de las células se creará un sistema de drenaje en forma de raspa de pez que desemboca en una balsa, que servirá para realizar los controles de calidad oportunos.

### 6. Materiales reciclables:

Los materiales aptos para ser reciclados, tales como: metales, maderas, plásticos, cartones etc., son reintroducidos en el ciclo comercial correspondiente, a través de empresas especializadas en cada caso.

En el caso de residuos orgánicos y basuras domésticas, éstos son enviados a las instalaciones de tratamiento de RSU más próximas a la Planta de Tratamiento.

Los residuos tóxicos y peligrosos son retirados por gestores autorizados.

## **RECICLAJE**

## CAPÍTULO 5. RECICLAJE

El reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, macro económico y para eliminar de forma eficaz los desechos.

Regla de las tres erres:

**Reducir:** Si *reducimos* el problema, disminuimos el impacto en el medio ambiente. Los problemas de concientización habría que solucionarlos empezando por ésta *erre*. La reducción puede realizarse en 2 niveles: reducción del consumo de bienes o de energía. De hecho, actualmente la producción de energía produce numerosos desechos (desechos nucleares, dióxido de carbono...). El objetivo sería:

- Reducir o eliminar la cantidad de materiales destinados a un uso único (por ejemplo, los embalajes).
- Adaptar los aparatos en función de sus necesidades (por ejemplo poner lavadoras y lavavajillas llenos y no a media carga).
- Reducir pérdidas energéticas o de recursos: de agua, desconexión de aparatos eléctricos en *stand by*, conducción eficiente, desconectar transformadores, etc.

*Ejemplo:* *reducir* la emisión de gases contaminantes, nocivos o tóxicos evitará la intoxicación animal o vegetal del entorno si llega a cotas *no nocivas*. Países europeos trabajan con una importante política de la reducción, y con el lema: La basura es alimento' (*para la tierra*)" producen productos sin contaminantes (100% biodegradables), para que cuando acabe su vida útil no tenga impacto en el medio, o éste sea lo más *reducido* posible.

**Reutilizar:** Segunda *erre* más importante, igualmente debido a que también *reduce* impacto en el medio ambiente, indirectamente. Ésta se basa en *reutilizar* un objeto para darle una segunda vida útil. Todos los materiales o bienes pueden tener más de una vida útil, bien sea reparándolos para un mismo uso o con imaginación para un uso diferente.

**Reciclar:** Ésta es la *erre* más popular debido a que el sistema de consumo actual ha preferido usar envases de materiales reciclables (plásticos y bricks, sobre todo), pero no biodegradables. De esta forma se genera empleo en el proceso.

*Ejemplo:* El vidrio y la mayoría de plásticos se pueden reciclar calentándolos hasta que se funden, y dándoles una nueva forma. Es como utilizar algo de su principio. En el caso del vidrio en concreto, el ciclo de reciclaje es infinito: de una botella se obtiene otra botella.

**ACERO**

RECICLAJE Y PAVIMENTOS

## **CAPÍTULO 6. ACERO**

### **¿Qué es el Acero?**

*El Acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados.*

Ya que el acero es básicamente hierro altamente refinado (más de un 98%), su fabricación comienza con la reducción de hierro (producción de arrabio) el cual se convierte más tarde en acero.

El hierro puro es uno de los elementos del acero, por lo tanto consiste solamente de un tipo de átomos. No se encuentra libre en la naturaleza ya que químicamente reacciona con facilidad con el oxígeno del aire para formar óxido de hierro. El óxido se encuentra en cantidades significativas en el mineral de hierro, el cual es una concentración de óxido de hierro con impurezas y materiales térreos.

### **PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ACERO**

#### **Evolución del consumo mundial de acero (2005)**

El consumo mundial de productos de acero acabados en 2005 registró un aumento de aproximadamente un 6% y supera actualmente los mil millones de toneladas. La evolución del consumo resulta sumamente dispar entre las principales regiones geográficas. China registró un incremento del consumo aparente del 23% y representa en la actualidad prácticamente un 32% de la demanda mundial de acero. En el resto, tras un año 2004 marcado por un significativo aumento de los stocks motivado por las previsiones de incremento de precios, el ejercicio 2005 se caracterizó por un fenómeno de reducción de stocks, registrándose la siguiente evolución: -6% en Europa (UE25), -7% en Norteamérica, 0% en Sudamérica, +5% en CEI, +5% en Asia (excluida China), +3% en Oriente Medio.

### **Producción mundial de acero (2005)**

La producción mundial de acero bruto en 2005 ascendió a 1.129,4 millones de toneladas, lo que supone un incremento del 5,9% con respecto a 2004. Esa evolución resultó dispar en las diferentes regiones geográficas. El aumento registrado se debe fundamentalmente a las empresas siderúrgicas chinas, cuya producción se incrementó en un 24,6%, situándose en 349,4 millones de toneladas, lo que representa el 31% de la producción mundial, frente al 26,3% en 2004. Se observó asimismo un incremento en India (+16,7%). La contribución japonesa se ha mantenido estable. Asia en conjunto produce actualmente la mitad del acero mundial. Mientras que el volumen de producción de las empresas siderúrgicas europeas y norteamericanas se redujo en un 3,6% y un 5,3% respectivamente.

La distribución de la producción de acero en 2005 fue la siguiente según cifras estimadas por el *International Iron and Steel Institute* (IISI) en enero de 2006:

#### **6.1. RECICLAJE DEL ACERO**

Todos los metales, y el acero entre ellos, tienen una propiedad que desde el punto de vista medioambiental es muy buena: pueden ser reciclados. De esta manera todas las máquinas, estructuras, barcos, automóviles, trenes, etc., se pueden desguazar al final de su vida útil y se separan los diferentes materiales que los componen, originando unos desechos seleccionados que se conocen con el nombre de chatarra.



Esta chatarra se prensa y se hacen grandes bloques compactos en las zonas de desguace que se envían nuevamente a las acerías, donde se consiguen nuevos productos siderúrgicos.



Una vez separados del resto de residuos, los de acero, que conforman la llamada chatarra férrea, pasan por un proceso de adecuación que les va a permitir llegar en condiciones idóneas a las acerías. Una vez comprobado que responden a las exigencias necesarias, se compactan para facilitar su manejo y transporte a uno de los dos destinos siguientes:

- **acerías de cabecera:** estas instalaciones, también llamadas siderurgias integrales, son las que fabrican el acero según el proceso tradicional de horno alto. Utilizan entre un 20% y un 30% de chatarra férrea para conseguir acero nuevo. Hace años, se procedía a un desestañado para separar este metal en los productos de hojalata pero en la actualidad se emplea una cantidad tan pequeña de estaño que ya no es necesario suprimirla.

- **acerías eléctricas:** en estas instalaciones ya no se procede a la obtención del arrabio sino que se funde directamente el acero recuperado. El elemento básico es el horno eléctrico, que produce la temperatura necesaria para fundir la chatarra férrea, ingrediente principal, si no exclusivo, de este sistema. En menos de una hora los desechos de acero, de los que los envases representan una parte muy pequeña, se han reciclado y convertido en la materia prima para nuevas utilidades. El 72% de la producción española de acero de 1999 provenía de las acerías eléctricas y esta proporción sigue creciendo poco a poco cada año.

Las acerías eléctricas no utilizan pesados equipos como los de aglomeración del mineral, las coquerías o los altos hornos, y contribuyen además a un ahorro importante de energía.



Colada continua en una acería

#### INGREDIENTES DEL ACERO:

Las materias primas fundamentales para fabricar acero son el mineral de hierro y el carbón.

- **Mineral de hierro** es una roca compuesta fundamentalmente por óxidos y carbonatos de hierro (hierro+oxígeno y hierro+carbono). Es necesario aglomerarlo a alta temperatura con la ayuda de fundentes como la caliza. Se obtiene así el "sinter", que es la carga principal del horno alto.

- **Carbón** constituye la materia prima del coke siderúrgico, combustible utilizado en la fabricación del acero. Los carbones de calidad adecuada se destilan en el horno de coquización, una cámara cerrada que trabaja en ausencia de aire y a altas temperaturas. Varios de estos hornos conforman las baterías de coke, de donde se obtienen subproductos como el gas, el alquitrán o el bencol.

- **Fundentes** son unos elementos que se añaden al proceso para facilitar la formación de escorias y la correcta fusión. Las calizas son las más importantes.

Estos tres materiales constituyen la carga del horno alto.



## EL HORNO ALTO

El horno alto es la **pieza clave del proceso siderúrgico**. Se trata de un enorme reactor térmico que proporciona la base para obtener el acero bruto.

Cuando el mineral se carga en el horno alto con coke, el aire insuflado a alta temperatura (más de 1.200°C) activa la combustión y permite depurar el mineral. Los óxidos de hierro se reducen a hierro puro al perder su oxígeno. La combinación inmediata con el carbono contenido en el coke produce una colada líquida, denominada **arrabio**, que a la salida del horno tiene una temperatura de 1.350°C.

El arrabio se cuela periódicamente por el crisol, que es la parte inferior del horno. Esto permite separar la **escoria**, menos densa y compuesta por los desechos del proceso. La escoria se aprovecha y se utiliza, por ejemplo, para firmes de carretera.



## EL CONVERTIDOR

La masa fundida en el alto horno se vierte después en el convertidor, un gran recipiente cilíndrico revestido de material refractario. Allí tiene lugar el proceso fundamental de **oxidación-reducción** de los contenidos en carbono, manganeso, silicio, fósforo y azufre.

Una inyección de oxígeno causa la **transformación química del arrabio**, quemando el carbono y las impurezas residuales que todavía tiene la colada. Provoca

un enorme aporte calórico (hasta 1.700°C) que ha de ser controlado con la **adición de chatarra** (del 20% al 30%) para mantener la temperatura precisa. La chatarra procede de la propia industria siderúrgica y de aportes externos, entre ellos los envases usados de hojalata.

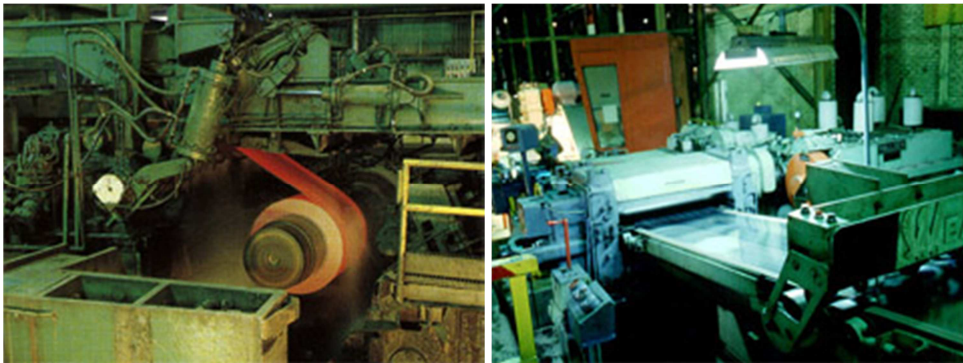
El producto resultante es el **acero bruto**, cuyo punto de fusión es de unos 1.600°C. También se obtiene una escoria reutilizable y gas depurado de alto valor energético.



### LA COLADA CONTINUA

El acero bruto es objeto de una operación de afinado para mejorar su composición química mediante aditivos como el aluminio y el manganeso.

La colada procedente del convertidor se vierte en moldes rectangulares de donde sale de forma continua, con el exterior ya solidificado, por medio de rodillos. Al final de la instalación, los lingotes se han solidificado por completo y son una gruesa lámina de acero de entre 20 y 25 cm de espesor. Seguidamente se cortan en planchones de la medida deseada.



### LAMINACION EN FRIO Y EN CALIENTE

De camino hacia el tren de bandas de laminación en caliente, los grandes planchones de acero se recalientan a 1.200°C para que de nuevo se ablanden. Se van estirando y afinando al pasar por los cilindros de laminación, que comprimen la plancha. Al final de este proceso termodinámico, el espesor de la lámina de acero, enrollada en bobinas, se sitúa entre 1,2 y 5 mm.

Un segundo proceso de laminación, pero esta vez en frío, sirve para que el acero tenga el espesor exacto requerido por el cliente. De nuevo se ve estirado y aplastado y el espesor final puede ser hasta 10 veces menor que el de las bobinas anteriores. En el caso del acero para envases, el calibre es de tan sólo 0,09 mm.

Concluida esta segunda laminación, el producto es objeto de un recocido final: calentado a 800°C, el metal recobra las propiedades mermadas durante la laminación en frío, en especial su ductilidad.

Se estima que la chatarra reciclada cubre el 40% de las necesidades mundiales de acero (cifra de 2006).

En todo el proceso de reciclado hay que respetar las normas sobre prevención de riesgos laborales y las de carácter medioambiental. Al ser muy alto el consumo de electricidad, el funcionamiento del horno de fundir debe programarse hacerse cuando la demanda de electricidad es menor. Por otro lado, en la entrada de los camiones que transportan la chatarra a las industrias de reciclaje tiene que haber detectores de radioactividad, así como en diferentes fases del proceso.

El comercio de chatarra es un buen negocio que suministra materiales de segunda mano para su reutilización o reciclaje. La chatarra es un recurso importante, sobre todo porque recorta el gasto de materias primas y el de energía empleado en procesos como la fabricación del acero.

### EL MATERIAL MÁS RECICLADO DEL MUNDO

El acero es el material más reciclado en el mundo, y esto ha venido sucediendo desde mucho antes de que existiera la actual conciencia ecológica. El proceso de fabricación del acero requiere grandes cantidades de chatarra y que los hornos eléctricos trabajen casi por completo con chatarra.

Todos los envases de hojalata acaban reciclándose: convirtiéndose en parte de un coche, de una lavadora, de un pavimento, de una viga o de otra lata. La siderurgia es una industria esencialmente recicladora.

Características del reciclado del acero:

- Se recicla todo lo que se recupera.
- El acero se puede reciclar cuantas veces se quiera sin que pierda ni se deteriore ninguna de sus características en cada ciclo.
- El coste del reciclado es económicamente rentable.
- El reciclado es una necesidad de la industria siderúrgica.

Las instalaciones de tratamiento de la basura en masa, dedicadas a la fabricación de compost, siguen siendo, con una incidencia del 42%, la primera fuente de obtención de envases de acero domésticos usados. La Comunidad Valenciana, Andalucía y Madrid figuran en cabeza y aportan entre las tres casi la mitad de este material.

La segunda vía de obtención es la recogida selectiva mediante contenedor amarillo, que este año alcanza una cuota del 27,8%, lo que representa un ligero crecimiento frente al 25,8% del ejercicio anterior. Madrid, Cataluña y Andalucía están por delante del resto de Comunidades en esta modalidad.

Las plantas incineradoras, pese a ser escasas en España, proporcionaron en 2009 el 16% de los envases recuperados, con Cataluña en cabeza.

Por último, la cuarta fuente de obtención de los residuos está integrada por las empresas de chatarrería, que recuperaron, mediante diferentes sistemas, el 14,2% del total.

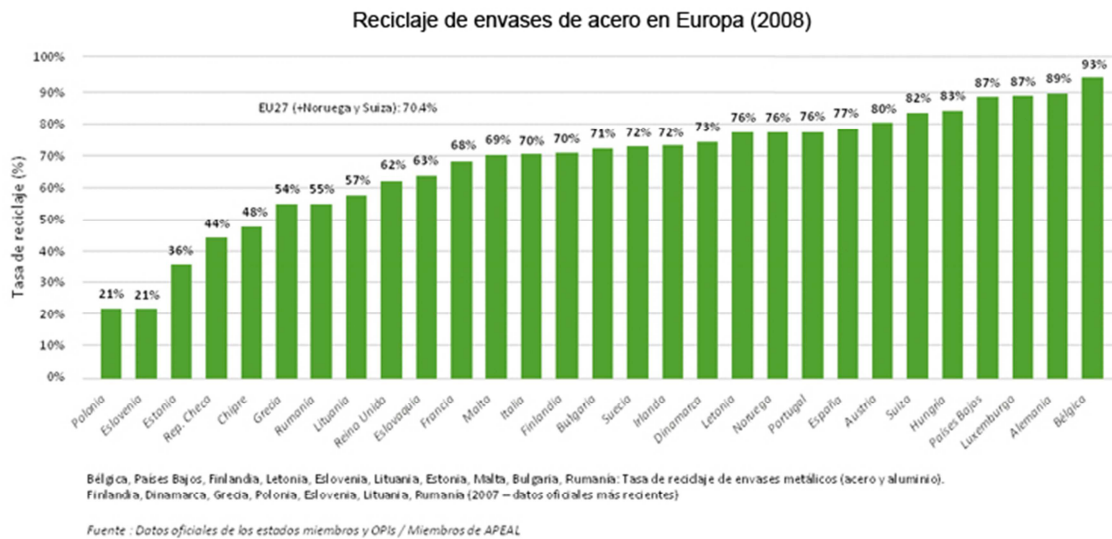
Es muy importante señalar que más de 125.000 toneladas de envases de acero, el 54,2% de todo lo recuperado, han sido objeto, a lo largo de 2009, de un tratamiento específico (fragmentación y limpieza y, en algunos casos, desestañado electrolítico posterior) como paso previo a su consumo en acerías.

Esta actividad tiene como finalidad mejorar la calidad de la chatarra de envases de acero, y cuenta en la actualidad con siete plantas plenamente operativas. El material que sale de estas instalaciones cumple unas especificaciones técnicas muy estrictas y arroja contenidos en hierro (Fe) cercanos al 99%, por lo que tiene una calidad muy superior a la de los envases que se han llevado tradicionalmente a la siderurgia para su reciclado. (Información obtenida de <http://www.ecoacero.com>).



## VENTAJAS DEL RECICLADO DEL ACERO

Cuanto más envases de acero se recuperan, más cantidad se está reciclando, porque la chatarra férrica es indispensable para el proceso metalúrgico. Tanto para la acería integral como para la acería eléctrica, la chatarra es una materia prima esencial. Por cada tonelada de acero usado que reciclamos, ahorramos una tonelada y media de mineral de hierro y unos 500 kilogramos del carbón que se emplea para hacer el coke. Si hablamos de energía, el ahorro es del 70% y en cuanto al agua el consumo se ve reducido en un 40%. El beneficio para el entorno es evidente. Todos debemos contribuir, como consumidores, al reciclado de los materiales que integran nuestra vida diaria y, muy en particular, el sector de los envases. Preservar las materias primas y mantener el equilibrio de la naturaleza es una obligación que tenemos que asumir para que las generaciones futuras también puedan disfrutar del entorno.





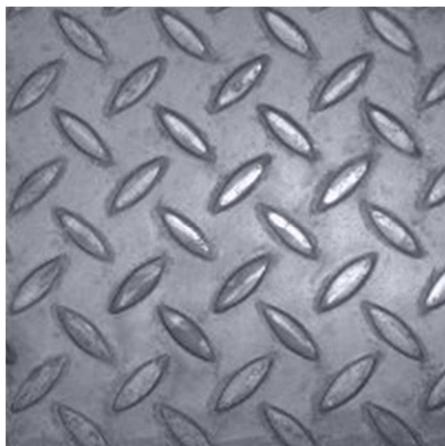
## 6.2. PAVIMENTO DE ACERO

Placa de acero estructural de piso con un patrón en relieve de un lado para dar una excelente resistencia al deslizamiento. Suele usarse en plataformas metálicas como por ejemplo puentes sobre grandes máquinas, para acceder a las distintas partes de ellas, revestimientos de ascensores o montacargas, etc.

### VENTAJAS:

- Resistente al desgaste.
- Antideslizante.
- Facilidad de limpieza, lo que ayuda a reducir la corrosión y prolongar la vida útil del piso.
- Facilidad para darle la forma deseada y las propiedades de la soldadura.

Se puede encontrar en placas de dimensiones 1000mm x 2000mm, 1250mm x 2500mm, y 1500mm x 3000mm, con un espesor variable entre 3mm y 12.5mm. (Pueden variar según fabricante).



**Chapa antideslizante de acero**

**ALUMINIO**

**RECICLAJE Y PAVIMENTOS**

## CAPÍTULO 7. ALUMINIO

El Aluminio es un material de baja densidad ( $2.700 \text{ Kg/m}^3$ ), buen conductor de la electricidad y el calor, resistente a la corrosión (por lo que nunca se oxida), muy dúctil y maleable, abundante en la naturaleza y es uno de los materiales con más rendimiento en aplicaciones finales. También es el metal no férreo más utilizado y fácil de reciclar.

A nivel mundial, la mayor parte del aluminio primario se produce por electrolisis a partir de la alúmina empleando preferentemente energía hidroeléctrica renovable, reduciendo la bauxita a alúmina, en una relación de 4 a 1, es decir, de cada 4 toneladas de bauxita se obtiene 1 tonelada de aluminio. Según su origen, la bauxita contiene proporciones diferentes de óxido de aluminio. Los principales yacimientos de bauxita se encuentran en los cinturones subtropicales en ambos lados del Ecuador, en países como Australia, Sierra Leona, India, Indonesia, Brasil, etc. Aunque menos importantes, también hay yacimientos en Estados Unidos, China y algunos países europeos.

Para producir aluminio, el primer paso es la transformación (reducción) de la bauxita en óxido de aluminio o alúmina. Para ello se calienta la bauxita con sosa cáustica a alta presión y temperatura (entre  $100$  y  $320^\circ\text{C}$ ) y se obtiene aluminato sódico. Al mismo tiempo se sedimentan óxidos de hierro, óxidos de titanio y ácido silícico formando el llamado barro rojo que tiene un pH muy alto.

El siguiente paso es calcinar el aluminato sódico con hidróxido de aluminio a  $1000^\circ\text{C}$  para obtener el óxido de aluminio en forma de polvo, compuesto en un 50% por aluminio y un 50% de oxígeno. Por último, mediante un proceso electrolítico, el óxido de aluminio se convierte en aluminio puro. En esta operación se utiliza fluoruro de sodio-aluminio para bajar el punto de fusión del óxido de aluminio a menos de  $1000^\circ\text{C}$ . Mediante corriente continua, la alúmina se descompone en aluminio metálico y oxígeno molecular. Este último se deposita en el ánodo de grafito y se quema, mientras que el aluminio se concentra en el cátodo. El metal se retira para mezclarlo con diferentes elementos según sea su aplicación.

Es importante destacar que en los últimos 35 años el consumo energético para la obtención de aluminio a partir de la bauxita se ha reducido un 30% y que el 62% de la producción en el mundo occidental utiliza tecnología limpia y energía hidroeléctrica

---

renovable. Asimismo, la reducción de espesor de muchos productos, y en particular los de consumo, lo convierten en uno de los materiales con más rendimiento en aplicaciones finales.

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

La vida útil de los productos de aluminio abarca desde unos meses para envases como las latas de bebida, hasta décadas, como es el caso de estructuras fijas, como por ejemplo marcos de ventanas o fachadas de edificios.

### ¿QUÉ RESIDUOS CONTIENEN ALUMINIO?

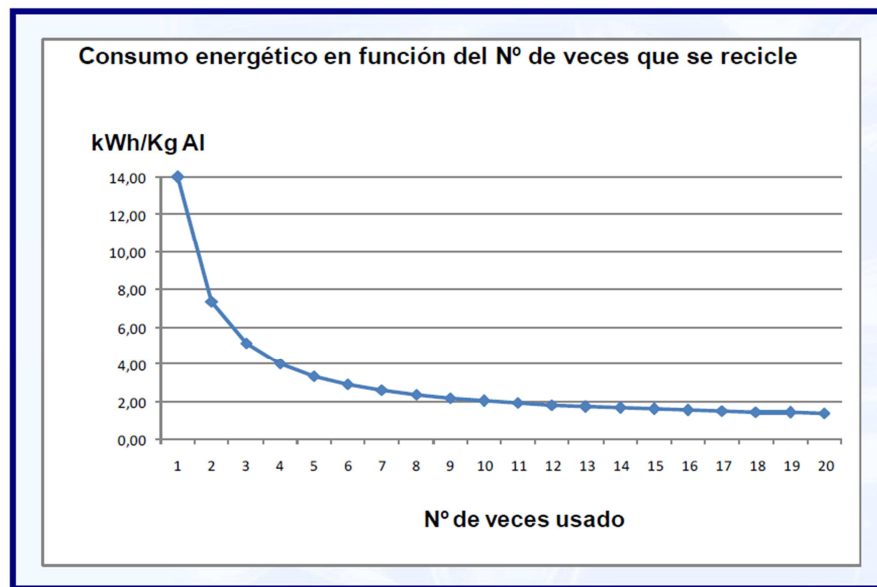
De entre todos los residuos que generamos, podemos encontrarlo en:

- Latas/botes de bebidas
- Papel de Aluminio
- Aerosoles
- Envases semirrígidos
- Mamparas,
- Marcos de ventanas
- Etc.

### VENTAJAS DEL ALUMINIO RECICLADO

Debido al considerable ahorro producido durante el reciclado y a la sencillez del proceso, el aluminio se empezó a reciclar muy pronto y hoy en día es una actividad normal, técnicamente resuelta y rentable.

- Al producir aluminio a partir de chatarra existe un ahorro del 95% de la energía si se compara con la producción a partir del mineral.



- En el proceso de reciclado no cambian las características del material ya que se obtiene un producto con las mismas propiedades. Además, el aluminio puede reciclarse indefinidamente y sin disminuir la calidad del mismo.
- El 100% del material puede ser reciclado indefinidamente sin disminuir su calidad, ya que no se descompone en presencia de agua ni se altera por el contacto con el aire.
- En el proceso de reciclado de latas no hay que eliminar otro tipo de materiales, ya que tanto la tapa como la lata son de aluminio; en general, un producto es más fácil de reciclar si está compuesto por un único material.
- Las latas vacías se pueden aplastar fácilmente, ocupando muy poco volumen, por lo que son fáciles de transportar.
- Se evita la colmatación de vertederos, ya que todos los residuos de aluminio recuperados se reciclan en su totalidad.
- Minimiza la generación de emisiones tanto directas como indirectas, de forma que cuando se produce una tonelada de aluminio reciclado se evita aproximadamente:
  - La producción de 1.370 Kg de residuos de bauxita.
  - La emisión de 9.800 Kg de CO<sub>2</sub>.
  - La emisión de 64 Kg de SO<sub>2</sub>.

El reciclado es un proceso rentable porque el aluminio es un metal valioso: por ejemplo, las latas de bebidas usadas recogidas alcanzan un alto valor en el mercado.

Reutilización indefinida: El aluminio recuperado, una vez seleccionado y prensado, se funde y con él se fabrican nuevos lingotes de aluminio que se utilizan para cualquier aplicación.



Fuente: [Organización Europea de Refinadores y Refundidores de Aluminio](#)

En Europa aproximadamente el 50% del aluminio utilizado para la producción de latas de bebida y otros envases, proviene del reciclaje de aluminio.

Origen	Toneladas - 2009
Recuperadores Tradicionales (Estudio ARPAL)	4.279
Escorias de Incineración (Estudio ARPAL)	1.735
Plantas de Selección (ECOEMBES)	3.450
Plantas de R.S.U. (ECOEMBES)	2.831
Recogida Complementaria (ECOEMBES)	1.117
<b>Total Recuperación 2009</b>	<b>13.412</b>





## 7.1. PROCESO DE RECICLAJE

### Pretratamiento y Fundición.

#### a) Recepción y Pretratamiento del material recuperado.

Desde la planta de selección se envían los envases al recuperador donde se realizan una serie de operaciones de tratamiento específico, clasificado y prensado según categorías, para su envío posterior a la planta refinadora de aluminio, para la elaboración de nuevos lingotes de diferentes formatos.





Previamente se realiza el correspondiente registro documental del material enviado desde la planta de selección y posteriormente se almacena de forma temporal para su pretratamiento, antes de envío a fundición. A fin de minimizar el impacto medioambiental de las emisiones del horno del refinador, y aumentar notablemente la calidad del producto, el recuperador realiza una serie de procesos. Principalmente se tritura en pequeños fragmentos de tamaño variable para facilitar y garantizar una rápida fusión en horno.

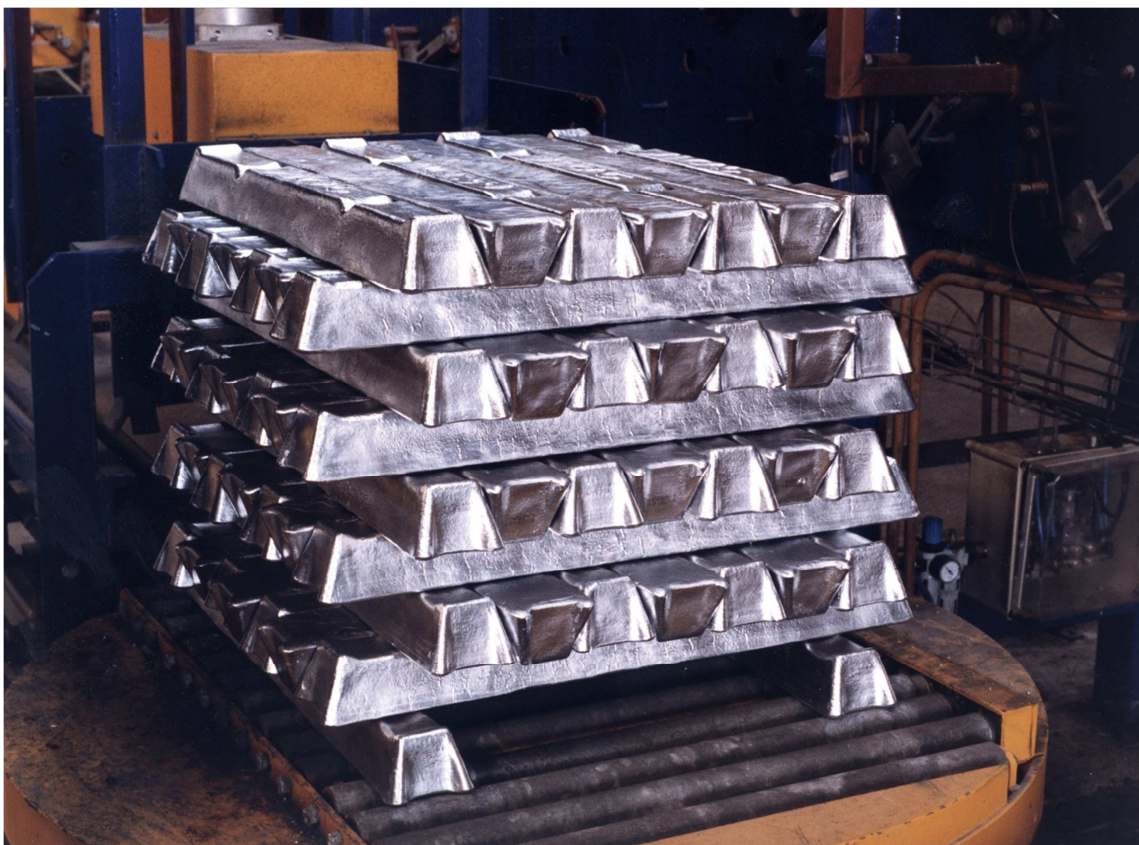
Seguidamente mediante un tratamiento de limpieza del producto con diversas técnicas, se eliminan sustancias orgánicas, aceites y otros elementos que dificulten la fusión, produzcan aumento en las emisiones y afecten a la calidad del producto. Un pretratamiento adecuado del producto es básico para la obtención de un lingote de calidad libre de aceites y cloro. El recuperador con estos procesos mejora la calidad suministrada mejorando el proceso del refinador (cliente).

### **b. Fundición.**

El recuperador remite a fundición el material una vez está preparado y tratado para el proceso de fusión. El producto se introduce en un horno cuya tecnología depende entre otras de las características del material recibido, emisiones y rendimiento. De forma general los hornos habitualmente utilizados para la producción de aluminio reciclado son los hornos de reverbero, rotativos fijos, rotativos basculantes y eléctricos. Concretamente el horno de reverbero es la tecnología más extendida, de forma que se quema combustible en uno de los extremos de la cámara del horno que está cubierta por una bóveda de ladrillo refractario que reverbera o refleja el calor producido mediante radiación, consiguiendo la fusión del metal o aleación, en este caso el aluminio.

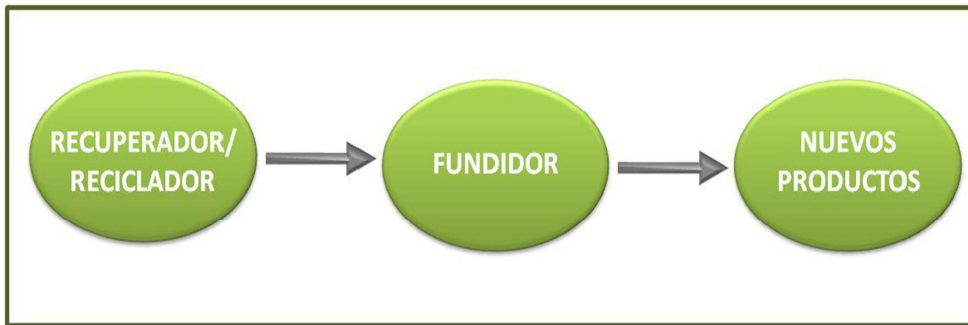


Finalmente, el producto obtenido en forma de lingotes permite la conformación de piezas de aluminio por diversas tecnologías de moldeo. En nuestro caso, los lingotes irán a fábricas donde serán transformados en pavimento. (Información obtenida de <http://www.aluminio.org>)



Lingotes de Aluminio

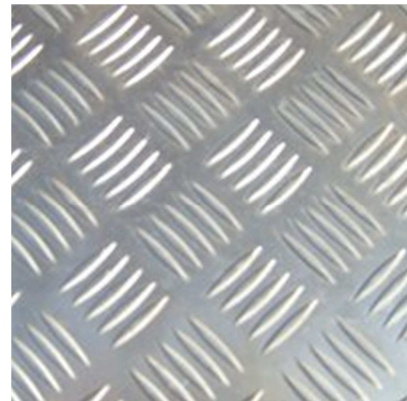
En el siguiente gráfico se resume el proceso de forma esquemática:



## 7.2. PAVIMENTO DE ALUMINIO – CHAPAS / PLANCHAS

### DESCRIPCIÓN

Pavimento de aluminio, con relieve en una cara para dar una excelente resistencia al deslizamiento y crear una superficie autodrenante que es fácil de limpiar. Si son de un espesor igual o inferior a 8mm, se denominan chapas, si el espesor es mayor de 8mm reciben el nombre de planchas.

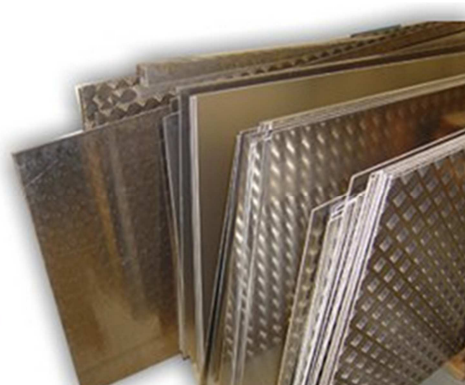


### APLICACIONES

Se utiliza normalmente como pavimento, pero puede ser utilizado verticalmente por razones de protección o decorativos.

### VENTAJAS

- Resistente al desgaste.
- Ligero.
- Antideslizante.
- Superficie de autodrenaje.



- Resistente a la corrosión.
- Fácil limpieza.
- Higiénico.
- Bajo mantenimiento.
- Acabado decorativo.
- Antiestático.

Las placas suelen ser de gran tamaño, y se cortan según la necesidad pueden encontrar en diferentes espesores, y cortarlas a la medidas que necesitemos. Las dimensiones pueden variar dependiendo del fabricante.

Espesor	Dimensiones	Material
3.0mm	2440mm x 1220mm	Aluminio
4.5mm	2440mm x 1220mm	Aluminio
6.4mm	2440mm x 1220mm	Aluminio

Tomando como referencia las placas de 4.5mm, y teniendo en cuenta que la densidad del aluminio es de 2.700 Kg/m<sup>3</sup> para pavimentar 100 m<sup>2</sup> necesitaríamos, 1215 Kg de aluminio.

Si tenemos en cuenta que para fabricar 1Tn de aluminio nuevo se requieren las siguientes cantidades de materia prima y de energía:

- 4.385 Kg de bauxita (óxido de aluminio hidratado)
- 510 Kg de coque (carbón de piedra o bituminoso coquizado)
- 483 Kg de carbonato de sodio anhidro

- 163 Kg de alquitrán
- 119 Kg de cal
- 15.000 Kw/h

Se requiere también dar tratamiento o eliminar lo siguiente:

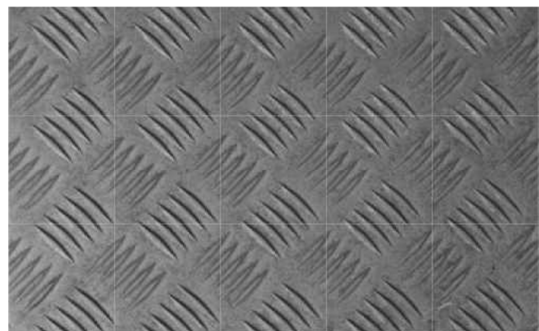
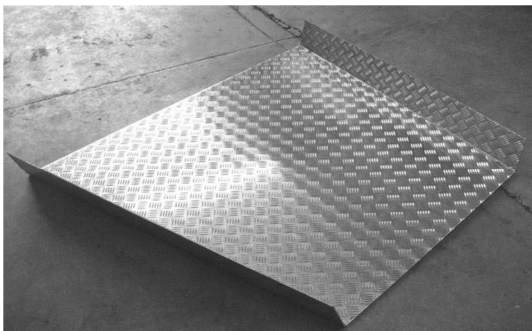
- 1.646,00 Kg de lodos rojos
- 1.450,86 Kg de dióxido de carbono
- 40,52 Kg de contaminantes del aire
- 394,74 Kg de desechos sólidos

**Y como hemos comentado anteriormente, para fabricar aluminio ahorramos:**

- 95% del consumo de agua
- 95% del consumo de energía
- 95% de contaminantes atmosféricos

Por lo tanto, para fabricar los 1250 Kg necesarios para pavimentar 100 m<sup>2</sup>, ahorraríamos:

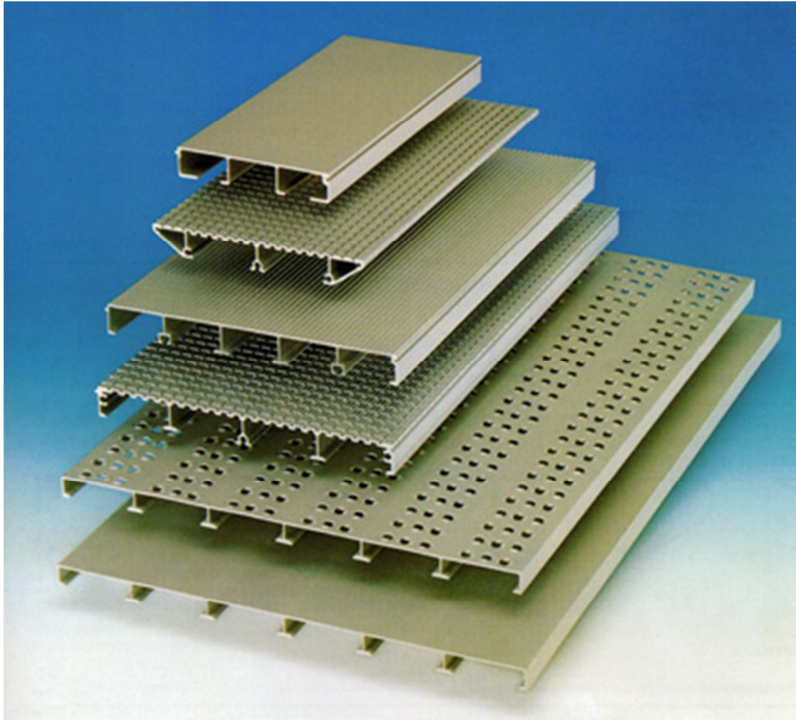
- 17812,50 Kw/h de energía
- El 100% de los materiales iniciales
- Se habrían aprovechado 1250 Kg de residuos



Pavimento de aluminio

### 7.3. PAVIMENTO DE ALUMINIO - PERFILES

Perfiles fabricados por extrusión, para la formación de peldaños ó pasarelas.



ÁRIDOS RCDs  
RECICLAJE Y PAVIMENTOS

## CAPITULO 8. ÁRIDOS RCDs

### 8.1. OBTENCIÓN DE ARIDOS

El proceso de obtención en una Planta de Tratamiento de RCDs (información más ampliada en el punto 4.3) es el siguiente:

1. Recepción y control de los materiales de entrada y salida:

A su llegada a planta, los vehículos que realizan el transporte de RCDs así como los que salen de la misma con subproductos, son sometidos a pesaje y control en la zona de recepción. Se registra la cantidad de residuos que entran en planta, su naturaleza, procedencia y productor. En el caso de subproductos y áridos reciclados que salen de las instalaciones, se registra su destino, receptor, y obra en que son empleados.

2. Proceso de Clasificación y Triage primarios:

Tras la descarga se procede, de manera manual, y en determinados casos con apoyo mecánico, a la separación de elementos de diversa naturaleza y composición, con frecuencia de características distintas a la propia de los escombros.

3. Proceso de Triage secundario:

Tras esta primera selección, el material se incorpora a la línea de triaje, en la cual se lleva a cabo una doble separación, cuya finalidad es limpiar los compuestos pétreos con vistas a la obtención de áridos y zahorras reciclados, que cumplan los estándares de calidad exigibles a su uso en diferentes aplicaciones.

La línea de producción consta de un tromel y de una caseta de selección dispuestos en línea. La primera separación se realiza de un modo mecánico mediante el tromel. El alimentador incorpora los materiales a un tambor giratorio conformado por un conjunto de cribas circulares, intercambiables en función de la granulometría deseada en los materiales de salida. El tromel dispone de tres



salidas: una para materiales finos (0-15 mm), otra para granulometrías de tipo medio (15-50 mm) y una salida final para los elementos más gruesos. Estas dimensiones pueden variar de una planta a otra.

Estos materiales más gruesos son conducidos a una caseta de selección manual, en la cual una serie de operarios separan los trozos de yesos, maderas, plásticos, y todos aquellos materiales que no sean hormigones, piedras o elementos cerámicos, disponiéndolos en cintas mecánicas que los trasladan a unos contenedores situados debajo de la caseta para su posterior reciclado o eliminación. Acoplada a la línea existe un electroimán, cuya finalidad es la separación de elementos metálicos (restos de ferrallas básicamente).

Esta selección manual se realiza cuando los residuos no han sido clasificados en origen, y llegan mezclados a la planta de tratamiento.

#### 4. Molienda, cribado y clasificación de áridos reciclados:

Una vez se han obtenido materiales, se procede a la trituración de los mismos, mediante una machacadora y un molino, y posteriormente se realiza el cribado para su clasificación, según el producto que se quiera obtener.

Entre la machacadora y el molino se incorpora otro electroimán para eliminar los férricos que pudieran haber llegado a esta fase.

#### 5. Eliminación del material de rechazo no apto para su reciclado:

Mezclada entre los RCDs existe una fracción de materiales que no ofrece posibilidad alguna de reciclaje o reutilización. Estos materiales han de ser separados en los procesos de triaje, pues en caso contrario producirían una contaminación del resto de materiales inutilizándolos para su reciclado.

Entre estos materiales destacan todos aquellos agregados a base de yeso, cal o cemento y que incorporan materiales de diversa composición: pétreos, cerámicos, plásticos, madera, etc., restos de aislamientos de carácter no peligroso, trozos de diversos plásticos no reciclables debido a su suciedad (con restos de yeso o de cemento), mezclas de tierra, cal y yeso de determinados obras de derribo de

edificaciones muy antiguas y otros materiales inertes y no reciclables han de ser eliminados con las debidas garantías medioambientales.

El material tratado no apto para su reutilización o reciclaje se deposita en un área de eliminación. Este proceso se realiza sobre celdas independientes realizadas mediante diques que se van rellenando y restaurando una vez colmatadas, con un mínimo impacto, que en todo caso es muy limitado y de carácter temporal (el tiempo que cada celda tarda en ser rellenada).

Según los datos recogidos en el II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (II PNRCD) incluido en el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2007-2015 puede estimarse que los residuos de construcción y demolición generados en España entre los años 2001 y 2005 son los que se detallan en la siguiente tabla:

Tipo de obra	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Edificación:</b>	17.667.189	17.495.175	20.298.601	23.054.631	25.427.665
<b>Obra civil</b>	6.543.403	6.479.649	7.518.000	8.538.752	9.417.654
<b>Total RCD generados</b>	<b>24.210.592</b>	<b>23.974.824</b>	<b>27.816.601</b>	<b>31.593.383</b>	<b>34.845.319</b>

*Generación de residuos de construcción y demolición. Fuente: II PNIR*

Se puede establecer que la generación de RCD en España ha crecido en los cinco años analizados a un ritmo medio del 8,7% anual.

La fuerte bajada en la actividad constructiva experimentada en los últimos años a consecuencia de la crisis económica, ha cambiado esta tendencia, y de acuerdo con datos del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, los RCD generados en el período 2007-2009 se muestran en la tabla a continuación:

	<b>AÑO 2007</b>	<b>AÑO 2008</b>	<b>AÑO 2009</b>
Total RCD generados	42.000.000	32.000.000	23.000.000

*Generación de residuos de construcción y demolición (2007-2009). Fuente: MARM*

En el año 2009, el número de instalaciones de gestión de RCD se elevaba a 120, distribuidas en las diferentes Comunidades Autónomas como se recoge en la siguiente tabla:

<b>Plantas de RCD en España</b>	
Andalucía	25
Asturias	4
Aragón	4
Baleares	3
Canarias	3
Cantabria	1
Castilla-La Mancha	3
Castilla y León	5
1 Cataluña	31
Extremadura	3
Galicia	5
La Rioja	1
Madrid	12
Murcia	1
Navarra	6
País Vasco	4
Valencia	9
<b>Total</b>	<b>120</b>

*Instalaciones de Gestión de RCD's. Fuente: GERD.*

Se recogen a continuación los datos publicados en el II PNRCD sobre la gestión de residuos de construcción y demolición entre los años 2002 y 2005.

	<b>2002</b>		<b>2003</b>		<b>2004</b>		<b>2005</b>	
	Reciclado	Vertedero	Reciclado	Vertedero	Reciclado	Vertedero	Reciclado	Vertedero
<b>TOTAL</b>	<b>375.106</b>	<b>6.502.428</b>	<b>333.640</b>	<b>7.519.755</b>	<b>519.370</b>	<b>4.978.410</b>	<b>1.769.836</b>	<b>8.544.578</b>

*Gestión de residuos RCD's (2002-2005). Fuente: MARM*

A partir de los datos recogidos en la tabla anterior, se puede comparar la gestión de este tipo de residuos realizada por diferentes países de la Unión Europea.

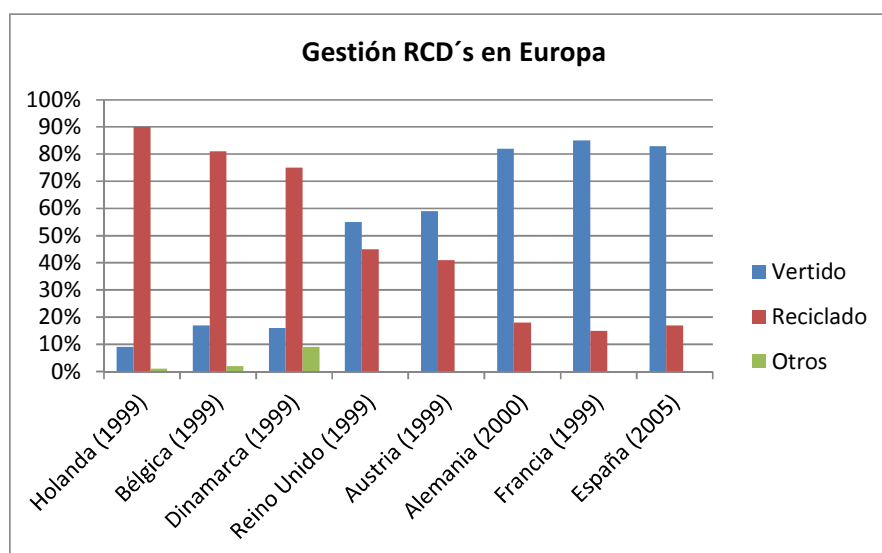
En algunos países, como Dinamarca, Países Bajos o Bélgica, se está fomentando el reciclaje sobre otros destinos como el vertido, y alcanzan porcentajes de reciclaje superiores al 75%. Este hecho responde principalmente a la escasez de áridos naturales y de espacios para la ubicación de vertederos. Uno de los instrumentos para conseguir estas elevadas tasas de reciclado ha sido el incremento del coste del vertido, o su prohibición en algunos casos, como en Dinamarca o Países Bajos.

Otros países, como Reino Unido o Austria, siguen esta tendencia aunque los porcentajes alcanzados son inferiores y se sitúan en torno al 40%.

Sin embargo, todavía en algunos países se reciclan pequeñas cantidades de residuos de construcción y demolición, siendo su destino final mayoritariamente el vertedero. Entre estos países se encontraba España en el año 2005, en donde, aunque no se disponen de datos fiables sobre el nivel de reciclaje, según datos del Cedex, se estima que se situaba en entorno al 17%.

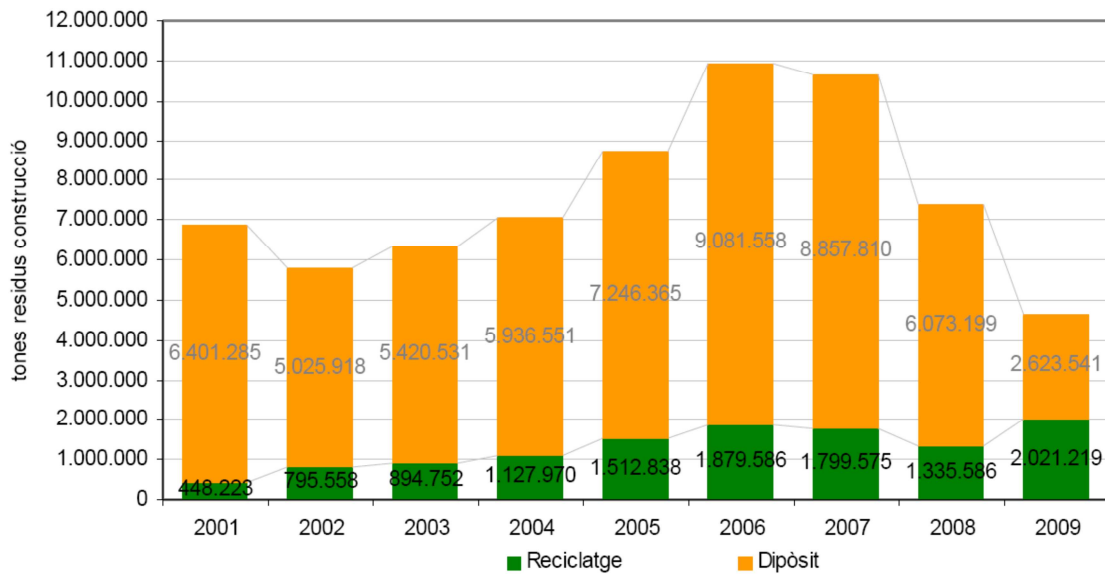
País	Producción de RCD (Mill.t)	Promedio (kg/hab)	Nº Plantas de reciclaje	Destino del porcentaje		
				Vertido	Reciclado	Otros
Holanda (1999)	11,7	718	120	9%	90%	1%
Bélgica (1999)	6,7	666	92	17%	81%	2%
Dinamarca (1999)	2,6	509	30	16%	75%	9%
Reino Unido (1999)	30	509	50-100	55%	45%	0%
Austria (1999)	4,7	580	150	59%	41%	0%
Alemania (2000)	54,5	720	1000	82%	18%	0%
Francia (1999)	23,6	404	50	85%	15%	0%
España (2005)	10,3	229	58	83%	17%	0%

Gestión de RCD's en Europa. Fuente: Cedex

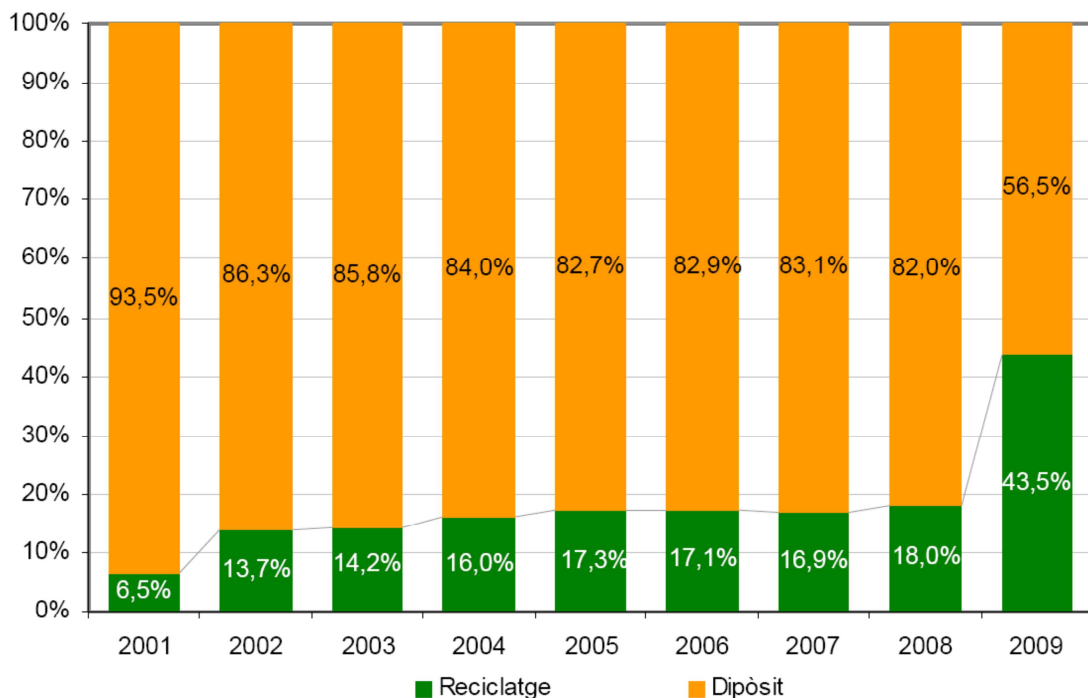


Sin embargo, la tendencia ha cambiado en los últimos años en España. Si tomamos como referencia el caso de Cataluña, Comunidad Autónoma con mayor número de instalaciones (31) de gestión de RCD en 2009, observamos la siguiente evolución:

## Gestión de Residuos y su aplicación a la fabricación de pavimentos



Evolución de la gestión de RCD en Cataluña en tn/año. Fuente: Agencia de residuos de Cataluña.



Evolución de la gestión de RCD en Cataluña en porcentaje. Fuente: Agencia de residuos de Cataluña.

Se observa que desde el año 2005 hasta el año 2008, la gestión de residuos RCD apenas se incrementó en un 1%. Sin embargo en el año 2009, se produce un fuerte

incremento de los residuos reciclados, alcanzado valores equiparables a los del resto de Europa.

### Aspectos económicos:

Las tasas de vertedero de residuos sólidos inertes en España son de competencia municipal, encontrándose una gran variación entre los distintos municipios, tanto en las cuotas de las tasas como en su forma de aplicación. Así, en cuanto a este último, existen municipios que aplican una tarifa única de vertido, mientras que otros aplican diferentes tasas según la naturaleza del residuo.

Como ejemplo, se han consultado las tasas de varias capitales de provincia españolas, con el fin de tener una idea representativa. Entre los municipios que tienen una tarifa única de vertido, se pueden encontrar precios que varían entre 1 euro/t (Pamplona) y 25,20 euros/t (Madrid).

Dentro de los municipios que poseen diferentes tasas, los residuos inertes limpios tienen una tasa de vertido inferior a la de los residuos mezclados, pudiendo variar entre 2 y 10 euros/t la tasa de vertido de residuos inertes limpios, y entre 8 y 30 euros/t si están mezclados.

En cuanto a las plantas, aquellas que producen áridos reciclados también admiten el vertido de residuos inertes. En la siguiente tabla se incluyen algunos precios de admisión de los residuos en las plantas de reciclado:

	<b>Madrid</b>	<b>Albacete</b>	<b>Córdoba</b>
RCDs mezclados	10,00 euros/t	16,00 euros/t	8,50 euros/t
RCDs de hormigón armado	5,00 euros/t	20,00 euros/t	6,70 euros/t
Hormigón limpio en masa	3,50 euros/t	9,00 euros/t	4,00 euros/t
Escombros muy sucios	-	25,00 euros/t	30,05 euros/t

*Costes de admisión de RCDs en una planta de reciclado. Fuente: Cedex*

Por otra parte, si comparamos los precios de los áridos naturales con los de los áridos reciclados, para el caso de las gravas naturales pueden variar entre 6 y 12

---

euros/t (datos facilitados por varias canteras y graveras) y entre 5 y 13 euros/t para las arenas, mientras que los precios de los áridos reciclados suelen ser inferiores, según se recoge en la siguiente tabla (datos facilitados por varias plantas de reciclado).

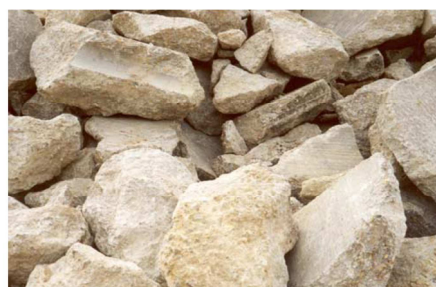
	Madrid	Córdoba
Zahorra de hormigón 0-20 mm	3,00 euros/t	2,40 euros/t
Zahorra de hormigón 0-40 mm	4,00 euros/t	4,20 euros/t
Grava de hormigón 20-40 mm	4,00 euros/t	4,20 euros/t
Cerámico-hormigón 0-40 mm	3,50 euros/t	3,00 euros/t
Cerámico-hormigón 20-40 mm	1,00 euros/t	3,00 euros/t
Material para relleno 0-6 mm	2,00 euros/t	1,80 euros/t

*Precios de árido reciclado. Fuente: Cedex*

## 8.2. ÁRIDO RECICLADO PROCEDENTE DE HORMIGÓN

### 8.2.1. HORMIGÓN RECICLADO

#### FABRICACIÓN DE HORMIGÓN RECICLADO:



*Residuos de hormigón. Fuente: Cedex*

La EHE-08 define como hormigón reciclado (HR), el hormigón fabricado con árido grueso reciclado procedente del machaqueo de residuos de hormigón.

El árido reciclado puede emplearse tanto para hormigón en masa como hormigón armado de resistencia característica no superior a 40 N/mm<sup>2</sup>, quedando excluido su empleo en hormigón pretensado.

Para su aplicación en hormigón estructural, la EHE-08 recomienda limitar el contenido de árido grueso reciclado al 20% en peso sobre el contenido total de árido

---

grueso. Con esta limitación, las propiedades finales del hormigón reciclado apenas se ven afectadas en relación a las que presenta un hormigón convencional, siendo necesaria, para porcentajes superiores, la realización de estudios específicos y experimentación complementaria en cada aplicación.

Para la fabricación del hormigón no estructural, podrá emplearse hasta un 100% de árido grueso reciclado.

Las partidas de árido reciclado deben disponer de un documento de identificación de los escombros de origen que incluya los siguientes aspectos:

- naturaleza del material (hormigón en masa, armado, mezcla de hormigón, etc),
- planta productora del árido y empresa transportista del escombros,
- presencia de impurezas (cerámico, madera, asfalto),
- detalles sobre su procedencia (origen o el tipo de estructura de la que procede),
- cualquier otra información que resulte de interés (causa de la demolición, contaminación de cloruros, hormigón afectado por reacciones álcali-árido, etc).

Se deberán establecer acopios separados e identificados para los áridos reciclados y los áridos naturales. Es aconsejable que los áridos reciclados procedentes de hormigones de muy distintas calidades se almacenen también separadamente.

Las plantas productoras de árido reciclado consiguen en general una fracción gruesa con un coeficiente de forma, índice de lajas y una granulometría adecuadas dentro de los husos recomendables para su empleo en hormigón estructural.

Los áridos reciclados se designarán con el formato que se recoge en el Artículo 28 de la Instrucción EHE-08, y en el apartado "Naturaleza" se denominarán "R".

El tamaño mínimo permitido de árido reciclado, según la EHE-08, es de 4 mm. Únicamente se puede emplear árido reciclado en la fracción gruesa.

El producto reciclado del hormigón original tras el proceso de trituración, es una mezcla de árido grueso ( $\geq 4$  mm) y árido fino ( $< 4$  mm). El porcentaje de árido grueso que se obtiene varía del 70% al 90% de la masa total del hormigón original, por lo que el índice de recuperación del material es muy elevado.



Los áridos reciclados deberán presentar un contenido de desclasificados inferiores menor o igual al 10% y un contenido de partículas que pasan por el tamiz de 4 mm no superior al 5%.

El contenido de desclasificados inferiores del árido reciclado suele ser superior al de los áridos naturales, debido a su mayor friabilidad. La peor calidad en general que presentan los áridos reciclado, y el motivo por el que se restringe su uso en la aplicación de hormigón estructural, es el mortero que suelen tener adherido y puede variar entre un 25-60%.

En hormigón reciclado con un contenido no superior al 20% de árido reciclado, el contenido de terrones de arcilla de éste no será superior al 0,6%, y el del árido grueso natural no superior al 0,15%.

Si el hormigón reciclado incorpora cantidades de árido reciclado superiores al 20%, habrá que extremar las precauciones durante su producción para eliminar al máximo las impurezas de tierras que lleve la materia prima, y así facilitar que el árido combinado cumpla la especificación de la Instrucción. En el caso extremo de utilizar un 100% de árido grueso reciclado, éste debe cumplir la especificación máxima del 0,25% de terrones de arcilla.

En el hormigón reciclado con un contenido de árido reciclado no superior al 20%, éste deberá tener una absorción no superior al 7%. Adicionalmente, el árido grueso natural deberá tener una absorción no superior al 4,5%. En el hormigón reciclado con árido reciclado superior al 20%, la combinación de árido grueso natural y reciclado debería cumplir la especificación que establece la Instrucción, presentando un coeficiente de absorción no superior al 5%.

Para la resistencia al desgaste de la grava se mantiene el mismo requisito que para los áridos naturales (coeficiente de Los Ángeles no superior al 40%).

Se deberá controlar en el árido reciclado el contenido de impurezas:

Elementos	Max. contenido de impurezas % del peso total de la muestra
Material cerámico	5
Partículas ligeras	1
Asfalto	1
Otros materiales (vidrio, plásticos, metales, etc).	1,0

*Impurezas máximas en el árido reciclado. Fuente: EHE-08. Tabla 15.1*

Se mantienen las especificaciones del Articulado relativas al contenido de cloruros, contenido de sulfatos.

### CONSIDERACIONES SOBRE SOSTENIBILIDAD EHE-08:

La Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, en su anejo nº 13 Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad, fomenta un tipo de construcción que pueda contribuir a la consecución de las condiciones que permitan un adecuado desarrollo sostenible.

Este Anejo define así un índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES), obtenido a partir del índice de sensibilidad medioambiental de la misma (ISMA), estableciendo procedimientos para estimarlos.

Según la EHE-08, una estructura tiene mayor valor a efectos de sostenibilidad cuando compatibiliza las exigencias y requisitos definidas en ella con ciertas medidas y criterios entre los que destacamos:

- La optimización del consumo de materiales, empleando menores cantidades de hormigón y de armaduras,

- El empleo de cementos: o que incorporen subproductos industriales, como las adiciones minerales admitidas por la reglamentación vigente, o que se obtengan mediante procesos que incorporen materias primas que producen menos emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, o que se obtengan mediante procesos que consuman menos energía, especialmente mediante el uso de combustibles alternativos que permitan el ahorro de otros combustibles primarios y la valorización de residuos.

- El empleo de áridos procedentes de procesos de reciclado,
- El uso de agua reciclada en la propia planta de fabricación del hormigón,
- El empleo de aceros: o que procedan del reciclado de residuos férricos (chatarra), o que se obtengan mediante procesos que produzcan menores emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, o que demuestren un aprovechamiento de sus residuos como, por ejemplo, de sus escorias, o que provengan de procesos que garanticen el empleo de materias primas férricas no contaminadas radiológicamente,
- En general, el menor empleo posible de recursos naturales.

### OBRAS REALIZADAS:

- **HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL: PAVIMENTOS**

Como ejemplo de pavimento de hormigón reciclado se realizó una experiencia piloto en el año 2010 que consistió en el suministro de 600 m<sup>3</sup> de hormigón reciclado para la construcción de las pistas de acceso de la Villa Solar del Concurso Solar Decathlon Europe 2010, celebrado en Madrid en junio de 2010.



*Pavimento de hormigón reciclado – Solar Decathlon Europe 2010 Madrid jun 2010. Fuente: Cemex*

- **HORMIGÓN ESTRUCTURAL: PUENTES**

Aplicación en puentes: Puente de Marina Seca del Forum 2004 de Barcelona

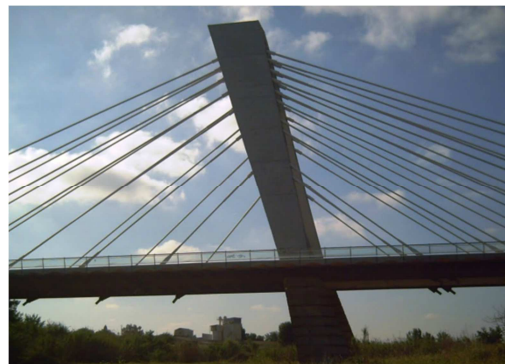
El puente de Marina Seca, una de las obras emblemáticas del FOURM 2004 de Barcelona, fue construido utilizando hormigón reciclado en alguno de sus elementos. Se utilizó un árido reciclado de un único origen (fracción 4/25 mm), con una absorción media de 6,7%, exento de cloruros, y sulfatos. Más del 95% del árido reciclado eran partículas de hormigón. La cantidad de finos inferiores a 0,063 mm fue del 1% y el aporte de finos menores de 4 mm fue del 10%, lo que obligó a una ligera corrección en la cantidad de arena.

Se utilizó una sustitución del 20% de árido reciclado previamente presaturado, con una grado de saturación entre el 80% y el 90%.La resistencia obtenida fue de 47,8 N/mm<sup>2</sup>, y los resultados de los ensayos de penetración de agua fueron adecuados. La puesta en obra de este hormigón tampoco presentó ninguna dificultad.

Aplicación en puentes: Puente atirantado sobre el rio Turia

Esta experiencia piloto de hormigón reciclado estructural se llevó a cabo en la carretera CV-371 (VV-6117) de Manises a Paterna, a su paso sobre el cauce del río Turia. Se trata de un puente atirantado de dos vanos asimétricos con 55,00 m de luz del lado Paterna y 90,00 m de luz del lado Manises, que fue finalizado el año 2008.

Este puente reemplazó a una estructura de hormigón ya existente, y el proyecto incluyó el reciclaje del hormigón procedente de la demolición del puente antiguo, mediante su machaqueo y posterior utilización como árido grueso en la fabricación de un hormigón HA-35/F/20/IIb, que se utilizó en la construcción del vano mayor del puente atirantado. En este vano,



el tablero es una estructura mixta, formada por dos vigas cajón de acero Cortén y una losa superior de hormigón armado con espesor medio de 21 cm, que fue ejecutada en su totalidad con 400 m<sup>3</sup> de hormigón reciclado. Se empleó una proporción de árido grueso reciclado igual al 20% del peso del árido grueso natural.

## **8.2.2. APLICACIONES EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS**

### RELLENOS Y TERRAPLENES

Los áridos reciclados procedentes de la demolición de pavimentos de hormigón pueden utilizarse en la ejecución de terraplenes y rellenos, pero esta valorización no es coherente con el principio de jerarquía, ya que existen otras valorizaciones que aprovechan mucho mejor las posibilidades de este tipo de residuos. Son residuos que, debido a sus características, tanto en estado natural, tratados, o mezclados con otros presentan las mejores posibilidades de valorización.

### FIRMES DE CARRETERAS

La incorporación de los materiales reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición a la infraestructura de una carretera, puede hacerse, siempre que se cumplan las condiciones técnicas y medioambientales exigidas, como materiales para explanaciones; en terraplenes y rellenos, y como áridos reciclados para distintas capas del firme. También pueden emplearse en la fabricación de hormigón reciclado en capas de rodadura de hormigón.

En España las especificaciones técnicas que se refieren a la utilización de materiales en terraplenes y rellenos se recogen en los artículos 330 y 332 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). En el apartado 3.2, Características de los materiales, del art. 330, Terraplenes, se indica que “Además de los suelos naturales, se podrán utilizar en terraplenes los productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que cumplan con las especificaciones de este artículo y que sus características físico-químicas garanticen la estabilidad presente y futura del conjunto”. Para rellenos localizados, art.332, se deben utilizar solamente suelos adecuados y seleccionados según el apartado 330.3, Materiales para terraplenes.

Las especificaciones técnicas que se refieren a la utilización de áridos reciclados en la construcción de capas de firmes de carreteras se encuentran esencialmente recogidas dentro de la normativa UNE-EN, el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), y el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4).

En el PG-3 se hace mención expresa a la utilización de áridos reciclados procedentes de hormigón machacado en algunas unidades de obra para firmes de carretera como: Zahorras (art. 510) y Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento) (art.513). Además, se admite la utilización de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición en Hormigón magro vibrado (art. 551) siempre y cuando hayan sido tratados adecuadamente para satisfacer las especificaciones técnicas establecidas. En algunos países se han utilizado estos áridos en mezclas bituminosas.

En el PG-3 no se considera específicamente el uso de áridos reciclados en la fabricación de capas de rodadura de hormigón, por lo que las exigencias requeridas a los áridos reciclados serán las mismas que a los áridos naturales.

- **Capas granulares sin tratar (Zahorras)**

Zahorra, según el art.510 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), es aquel "material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de firme", siendo la zahorra artificial la constituida por partículas total o parcialmente trituradas y la zahorra natural la formada por partículas no trituradas.

En concreto, "para las categorías de tráfico pesado T2 a T4 se podrán utilizar", de acuerdo con el art. 510.2.1 del PG-3 (Características generales) "materiales granulares reciclados, áridos siderúrgicos, subproductos y productos inertes de desecho". Además, para el empleo de estos materiales se exige en el PG-3 que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP). Asimismo, en el caso de que se vayan a emplear materiales cuya naturaleza o procedencia así lo requieran, el PPTP, o en su defecto el Director de Obras, podrá fijar especificaciones adicionales.

En relación con las características de la zahorra artificial, su equivalente de arena debe ser mayor de 35, según el artículo 510.2.3 del PG-3, Limpieza.

---

El coeficiente de Los Ángeles de los áridos para zahorra artificial, no deberá ser superior a 30 en el caso de categoría de tráfico pesado T2, y no superior a 35, en tráfico T3 y T4. No obstante, en el caso de materiales reciclados procedentes de capas de aglomerado de firmes de carretera o de demoliciones de hormigones de resistencia a compresión final superior a 35 MPa, así como para áridos siderúrgicos, el valor del coeficiente de Los Ángeles podrá ser 5 unidades superior a los indicados anteriormente, siempre y cuando su composición granulométrica esté adaptada al huso ZAD20 (artículo 510.2.5 del PG-3, Resistencia a la fragmentación).

En el caso de materiales reciclados procedentes de capas de aglomerado de firmes de carretera o de demoliciones de hormigones, y para áridos siderúrgicos a emplear como zahorras naturales, el valor del coeficiente de Los Ángeles podrá ser superior en 10 unidades a los valores anteriores.

En cuanto al índice de lajas, en el caso de zahorras artificiales, debe ser inferior a 35 (artículo 510.2.6 del PG-3, Forma).

La utilización de áridos reciclados procedentes de hormigón machacado en capas granulares sin tratar (zahorras) se trata de la aplicación más común del hormigón triturado en carreteras, ya que puede absorber grandes volúmenes y normalmente se puede obtener la calidad deseada.

La mayor parte de los países que permiten la utilización de áridos reciclados de hormigón en carreteras, exigen a este material las mismas especificaciones que al árido natural, imponiendo además un contenido mínimo de hormigón y máximo de impurezas (materia orgánica, yeso, etc).

Cuando se utilizan en capas granulares sin tratar, aunque inicialmente la capacidad de soporte puede ser menor que en las capas granulares convencionales, debido a la mayor dificultad para su compactación, a lo largo del tiempo se suelen cementar, igualando o superando la capacidad de soporte de otros materiales granulares. Generalmente se mezcla el material reciclado con arena de aportación que mejora su trabajabilidad y disminuye su permeabilidad.

En Francia, por ejemplo, el 75-80% de la producción de hormigón triturado se emplea como capa granular en este tipo de aplicaciones.

- **Materiales tratados**

Material tratado con cemento, según el artículo 513 del PG3, es "la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas, de material granular, cemento, agua y eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carretera". Se tienen dos tipos de materiales tratados con cementos: el suelocemento y la gravacemento. Tanto en el caso del suelocemento como de la gravacemento, el material granular que se vaya a utilizar podrá ser un subproducto o un producto inerte de desecho, en cuyo caso sus características y las condiciones para su utilización deberán venir fijadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP).

Los valores máximos del índice de lajas y del coeficiente de Los Ángeles de las distintas fracciones del árido grueso deberán establecerse en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP), aunque en ningún caso podrán ser superiores a los valores máximos indicados en el artículo 513.2.2.4 del PG-3. En todo caso, en las categorías de tráfico pesado T1 y T2 con materiales reciclados procedentes de capas de mezclas bituminosas, pavimento de hormigón, materiales tratados con cemento o de demoliciones de hormigones de resistencia a compresión final superior a 35 MPa, el valor del coeficiente de Los Ángeles podrá ser inferior a 35.

Por otro lado, el tratamiento del hormigón reciclado con cemento o ligantes bituminosos aumenta la resistencia del material, reduce la susceptibilidad frente al hielo, la permeabilidad y la posible lixiviación.

Por último, suele ser necesario un contenido de ligante mayor en la mezcla para compensar la menor densidad del árido reciclado o la posible lixiviación.

- **Pavimentos de hormigón**

Este tipo de reciclado es frecuente en los países con tradición en la construcción de pavimentos de hormigón, como Estados Unidos, Alemania, Austria y Bélgica, entre otros. Las exigencias requeridas del árido reciclado serían las mismas impuesta en el PG-3 que a los áridos naturales.

En la actualidad, existen en la Red de Carreteras del Estado únicamente 914 km de calzadas con pavimento de hormigón, siendo las mezclas bituminosas los firmes por excelencia en la construcción de carreteras en España. El uso más frecuente de estos pavimentos se emplea en la construcción de aeropuertos y puertos.



Hasta la fecha, y según datos del Cedex, se ha restringido su uso de áridos reciclados procedentes del hormigón en subbases granulares o en bases de hormigón en masa, no habiéndose utilizado en capas de rodadura de hormigón.

### **OBRAS REALIZADAS**

- **OBRAS REALIZADAS EN ESPAÑA**

En nuestro país se están utilizando áridos reciclados procedentes de hormigón en capas granulares en polígonos industriales y urbanizaciones. En carreteras autonómicas y estatales la utilización ha sido escasa y generalmente no figuran relacionadas, ni se ha hecho un seguimiento de su comportamiento.

No obstante, se pueden citar algunos casos donde se han utilizado Residuos de Construcción y Demolición (RCD), descritos con más detalle en la publicación "Construcción sostenible. Primeras Experiencias en España" (Pilar Alaejos, Begoña Calvo, 2010):

- Anillo Verde Ciclista en Madrid (2006). En la segunda fase del anillo, de 15 km, se utilizó zahorra procedente del reciclaje de demoliciones de hormigón.



- Conexión de la A-367 con la A-357 en Málaga. Al igual que el caso anterior, forma parte de un proyecto de investigación para el desarrollo de nuevos materiales de construcción de firmes de carreteras, utilizándose RCD en zahorras y gravacemento.



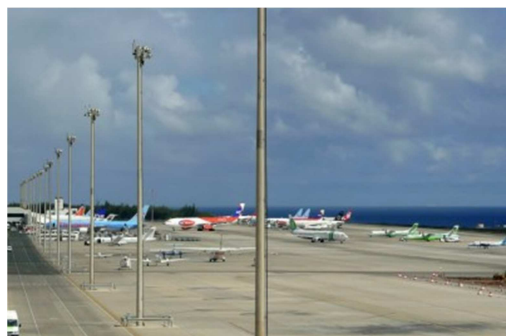
- Nueva ronda de circunvalación oeste de Málaga. Tramo: conexión carretera C-3310 – Autovía del Mediterráneo A-7. En este caso, se utilizaron Residuos de Construcción y Demolición mixtos, es decir, formados por una mezcla de hormigón y otros materiales (ladrillo, asfalto, etc.).

- Ramal de acceso a la C-35 en Videres (2008): iniciado en el año 2007 en la comunidad autónoma de Cataluña, se utilizaron RCD limpios procedentes de hormigón para la formación de una capa de suelo cemento en un tramo del ramal de acceso a la C-35 en Vidreres. Los resultados obtenidos de esta experiencia han sido totalmente satisfactorios. Respecto a la caracterización del material para su empleo en suelo cemento en capas de firmes se observa que el árido reciclado utilizado cumple con todas las exigencias del PG-3. Por otro lado, los ensayos realizados a la unidad terminada arrojan resultados de densidad in situ, resistencia mecánica y capacidad soporte que están por encima de los exigidos para un suelo cemento.

- Autovía Murcia-Albacete (2000): en este proyecto se utilizaron áridos reciclados de RCD limpios, provenientes de hormigón, como zahorras en capas de firmes para la ejecución de un tramo de la autovía Murcia-Albacete. Los resultados obtenidos de esta experiencia fueron satisfactorios. Respecto a la puesta en obra de este material, se concluye que garantizando la homogeneidad y la humedad óptima del mismo, se obtienen fácilmente densidades próximas a la máxima del ensayo próctor modificado, empleando los medios de compactación habituales.

- En la Autovía de Andalucía y en la Autovía A-92 se reciclaron en algunos tramos capas de base de hormigón seco compactado.

- En el aeropuerto de las Palmas se demolió el pavimento de hormigón existente mediante martillos hidráulicos, y se procesó el material en una planta dotada de machacadora primaria de mandíbulas, separador magnético y machacadora secundaria de impacto; el material obtenido, zahorra artificial, se empleó en la subbase de la nueva plataforma.



- **OBRAS REALIZADAS EN EL EXTRANJERO**

Fuera de España la experiencia práctica en la utilización de hormigón reciclado es más amplia. Algunos de los proyectos llevados a cabo se resumen a continuación:

#### Países Bajos

En 1988 se empleó aproximadamente 500 m<sup>3</sup> de hormigón reciclado en la construcción de los estribos de un viaducto en la carretera RW 32 cerca de Meppel.

En 1990 se construyó un segundo viaducto en esa misma zona. En este caso se utilizó árido grueso reciclado (en un porcentaje del 20%) para todas las partes de hormigón del viaducto. La cantidad total de hormigón reciclado que se usó fue de 11.000 m<sup>3</sup>.

En las obras de la compuerta del puerto en las proximidades de Almelo (en 1988) se emplearon unas 2.000 t de hormigón reciclado para la construcción de la losa de hormigón bajo el agua.

Debido a los buenos resultados obtenidos en la utilización de hormigón reciclado, desde 1991 se exige la utilización de árido de hormigón reciclado en un porcentaje del 20% de la fracción gruesa en todos los proyectos de hormigón, con excepción de las estructuras de hormigón pretensado.

#### Reino Unido

La primera experiencia práctica en la que se utilizó hormigón con áridos reciclados en el Reino Unido se llevó a cabo en Watford en el año 1995 durante la construcción de un bloque de oficinas. Se empleó hormigón triturado procedente de la demolición de un edificio de 12 plantas en el centro de Londres. El árido grueso se utilizó para la construcción de cimentaciones, pilares y forjados.

### Bélgica

Para la ampliación del puerto de Antwerp, se procedió en 1987 a la demolición de varios muros del puerto y la construcción de una compuerta mayor. La demolición se realizó con explosivos, originando unos 80.000 m<sup>3</sup> de escombros. Por consideraciones tanto ambientales como económicas se optó por la utilización de los escombros de hormigón para la fabricación de hormigón reciclado.

El hormigón producido disponía de suficiente resistencia a compresión ( $f_c$  de 35 N/mm<sup>2</sup>) y retracción aceptable ( $<150 \mu\text{m/m}$ ).

Para mejorar la trabajabilidad del hormigón se optó por presaturar los áridos reciclados antes de incorporarlos a la mezcla, corrigiendo así la cantidad de agua añadida.

Después de casi 15 años de servicio la estructura no ha presentado problemas de durabilidad.

### Alemania

En Alemania se usó árido reciclado para la construcción de grandes bloques de hormigón como elementos decorativos en el Centro de Exposiciones de Magdeburg (1999). Estos bloques se encuentran en el exterior y en contacto con agua. En este caso, solo se empleó árido grueso reciclado.

En 1993-1994 se construyó la sede de la Fundación Alemana para el Medioambiente (Deutsche Bundesstiftung Umwelt). Se empleó árido reciclado en la construcción de los elementos estructurales de hormigón, realizándose una estricta selección de los áridos reciclados y exhaustivo control de calidad.

### Dinamarca

Uno de los proyectos más significativos sobre reutilización de escombros de demolición para la fabricación de hormigón ha tenido lugar en Dinamarca. La construcción del "Great Belt Link" una gran red de enlace entre Dinamarca y Suecia, suponía la modificación de la red de carreteras existentes y la demolición de varias estructuras, entre las que se encontraba la demolición de un puente de hormigón

---

armado. En esta demolición se llevaron a cabo distintas investigaciones sobre técnicas de demolición y utilización del hormigón triturado como árido para un nuevo hormigón.

Finalmente los escombros fueron procesados y empleados en la fabricación de hormigón, que se utilizó para la construcción de "La casa reciclada", en Odense para cimentaciones de pantallas acústicas.

La "casa reciclada" consiste en un bloque de 14 apartamentos de tres pisos con sótano. Se utilizaron áridos reciclados de hormigón y tejas triturados, para la fabricación de hormigón. El material se utilizó en la fracción 4-16 mm, resultando una resistencia a compresión de los elementos no estructurales variables entre 5 y 20 N/mm<sup>2</sup>. Los áridos reciclados cerámicos se utilizaron principalmente en elementos de tabiquería.

### Japón

En Japón se emplean los áridos reciclados como material para la fabricación de bloques de hormigón prefabricados.

### 8.3. ÁRIDO RECICLADO CERÁMICO O MIXTO

#### 8.3.1. FABRICACIÓN DE HORMIGÓN CON ÁRIDO RECICLADO CERÁMICO O MIXTO



*Residuos mixtos o cerámicos. Fuente: Cedex*

Una de las aplicaciones del árido reciclado cerámico o mixto es la fabricación de hormigones y morteros.

Las propiedades varían de acuerdo a la composición de los materiales, por lo que es necesario hacer una distinción entre los componentes principales y secundarios.

Se considera como áridos reciclados cerámicos a aquellos que contienen al menos un 65% en peso de los siguientes componentes: ladrillo y ladrillo silico-calcáreo, mezclados o no con hormigón

Dada la reducida densidad del árido mayoritariamente cerámico, estaría en la condición de árido ligero, por lo que puede ser de aplicación para la obtención de hormigones ligeros sin finos. En cambio, el árido mixto puede utilizarse para la fabricación de un hormigón no ligero de aplicación en la construcción de estructuras de hormigón en masa y hormigón armado, tales como: muros de sótano, pilas de hormigón, chimeneas, todo tipo de productos de hormigón armado prefabricado, elementos para tejados, bloques de hormigón o tejas de hormigón para tejados. La resistencia de este tipo de hormigón reciclado disminuye considerablemente en relación con la del hormigón normal.

La absorción es una de las propiedades físicas del árido reciclado de tipo cerámico que presenta una mayor diferencia con respecto al árido natural. Según los estudios consultados, la absorción del árido cerámico grueso suele variar entre 6 y 25%,

aunque cuando el árido reciclado incorpora además de material cerámico otros materiales como hormigón o árido natural, la absorción suele situarse por debajo del 12%. La fracción fina del árido reciclado presenta valores mucho mayores, hasta un 30%. La saturación de estos áridos se produce después de 30 minutos sumergidos en agua.

La densidad del hormigón fabricado con árido reciclado mixto suele estar comprendida entre 1700 y 2300 kg/m<sup>3</sup>, si el árido reciclado es cerámico varía entre 1600 y 2100 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la densidad de los hormigones ligeros sin finos está comprendida entre 1400 y 1700 kg/m<sup>3</sup>.

La resistencia a compresión del hormigón reciclado con áridos mixtos suele variar entre 10 y 40 N/mm<sup>2</sup>.

El coeficiente de Los Ángeles puede ser muy variable, encontrándose valores comprendidos entre 20% y 50%. Se pueden encontrar valores incluso más altos (hasta un 67%) cuando el árido reciclado presenta elevados contenidos de mortero. En general, cuanto mayor es el contenido de material cerámico, menor es el coeficiente de Los Ángeles, debido a la elevada dureza del material cerámico.

Un problema asociado a la utilización de áridos reciclados cerámicos es la presencia de impurezas, sobre todo de madera, yeso o vidrio. Esas impurezas afectan de manera importante a las propiedades del hormigón reciclado.

Aunque no hay actualmente normativa que permita el uso de este tipo de áridos en el hormigón, desde el Cedex recomiendan, a título orientativo, los siguientes requisitos para los áridos reciclados:

Absorción	≤12%
Contenido de compuestos totales de azufre (S)	≤1%
Contenido de sulfatos solubles en ácido (SO <sub>3</sub> )	≤1%
Contenido de materiales no deseados (vidrio, plásticos, papel)	≤1%
Índice de lajas	≤35%
Coefficiente de Los Ángeles	≤50%
Desclasificados inferiores	≤5%
Contenido de finos	≤4%
Partículas de peso específico inferior a 1	≤1%

*Requisitos para los áridos reciclados. Fuente: Cedex*

### **OBRAS REALIZADAS**

La experiencia práctica en la utilización de hormigón reciclado con áridos procedentes de escombros de albañilería es escasa, aunque se han llevado a cabo algunos proyectos que se resumen a continuación.

#### Países Bajos

En los Países Bajos se exige su empleo de árido reciclado procedente de hormigón en un porcentaje del 20% de la fracción gruesa en todos los proyectos de hormigón, con excepción de las estructuras de hormigón pretensado. Debido a la falta de disponibilidad de este tipo de árido reciclado ya se han llevado a cabo varios proyectos piloto donde se ha reemplazado el 20% del árido grueso por una mezcla de hormigón y ladrillo triturado.

En 1992 se empleó árido reciclado (mezcla de hormigón y ladrillo) en la construcción de los estribos de un viaducto cerca de Helmond.



En las obras de la compuerta del puerto en las proximidades de Schijndel (en 1992), se emplearon unos 300 m<sup>3</sup> de hormigón con árido reciclado procedente de una mezcla de hormigón y ladrillo.

Desde 1994 el Gobierno holandés permite el uso de este tipo de árido reciclado (mezcla de hormigón y ladrillo) en hormigón estructural, con un reemplazo máximo del 20% del árido grueso. A pesar de esta restricción se han llevado a cabo varios proyectos piloto que han demostrado la posibilidad de utilizar cantidades mayores de árido reciclado, siempre y cuando se tomen las precauciones necesarias.

Entre 1997 y 1998 se construyeron 272 casas unifamiliares empleando un 100% de árido reciclado. Se utilizó para la construcción de muros de carga de hormigón en masa y elementos de hormigón para fachadas y suelos.

### Alemania

El uso del árido reciclado en Alemania data desde aproximadamente 1950 y se ha usado principalmente para la construcción de viviendas.

En 1996-1997, se desmanteló una zona militar a las afueras de Itzehoe que produjo aproximadamente unas 50.000 t de escombros cerámicos y unas 20.000 t de escombros de hormigón. Estos se utilizaron para la edificación nuevamente de esa misma zona.

### Dinamarca

La "casa reciclada" es un conjunto de 14 pisos de 2 plantas y medio en el centro de Odense en Dinamarca. Una gran parte de la estructura fue construida con materiales reciclados como hormigón y tejas triturados, utilizados como áridos en hormigón.

Se utilizaron los áridos reciclados mixtos sobre todo para tabiquería, como se puede apreciar en la figura anterior. El material se utilizó en dos fracciones: 4-16 mm y 16-32 mm. Esta última fracción se empleó para capas drenantes. Las resistencias a compresión obtenidas para los elementos no estructurales oscilaron entre 5 y 20 N/mm<sup>2</sup>.

### Reino Unido

La primera experiencia práctica en la que se utilizó hormigón con áridos reciclados mezcla de hormigón y ladrillos se llevó a cabo en Cardington (1996), para la construcción de la losa de la segunda planta de un edificio de esta ciudad. La losa estaba fuertemente armada y tenía 0,5 m de espesor.

Se optó por una sustitución del 20% del árido grueso y se emplearon unas 100 t de árido reciclado (que contenía hasta un 50% de ladrillo). La dosificación del hormigón empleado fue la misma que la de la losa construida en la primera planta de ese mismo edificio, y para ambos hormigones se obtuvieron unas resistencias similares (60 N/mm<sup>2</sup> a los 91 días). El uso de árido reciclado no afectó al bombeo ni a la puesta en obra del hormigón.

### España

Formación de una explanada con árido reciclado en el Puerto de Barcelona (2009). Bajo la dirección de la Autoridad Portuaria de Barcelona se procedió a emplear árido reciclado procedente de RCD mixtos en las obras de ampliación del Puerto de Barcelona. En concreto en la explanada del Muelle del Prat.

Se trata de una explanada tipo E2 formada por una base de 50 cm de áridos reciclados de RCD mixtos y 25 cm de zahorra artificial.

Los materiales reciclados también se utilizaron para construir las calles y carreteras de la Ciudad Olímpica y estructuras de escollera en la línea litoral.

### **8.3.2. APLICACIONES EN CARRETERAS**

Los áridos reciclados procedentes de materiales cerámicos no cumplen en general las especificaciones que se exigen en nuestro país a los áridos para capas de firme como zahorras o materiales tratados con cemento.

En el proceso de reciclaje de escombros mixtos el precibado para eliminar la fracción fina, mejora su calidad.

## **OBRAS REALIZADAS**

- **OBRAS REALIZADAS EN ESPAÑA**

En España, se recicla todavía poca cantidad de RCDs. Existen pocas experiencias significativas de puesta en obra de áridos reciclados mixtos para hormigones de no estructural, al tratarse en general de obras de menor entidad.

La primera experiencia de la que se tiene constancia fue la construcción de la ciudad Olímpica de Barcelona. Las construcciones situadas en esta zona fueron demolidas (alcanzando una cantidad aproximada de escombros de 1,5 millones de toneladas), para ello se utilizaron procedimientos selectivos de demolición, realizando in situ una primera eliminación de impurezas. Sólo se trataron materiales inertes como hormigón, piedra, cerámicas y ladrillos, procedentes de la demolición de estructuras, cerramientos y cimentaciones. Otros materiales mezclados o aquellos que contenían impurezas como madera, plásticos o acero se rechazaron. Los materiales reciclados se utilizaron para construir las calles y carreteras de la Ciudad Olímpica.

Otros ejemplos más actuales son:

- Conexión de las carreteras A-367 y A-357 en Málaga (2009): experiencia llevada a cabo en Andalucía, en la cual se utilizaron áridos reciclados de RCD en capas de firmes de distintos tramos experimentales, tanto RCD limpios como mixtos; estos últimos se emplearon como ahorros para firmes.

- Nueva Ronda de Circunvalación Oeste de Málaga (2007): se utilizaron áridos reciclados procedentes de RCD mixtos, para su empleo en capas de suelo cemento en dos tramos experimentales. El material utilizado cumplía la particularidad de presentarse con dos porcentajes diferentes de partículas cerámicas, cabe destacar que se realizó una selección en origen lo cual mejoro la calidad del residuo y por tanto del árido generado.

CAUCHO  
RECICLAJE Y PAVIMENTOS

## CAPÍTULO 9. CAUCHO

Hoy en día, el caucho reciclado procede de la trituración de neumáticos fuera de uso (NFU), que por su estado no son válidos para ser reutilizados (previo recauchutado). El reciclaje de neumáticos es otro de los grandes problemas medioambientales, ya que hacerlos desaparecer, una vez usados, constituye un gran problema.

La masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para hacerlos desaparecer, una vez usados, constituye uno de los más graves problemas medioambientales de los últimos años en todo el mundo. Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado (medio barril de petróleo crudo para fabricar un neumático de camión) y también provoca, si no es convenientemente efectuado el reciclaje del neumático, contaminación ambiental al formar parte, generalmente, de vertederos incontrolados.

En España se generan cada año 250.000 toneladas de neumáticos usados, cuyo destino es:

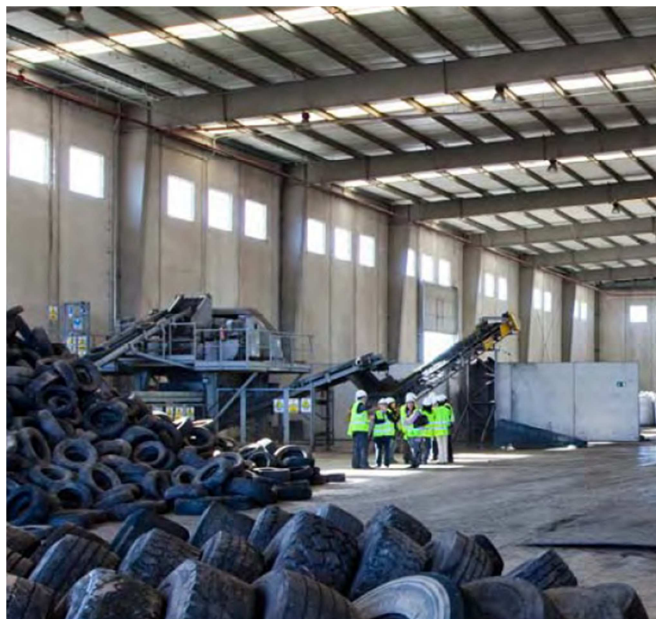
Exportación	5%
Recauchutado	15%
Reciclaje	13,5%
Valorización Energética	16,5%
Vertedero	50%

Para eliminar estos residuos se usa con frecuencia la quema directa que provoca graves problemas medioambientales ya que produce emisiones de gases que

---

contienen partículas nocivas para el entorno, aunque no es menos problemático el almacenamiento, ya que provocan problemas de estabilidad por la degradación química parcial que éstos sufren y producen problemas de seguridad en el vertedero.

Las montañas de neumáticos forman arrecifes donde la proliferación de roedores, insectos y otros animales dañinos constituye un problema añadido. La reproducción de ciertos mosquitos, que transmiten por picadura fiebres y encefalitis, llega a ser 4.000 veces mayor en el agua estancada de un neumático que en la naturaleza.



### 9.1. PROCESO DE RECICLAJE

En la actualidad se pueden utilizar diversos métodos para el reciclaje de neumáticos y la destrucción de sus componentes peligrosos. El sistema de tratamiento puede convertir los neumáticos en energía eléctrica.

#### **Termólisis**

Se trata de un sistema de reciclaje de neumáticos, en el que se somete a los materiales de residuos a un calentamiento en un medio en el que no existe oxígeno. Las altas temperaturas y la ausencia de oxígeno tienen el efecto de destruir los enlaces químicos. Aparecen entonces cadenas de hidrocarburos. Es la forma de obtener, de nuevo, los compuestos originales del neumático, por lo que es el método

---

que consigue la recuperación total de los componentes del neumático. Se obtienen metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden volver a las cadenas industriales, ya sea de producción de neumáticos u a otras actividades.

### **Pirolisis**

Aún está poco extendido, debido a problemas de separación de compuestos carbonados que ya están siendo superados (según los datos de la empresa Chemysis SA.).

Este procedimiento (fabrica piloto) está operativo en Taiwán desde 2002 con cuatro líneas de pirolisis que permiten el reciclaje de neumáticos 9000 toneladas / año. En la actualidad el procedimiento ha sido mejorado y es capaz de tratar 28.000 toneladas de neumáticos usados/año, a través de una sola línea.

Los productos obtenidos después del proceso de pirolisis son principalmente: gas similar al propano que se puede emplear para uso industrial; aceite industrial líquido que se puede refinar en Diesel; coke; acero.

### **Incineración**

Proceso de reciclado de neumáticos por el que se produce la combustión de los materiales orgánicos del neumático a altas temperaturas en hornos con materiales refractarios de alta calidad. Es un proceso costoso y además presenta el inconveniente de la diferente velocidad de combustión de los diferentes componentes y la necesidad de depuración de los residuos por lo que no resulta fácil de controlar y además es contaminante. Genera calor que puede ser usado como energía, ya que se trata de un proceso exotérmico.

Con este método, los productos contaminantes que se producen en la combustión son muy perjudiciales para la salud humana, entre ellos el Monóxido de carbono - Xileno Hollín - Óxidos de nitrógeno - Dióxido de carbono - Óxidos de zinc Benceno - Fenoles, Dióxido de azufre - Óxidos de plomo - Tolueno. Además el hollín contiene cantidades importantes de hidrocarburos aromáticos policíclicos, altamente cancerígenos. El zinc, en concreto, es particularmente tóxico para la fauna acuática. También tiene el peligro de que muchos de estos compuestos son solubles en el agua, por lo que pasan a la cadena trófica y de ahí a los seres humanos.

### **Trituración criogénica**

Este método para el reciclaje de neumáticos necesita unas instalaciones muy complejas lo que hace que tampoco sean rentables económicamente y el mantenimiento de la maquinaria y del proceso es difícil. La baja calidad de los productos obtenidos y la dificultad material y económica para purificar y separar el caucho y el metal entre sí y de los materiales textiles que forman el neumático, provoca que este sistema sea poco recomendable.

### **Trituración mecánica**

Es un proceso para el reciclaje de neumáticos puramente mecánico y por tanto los productos resultantes son de alta calidad limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos.

### **Neumáticos convertidos en energía eléctrica**

Los residuos de neumáticos una vez preparados, puede convertirse también en energía eléctrica utilizable en la propia planta de reciclaje o conducirse a otras instalaciones distribuidoras. Los residuos se introducen en una caldera donde se realiza su combustión. El calor liberado provoca que el agua existente en la caldera se convierta en vapor de alta temperatura y alta presión que se conduce hasta una turbina. Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella produce la electricidad, que tendrá que ser transformada posteriormente para su uso directo.

### **Transformación en energía**

El neumático troceado es un excelente combustible para acerías y cementeras. Posee un gran poder calorífico y un nivel de contaminación inferior a otros combustibles fósiles. Contiene un 25% de biomasa en su caucho natural.

### **Usos tras el reciclado de neumáticos**

Los materiales que se obtienen tras el tratamiento del reciclaje de neumáticos, una vez separados los restos aprovechables en la industria, el material resultante puede

---



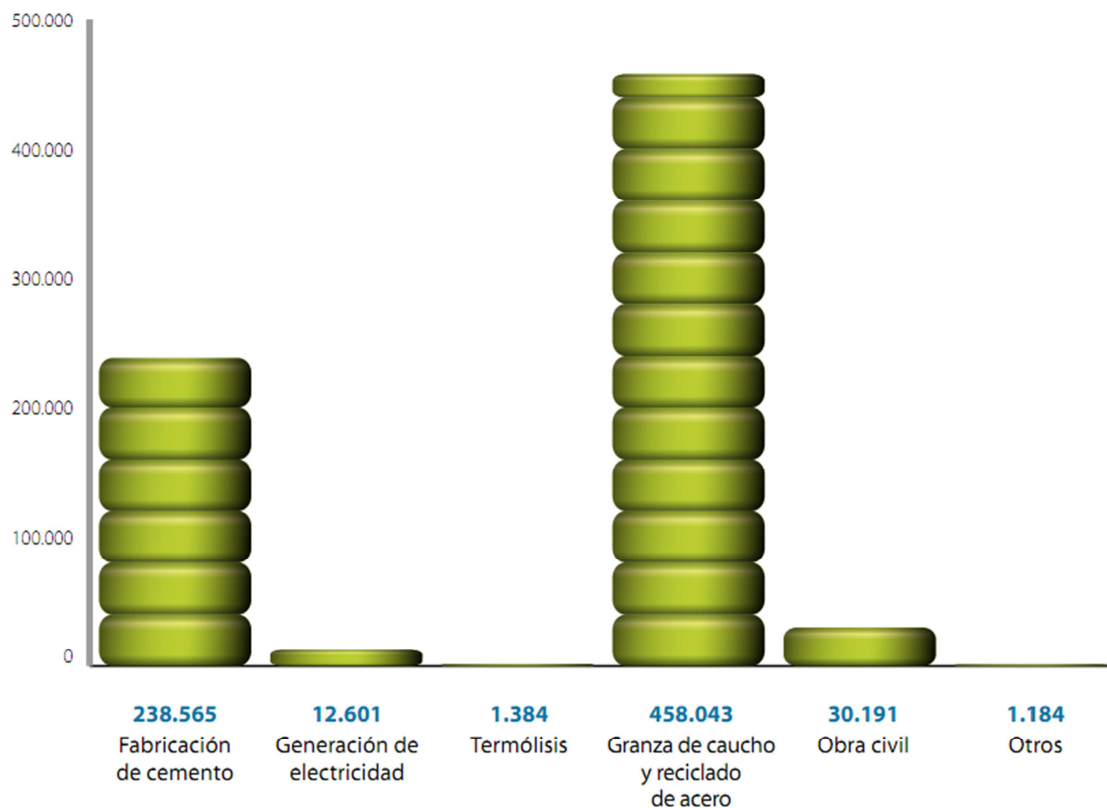
ser usado como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, con lo que se consigue disminuir la extracción de áridos en canteras. Las carreteras que usan estos asfaltos son mejores y más seguras.

Pueden usarse también en alfombras, aislantes de vehículos o losetas de goma. Se han usado para materiales de fabricación de tejados, pasos a nivel, cubiertas, masillas, aislantes de vibración.

Otros usos son los deportivos, en campos de juego, suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta. Las utilidades son infinitas y crecen cada día, como en cables de freno, compuestos de goma, suelas de zapato, bandas de retención de tráfico, compuestos para navegación o modificaciones del betún.

### Reciclaje y valorización 2006 - 2010

---



El gráfico muestra las toneladas de NFU recicladas o valorizadas desde agosto 2006.

## NIVELES DE MOLIENDA

Los niveles de molienda del caucho se pueden clasificar en:

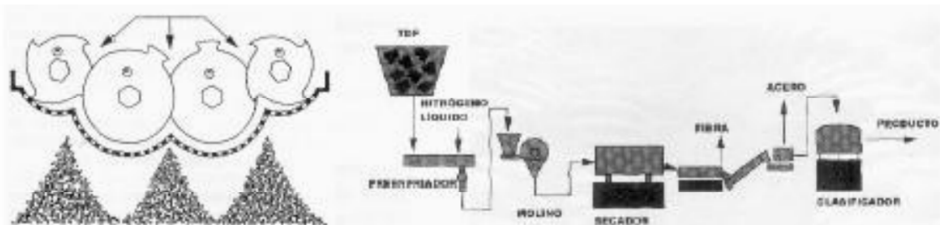
a. Nivel de trituración previa

Se realiza un triturado previo con trituradoras de 2 o más ejes, con cuchillas que giran entre 15 y 20 RPM. El tamaño de producción puede no ser estable, pero eso no tiene gran importancia en esta etapa porque se considera de trituración macro.

b. Nivel de trituración final

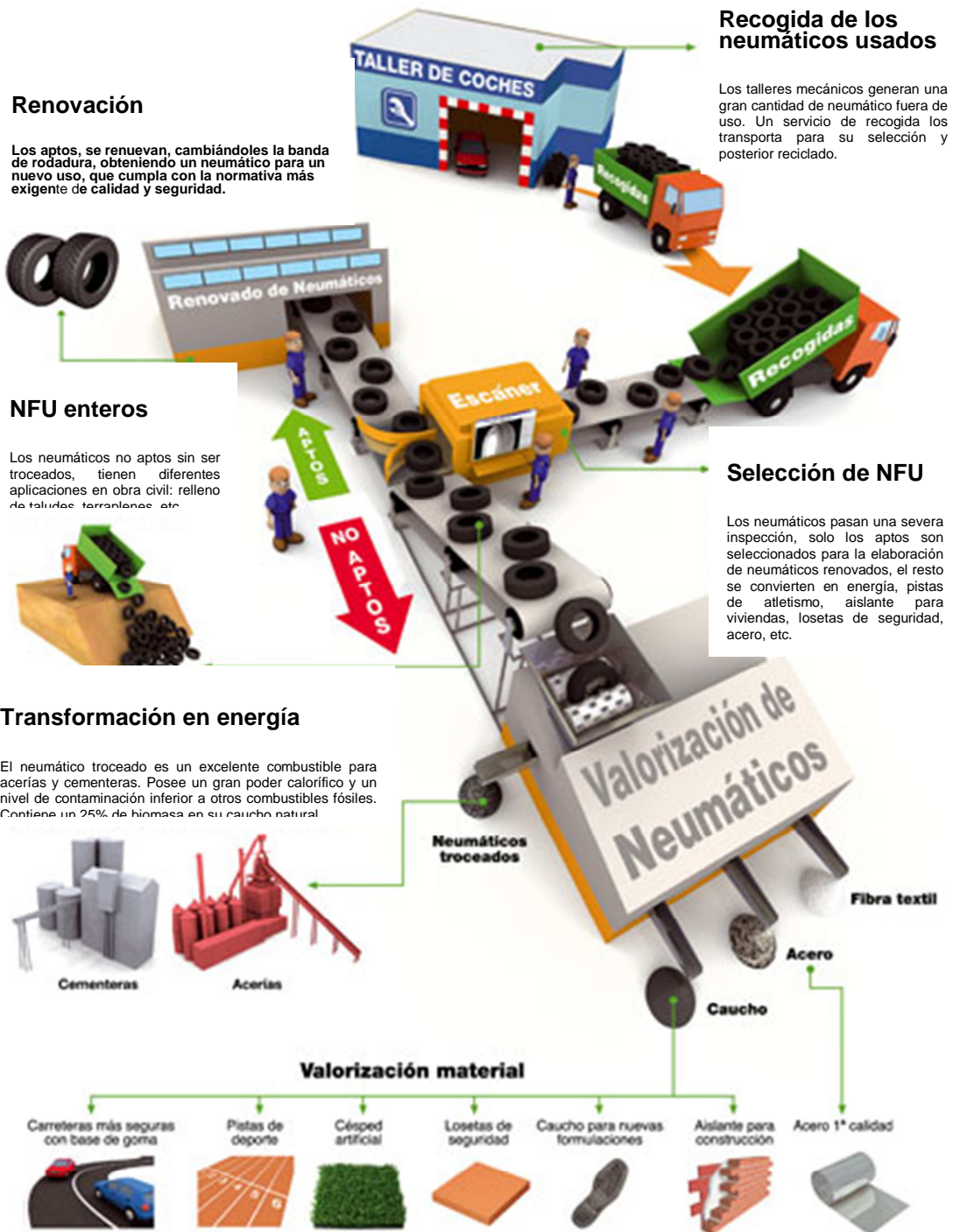
Existen dos métodos en los que se requiere que previamente haya sido retirado el componente metálico. Los métodos se enuncian a continuación.

- A temperatura ambiente: con molinos clásicos y por cilindros se separa la parte textil.
- Criogénesis: se realiza entre  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  dando un producto más afín y de mejor finura de hasta valores que pasan un 100 % la malla N° 100 de ASTM.

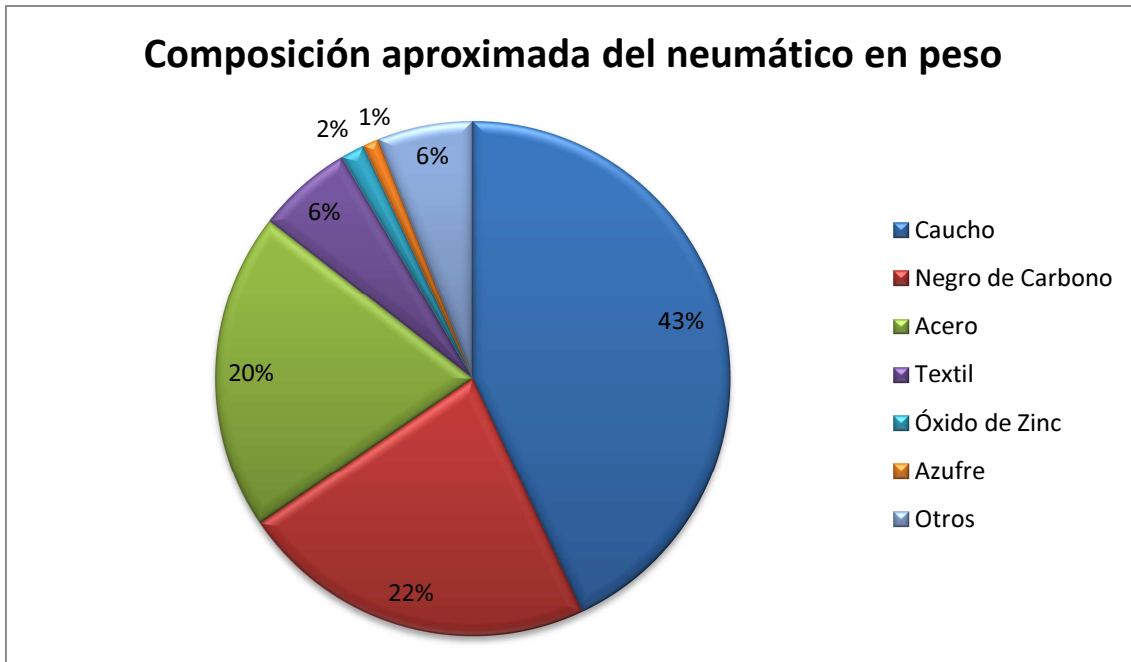


**Molienda de caucho en forma preliminar y en procesos de criogénesis**

Esquema gráfico del proceso de gestión de los NFU:



Composición aproximada del neumático en peso:



Fuente: Signus

## 9.2. PAVIMENTOS DE CAUCHO RECICLADO

### 9.2.1. LOSETA DE CAUCHO

Las losetas de caucho, por su capacidad para la absorción de impactos, son un pavimento dirigido a la protección de niños en guarderías y parques infantiles, utilización en zona de pesas en gimnasios, protección de animales, etc., En el caso de usarse en áreas infantiles de juego, deben cumplir la norma UNE-EN-1177 sobre *Revestimiento de las superficies de las áreas de juego absorbentes de impactos*.

Para este trabajo se ha recopilado información de los productos de la empresa Kinele Group S.L., y las características y propiedades que se citen, serán referidas a sus productos, pudiendo variar estas, si se comparan con productos de otro fabricante.



Las losetas de caucho para recubrimientos de suelos están fabricadas a partir de SBR reciclado y una capa superior de EPDM virgen. Esta combinación de materiales hace que el producto tenga una gran durabilidad y resistencia.

### CARACTERISTICAS TECNICAS SUELO CAUCHO



4cm grosor: NORMATIVA PARQUES INFANTILES UNE-EN 1177-1998

Las losetas de caucho que comercializa Kinele Group, S.L. marca registrada KINELE para el recubrimiento de suelos cumplen con las siguientes características técnicas y de seguridad según los ensayos y certificados obtenidos.

DIMENSIONES	100.00cm x 50.00cm x 2 cm 100.00cm x 50.00cm x 4 cm	HIC 0,90m HIC 1,50m
PESO	12 Kg/m <sup>2</sup> 24 Kg/m <sup>2</sup>	
UNIDAD	1m <sup>2</sup> = 2 losetas	
ANCLAJE	Cola de contacto o similar, con base de poliuretano. En 4 cm no siempre es necesario	
COMPOSICION	50% SBR reciclado de neumático. 50% EPDM. Ligante y catalizador. RECICLABLE	
IDENTIFICACION DE PELIGROS	No contiene productos clasificados como tóxicos y/o peligrosos	
TOXICOLOGIA Y ECOLOGIA	No representa peligro para el hombre y el medio ambiente. Biológicamente inerte. No peligroso. No contiene látex.	
CLASIFICACION FUEGO	UNE 23.727.90: Clase M-3	
EXTINCION Y DESCOMPOSICION	Permitidos todos los medios de extinción. No existen incompatibilidades.	
ALMACENAMIENTO Y EMBALAJE	Resguardar de llamas vivas. No calentar por encima de 140°C (Descomposición) Permite embalaje con todos los materiales.	
DUREZA	UNE 53-130: Shore A 61	
DENSIDAD	UNE 53-526: 0.85gr/cm <sup>3</sup>	
CONDUCTIVIDAD	No es conductor de la electricidad	
RESISTENCIA Y ROTURA	UNE 41958 IN Amortiguante de impactos: 40%	
DILATAION LINEAL	0,015% por °C=0,05 mm por °C(=0,00015)	
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	UNE 53-527: 135mm <sup>3</sup>	
INSTALACIÓN	Sobre superficies niveladas, duras y blandas. Seguir "Instrucciones de instalación"	
LIMPIEZA	Agua corriente y productos de limpieza convencionales. No usar productos corrosivos (amoníaco, sulfumán...)	
GARANTIA	2 años por defecto de fabricación	

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



### FICHA TÉCNICA SBR (STYRENE BUTADIENE RUBBER) Soporte o capa base para pavimentos continuos o <<in situ>> y losetas.

<b>PRODUCTO</b>	Granza de caucho
<b>PRESENTACIÓN</b>	Granulado
<b>EMBALAJE</b>	Sacos de 25 kg
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Granulado de caucho de 2 a 7 mm producido mecánicamente a partir de triturado de neumático. El material está exento de impurezas y partículas metálicas.
<b>TOXICOLOGÍA Y ECOLOGÍA</b>	Inocuo para la salud y el medio ambiente. No contiene productos tóxicos y/o peligrosos. Producto reciclable.

#### COMPOSICIÓN QUÍMICA

MATERIAL	UNIDAD	VALOR
CONTENIDO EN CAUCHO	%	55+-5
NEGRO DE CARBONO	%	32+-3
EXTRACTO ACETÓNICO	%	7+-3
CENIZAS	%	4+-2

#### PROPIEDADES FÍSICAS

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
DUREZA	° Shore A	65+-5
PESO ESPECÍFICO	Kg/dm <sup>3</sup>	1.15+-0.02
DENSIDAD APARENTE	Kg/l	0.45+-0.05

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TÍPICO

TAMIZ	% RETENIDO
7.00 mm	Max 01
6.00 mm	10-20
5.00 mm	20-40
4.00 mm	30-55
4.00 mm >	Max.02

La información que se muestra son valores aproximados sujetos a las tolerancias de fabricación y revisión por lo que son indicativos

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



FICHA TÉCNICA EPDM (ETILENO-PROPILENO-DIENO-MONÓMERO)  
Capa superior de colores para pavimentos continuos o <<in situ>> y losetas.

PRODUCTO	Granza de EPDM
PRESENTACIÓN	Granulado colores
EMBALAJE	Sacos de 25 kg
DESCRIPCIÓN	Granulado de EPDM de 1 a 4mm. Material de caucho virgen de colores inalterables y homogéneos.
TOXICOLOGÍA Y ECOLOGÍA	Inocuo para la salud y el medio ambiente. No contiene productos tóxicos y/o peligrosos. Producto reciclable.

### COMPOSICIÓN QUÍMICA

EPDM	25%	LLENADORES	62%	PIGMENTOS QUÍMICOS	13%
------	-----	------------	-----	--------------------	-----

### PROPIEDADES FÍSICAS

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
DUREZA	° Shore A	60+-5
PESO ESPECÍFICO	Kg/dm <sup>3</sup>	1.55+-4
DENSIDAD APARENTE	Kg/l	1.56+-3
ALARGAMIENTO AL CORTE	%	750
RESISTENCIA ESTIRAMIENTO	N/mm <sup>2</sup>	6
VOLUMEN GRANULADO	Kg/l	0,73

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TÍPICO

GROSOR mm	TAMIZ mm	RETENIDO %	GROSOR mm	TAMIZ mm	RETENIDO %
3-5	5.60	Trace	1-4	4.75	Zéro
	4.76	0-5		4.00	0-2
	3.36	50-80		2.36	55-80
	2.38	20-40		2.00	5-25
	2.00	0-15		1.00	5-25
	1.19	0-15		0.50	0.2
	Pan	0-5		Pan	Trace
1-3	4.00	Zéro	0.5-1.5	2.36	Zéro
	3.00	0-2		2.00	0-2
	2.36	55-80		1.40	50-70
	2.00	5-25		0.50	20-40
	1.00	5-25			
	Pan	0-5		Pan	Trace

\* La información que se muestra son valores aproximados sujetos a las tolerancias de fabricación y revisión por lo que son indicativos



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



### FICHA TÉCNICA RESINAS Y CATALIZADORES (Adhesivos ligantes para EPDM y SBR)

PRODUCTO	Isocianato --- Poliuretano líquido
PRESENTACIÓN	Producto viscoso-amarillento.
EMBALAJE	Contenedor 1000 Kg. / Bidones 220 Kg.
DESCRIPCIÓN	Adhesivo de un componente viscoso-amarillento para la adhesión de sustratos.
TOXICOLOGÍA Y ECOLOGÍA	En forma viscosa evitar el contacto con la piel. No inhalar. Como producto acabado no presenta ningún peligro para la salud y medio ambiente.

#### COMPOSICIÓN QUÍMICA

MATERIAL	UNIDAD	VALOR
DISOCIANATO de 4,4'	%	25/30
METILENDIFENILO	%	según directiva 67/548/CEE
AGLUTINANTES	%	
CATALIZADORES	%	

#### PROPIEDADES FÍSICAS

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
VISCOSIDAD	cps Brookfield 20°C	300-500
CONTENIDO SÓLIDO	%	100 sin disolventes
CONTENIDO NCO	%	10+-5 en peso
DENSIDAD	gr/cm3	1,2

#### MANIPULADO

Máquina mezcladora y/o aglomeración. Usar guantes y evitar el contacto con la piel. No inhalar. No mezclar con agua, aminas, alcoholes y ácidos. El secado y endurecimiento se produce a las 6-8 horas
---

#### LIMPIEZA

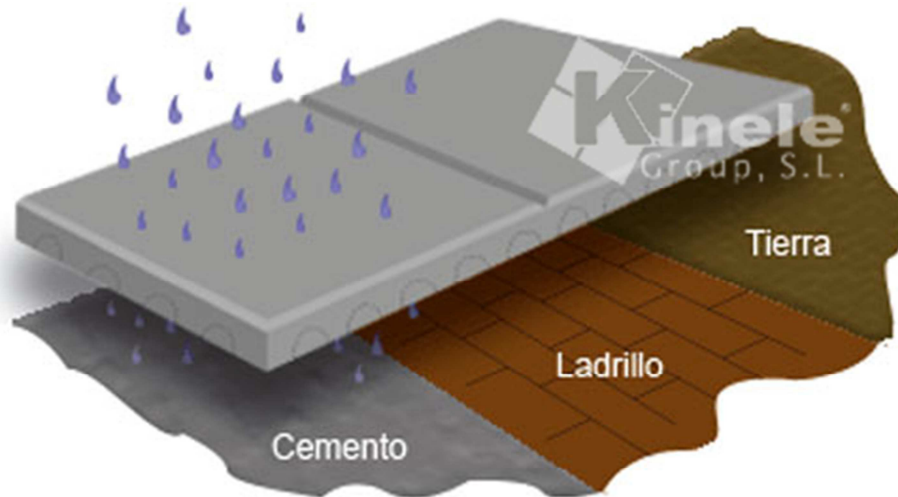
Disolventes y detergentes líquidos
------------------------------------

#### ALMACENAMIENTO

Recipientes cerrados, en lugares secos y con temperaturas no superiores a 30°C. Estabilidad de 6 meses en envases originales cerrados. No utilizar extintores de agua
---

La información que se muestra son valores aproximados sujetos a las tolerancias de fabricación y revisión por lo que son indicativos

GRAN CAPACIDAD DE DRENAJE SIN NECESIDAD DE MODIFICAR DESAGÜES  
NI SUMIDEROS



Existen piezas de terminación en rampa, para evitar caídas, y rematar el pavimento en caso de estar este colocado sobreelevado al resto del entorno.



Piezas de terminación.

### 9.2.2. CAUCHO CONTINUO "IN SITU"

El pavimento de caucho continuo se aplica directamente en el lugar donde debe ir instalado. La inexistencia de juntas y la variedad de colores muy vivos permiten la creación de diseños personalizados.

Este tipo de pavimento es perfecto para parques infantiles, protegiendo de caídas y golpes cumpliendo con todas las normativas de seguridad. Es muy sencillo de limpiar y gracias a su carácter drenante no forma charcos.

Para su instalación se aplica una capa de caucho SBR y resina, que sirve como base. El acabado se realiza mediante una capa de EPDM. Tiene las mismas propiedades que las losetas, pues la única diferencia, es que se realiza "in situ", y no en fábrica (consultar características en el punto anterior).



Pavimento de caucho continuo

### 9.2.3. ALCORQUES

Del mismo modo que se realiza el pavimento continuo, también se pueden rellenar los huecos de los alcorques con el mismo material. De este modo se suprimen las barreras arquitectónicas, que estos elementos representan, para las personas con movilidad reducida, así como se evita el crecimiento de malas hierbas, y la acumulación de suciedad. Al tratarse de un pavimento drenante, permite el paso del agua de lluvia, con el correspondiente ahorro de agua de riego.

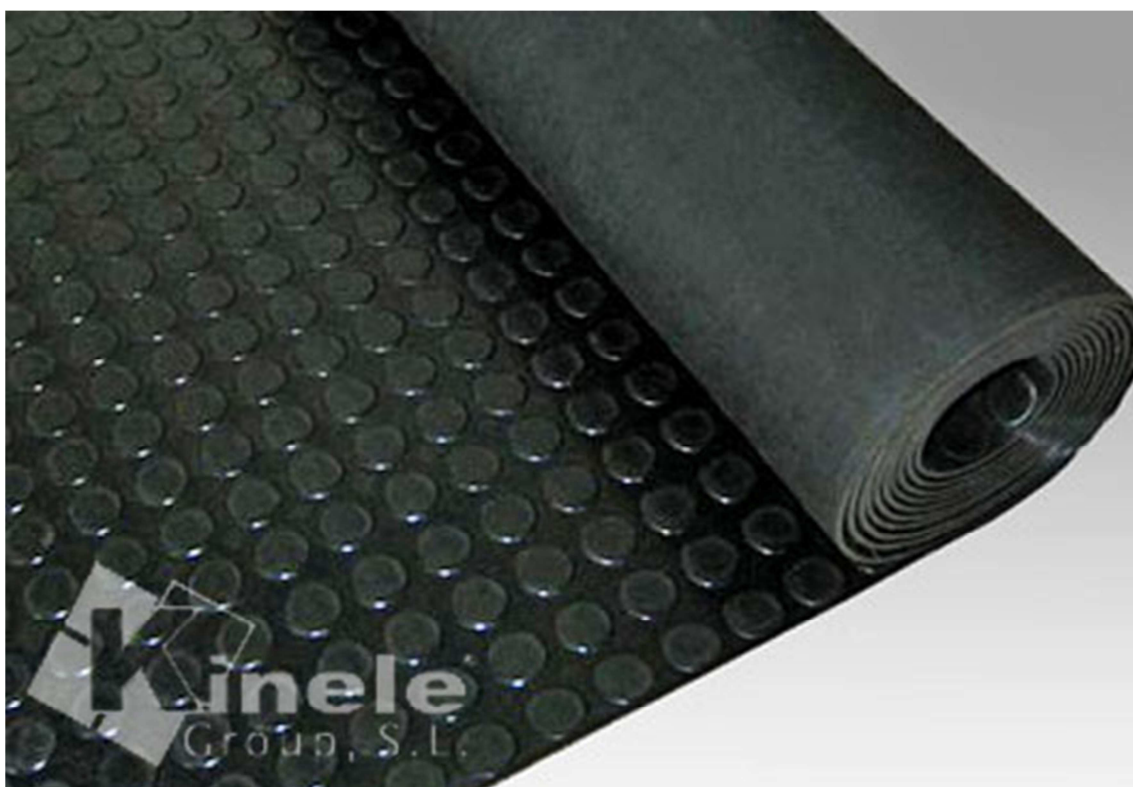


Alcorque relleno de caucho

#### 9.2.4. PAVIMENTO DE CAUCHO EN ROLLO

Económico, resistente y fácil de instalar, éstas son algunas ventajas que ofrece el pavimento en rollo de caucho.

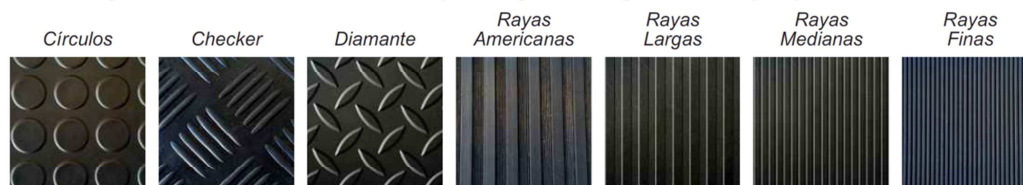
Por no disponer de esta información, no puedo asegurar que pueda ser fabricado a partir de residuos. La opción de fundir los neumáticos de coche, parecer ser no es viable pues el caucho se quemaría, y ya no serviría. En cambio sí existe la posibilidad, de fabricarlo a partir de neumáticos de aviones, al tratarse de un producto más resistente, debido a las cargas que tiene que resistir.



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



Los pavimentos en rollo de caucho que comercializa Kinele Group, S.L. para el recubrimiento de suelos cumplen con las siguientes características técnicas y de seguridad según los ensayos y certificados obtenidos.



<b>Anchura rollo</b>	100 cm/120 cm
<b>Espesor material</b>	3mm
<b>Longitud rollo</b>	10m
<b>Densidad</b>	Según UNE-53526 1,45 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Temperatura</b>	-10°C/14°F a 90°C/194°F
<b>Peso rollo</b>	Rollo 1m x 10m x 3mm = 41kg; Rollo 1,2m x 10m x 3mm = 49kg; Para otras medidas consultar.
<b>Anclaje</b>	Colas epóxicas poliuretanos 2 componentes. Cinta doble adhesivo.
<b>Composición</b>	Caucho natural SBR; Dorso impresión en tela.
<b>Identificación de peligros</b>	No contiene productos clasificados como tóxicos y/o peligrosos.
<b>Toxicología y ecología</b>	No presenta peligro para el hombre y el medio ambiente. Biológicamente inerte. No peligroso. No contiene látex. Reciclable.
<b>Clasificación fuego</b>	Antiguo M 3 (UNE 23727:1990) = Nuevo EURO CLASE C FL S2 (UNE EN 13501-1:2002) En caso de incendio está considerado como auto-extintor. No propaga la llama.
<b>Extinción y descomposición</b>	Permitidos todos los medios de extinción. No existen incompatibilidades.
<b>Almacenamiento y embalaje</b>	Resguardar del calor y llamas vivas. Permite embalaje con todos los materiales.
<b>Conductividad</b>	No es conductor de la electricidad.
<b>Resistencia y rotura</b>	3 MPa ; Rotura según UNE-53510: 60 Kp/cm <sup>2</sup> fuerza tensora
<b>Dureza</b>	Según UNE-53130 (3 seg): 65° shore A +/- 5
<b>Elongación</b>	Según UNE-53510: 250%
<b>Instalación</b>	Sobre superficies niveladas y duras. Seguir "Instrucciones de instalación"
<b>Limpieza</b>	Agua corriente y productos de limpieza convencionales. No usar productos corrosivos (amoníaco, sulfumán, etc..)
<b>Garantía</b>	2 años por defecto de fabricación

### 9.2.5. LOSETAS DE CAUCHO ALVEOLAR

Alta resistencia a temperaturas extremas. Ideal para obras, pistas de esquí, etc...Al igual que el pavimento de caucho en rollo, parece ser que solo los neumáticos de aviones pueden volver a fundirse sin dañarse, por lo que sí se podrían reciclar para fabricar este tipo de pavimento.



### 9.2.6. CARRETERAS

En la siguiente tabla se presentan los tipos de gestión a que han sido sometidos los NFU (neumáticos fuera de uso) generados en 2004, en la UE y en 2007 en España.

Año 2004	UE de los 15		España	
	T NFU	%	T NFU	%
<b>Generación</b>	<b>2.796.000</b>	<b>100</b>	<b>305.718</b>	<b>100</b>
Recauchutado	325.000	12	37.173	12,2
Reciclado de material	852.000	30	42.500	13,9
Valorización energética	901.000	32	52.500	17,2
Vertido	414.000	15	153.787	50,3
Exportación y reutilización	304.000	11	19.758	6,4

Las aplicaciones más extendidas en el reciclado de neumáticos usados en carreteras son, en forma de granulados, para la fabricación de betunes-caucho, directamente como áridos, o filler para las mezclas bituminosas como una modalidad más de betún modificado. También se utilizan en elementos de seguridad vial y pantallas antirruído.

Su uso en carreteras se encuentra regulado por el PG-3 en sus artículos:

- 215 (betunes modificados)
- 540 (lechadas bituminosas)
- 542 (mezclas bituminosas en caliente)
- 543 (mezclas bituminosas en caliente para capa de rodadura)

La fabricación de betún-caucho se suele denominar “*vía húmeda*” en la terminología anglosajona. Fue desarrollado en los años 60, en Arizona, por el ingeniero americano Charles McDonald. En este proceso se mezcla el caucho granulado – tamaño de partículas entre 0-0,850 mm– con el betún, a una temperatura entre 150°C y 200 °C, durante un tiempo de 1 a 2 horas, de forma que se realice la unión física y química de ambos componentes. Al proceso se le suelen añadir diluyentes, aceites aromáticos y polímeros. La proporción de caucho en la mezcla suele variar entre el 5% y el 26% del peso de betún, para producción de betunes de alta viscosidad, dependiendo de la aplicación que se vaya a dar al ligante. El betún-caucho tiene una mayor viscosidad y



una gran recuperación elástica y adhesividad. Las principales aplicaciones de este ligante son en:

- Membranas antifisuras, bien superficiales (SAM) o entre capas (SAMI).
- Membranas impermeabilizantes (en tableros de puentes).
- Masillas de sellado.
- Materiales para juntas de dilatación.
- Ligantes para mezclas en capas de rodadura, fundamentalmente en capas drenantes y capas delgadas.

La incorporación directa del granulado de caucho, como parte del árido, a la planta de mezclado se conoce como "vía seca". La vía seca más habitual es con polvo 0-1 mm en proporciones generalmente inferiores al 1% y fue desarrollado por una compañía sueca en los años 60. El árido natural se dosifica con granulometría discontinua para acomodar las partículas de caucho, que suelen tener tamaños comprendidos entre 6,4 mm y 0,85 mm. Generalmente se utiliza entre un 3% y un 5% de granulado de caucho sobre el peso de mezcla. Se obtienen mezclas muy flexibles, adecuadas únicamente para capas de rodadura y cuya principal aplicación, hasta ahora, ha sido en zonas de formación de hielo, ya que su gran flexibilidad permite el despegue y rotura de la capa de hielo por la acción del tráfico. Como ventajas técnicas se pueden resaltar:

Como ventajas técnicas se pueden resaltar:

- Menor susceptibilidad a la temperatura que las mezclas convencionales (aumenta su elasticidad y resistencia a temperaturas elevadas).
- Mayor resistencia al agrietamiento, tanto por fatiga como por reflexión.
- Mayor resistencia al envejecimiento y a la oxidación que las mezclas convencionales.
- Aumenta la viscosidad del ligante, lo que proporciona películas más gruesas de betún.

Entre las ventajas medioambientales que presentan se pueden resaltar:

- Reducción del nivel sonoro por rodadura
  - Se cumple el principio de jerarquía de gestión de los residuos
-

- Posibles ahorros materiales (disminución espesores de capa)

Desde el punto de vista de la seguridad vial:

- Mejora la adherencia de los vehículos en el asfalto
- Prolongación del tiempo de contraste de las marcas viales

Desde el punto de vista económico:

- Prolongación de la vida de servicio
- Disminución del coste de mantenimiento

### OBRAS REALIZADAS



*Neumáticos fuera de uso (NFU) granulado. Aplicación a mezclas bituminosas.*

*Fuente: Cedex*

Existe una amplia experiencia internacional en la utilización de NFU reciclados en la construcción de carreteras, fundamentalmente en los Estados Unidos. En España, se empezó en el año 1974, en el Centro de Investigación E.S.M. trabajando en fórmulas de incorporación de caucho al betún que se aplicaron con éxito en calles de la ciudad de Barcelona.

Posteriormente, se ejecutó un tramo de ensayo en una carretera secundaria con tráfico ligero en el término municipal de Vacarisses, gracias a la colaboración entre

---

distintas Comunidades Autónomas, organismos relacionados con el medio ambiente y empresas del sector, en colaboración con centros de investigación y Universidades.

En 1997 se realizó un nuevo tramo de ensayo de 850 m en la carretera B-140 entre Sabadell y Mollet del Vallés, con un tráfico T2, colocando una capa bituminosa de 5 cm de espesor de mezcla S-12, dosificada con un 2% de polvo de neumáticos y 6% de betún, en la mitad del tramo, y una mezcla S12 convencional en la otra mitad. En Andalucía se han utilizado en varias obras micro-aglomerados de granulometría discontinua con betún modificado con polvo de caucho procedente del reciclado de neumáticos fuera de uso.

Se presentan a continuación numerosos ejemplos de tramos de carreteras en los que se han empleado NFU en mezclas de betunes en los últimos años y se siguen empleando en la actualidad.

### Vía húmeda

TRAMO	Año	Longitud (km)	Tráfico	Espesor de capa y tipo de mezcla (cm)	Caucho en el betún (%)	Betún (%)
C-433: Sevilla a Cazalla de la Sierra.	1996	0,300	T2	3	-	5,7
SE-30	1996	0,300	T1	3	-	5,7
M-300: Alcalá-Arganda del Rey	1996	0,330	T2	5	-	4,9
m-221 Y m-222: Valdaracete a Brea del Tajo	2002	12	T3	5(S-20)+5(D-20)	10	5,6
Travesía de Badarán (La Rioja)	2004	0,7	-	-	-	-
Travesía de Argamasilla de Calatrava (C. Real)	2004	0,5	-	-	-	-
VA-20. Ronda Este de Valladolid	2004	0,3	T0	9 (MAM)+6(S-20)	9	-
A-6	2004	0,5	T1	8(G-20)+6(S-20)	9	-
A-6: Tordesilla	2005	0,8	T0	6 (S-12)	9	5
N-610	2005	2,3	T2	6(S-20)+5(S-12)	9	-

### Vía seca

TRAMO	Año	Longitud (km)	Tráfico	Espesor de capa y tipo de mezcla (cm)	Caucho en el betún (%)	Betún (%)
C-433: Sevilla a Cazalla de la Sierra	1996	0,3	T2	3(F-10)	1	5,7
				3(F-10)	1	6,1
M-300: Alcalá-Arganda del Rey	1996	0,33	T2	5(D-20)	1	5,2
Ayuntamiento de Alicante, Altea, Elche, Murcia, Orihuela y Torrevieja (varios tramos)	1998-2005	65	-	3(M-10)	0,5	5,2
Autovía del Noroeste	2003-2005	11	-	3(F-10)	0,5	5,2
Generalitat Valencia	1996-2004	18,5	-	3(M-10)	-	-
		4,5	-	5 (S-12)	0,5	5,2
Diputación de Alicante	1999-2002	15,0	-	3(M-10)	-	-
N-344: Travesía de Caudete	1999	1,1	-	3(M-10)	-	-
N-332: Favara	2004	2	-	3(M-10)	0,5	5,2
Carretera de Castraz	2004	1,5	T2	5 (S-12)	1	5,3
Variante de Tordesillas A-6	2006-2007	0,3	T0	6(S-20)+6(S-12)	-	-

CERAMICOS

RECICLAJE Y PAVIMENTOS

## CAPÍTULO 10. CERÁMICOS

La siguiente información se ha obtenido del libro *Cerámica para la Arquitectura* del Instituto de Tecnología Cerámica:

Los materiales cerámicos tradicionales son de naturaleza inorgánica, y están constituidos por elementos metálicos y no metálicos formados principalmente mediante enlaces iónicos y/o covalentes. Sus composiciones químicas varían considerablemente, por lo que presentan diferentes propiedades, aunque, en general, se caracterizan por ser duros y frágiles, poco tenaces y poco dúctiles, comportándose usualmente como buenos aislantes eléctricos y térmicos debido a la ausencia de electrones conductores, y poseer temperaturas de fusión relativamente altas, por lo que resisten bien la exposición a elevadas temperaturas.

Por otro lado, el concepto de producto cerámico tradicional agrupa a un innumerable tipo de materiales, que tienen como característica común el empleo de algún tipo de arcilla en su composición, y que son transformados mediante el uso de calor (de hecho la palabra cerámica deriva del griego *keramikos*, “sustancia quemada”).

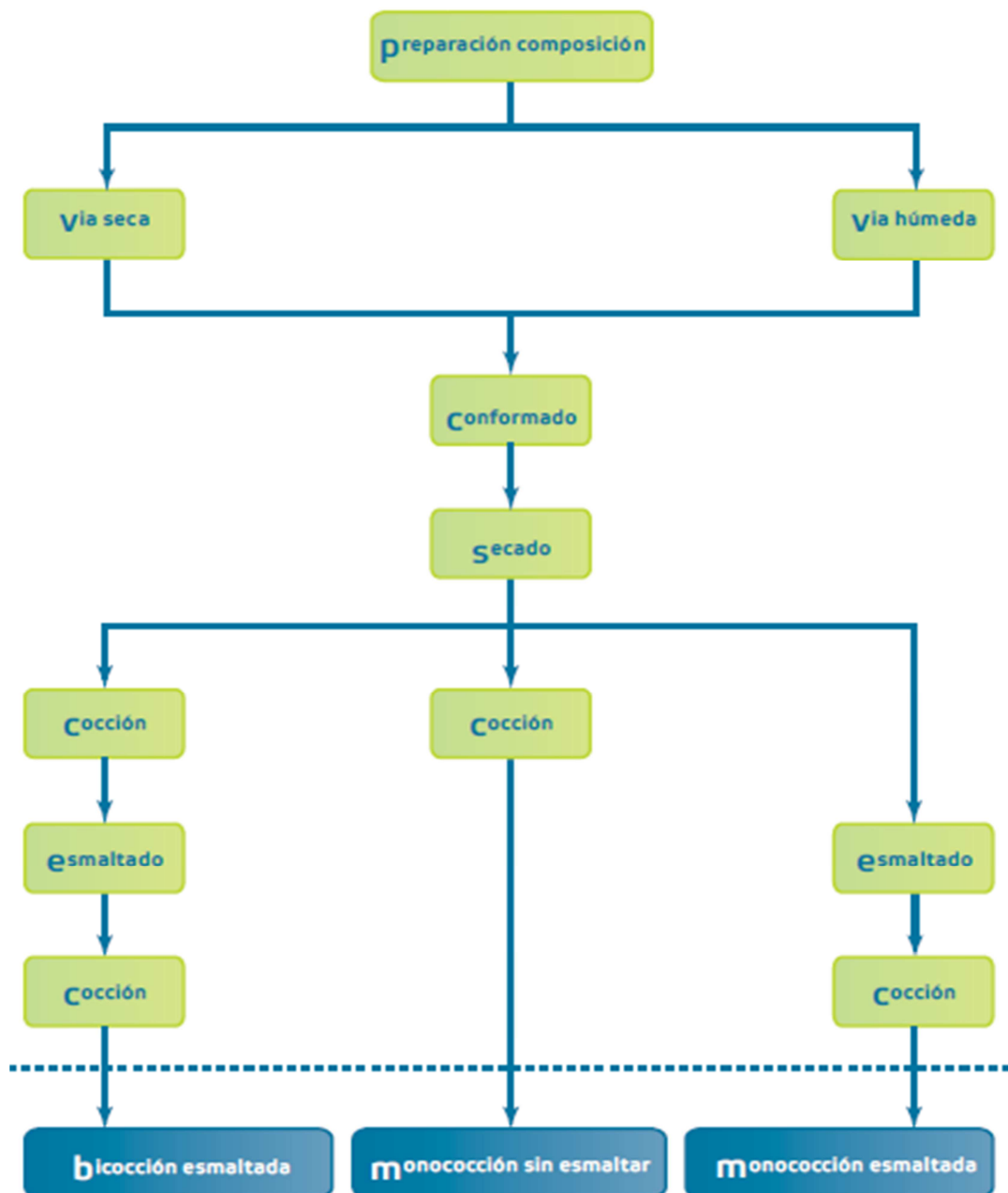
Se puede hablar de un sinfín de tipos de materiales cerámicos tradicionales: baldosas cerámicas, ladrillos para la construcción, tuberías de desagües, tejas de drenaje, tejas de cubiertas, vajillas, aislantes eléctricos, sanitarios, etc.

Las propiedades de cualquiera de estos productos cerámicos son una manifestación de sus características microestructurales, las cuales dependen a su vez de las características físico-químicas de las materias primas de partida y del desarrollo de cada una de las etapas que comprenden su procesado.

Así pues, la fabricación de cualquier producto cerámico debe considerarse como un conjunto de etapas interconectadas que, progresivamente y de forma deliberada, van transformando unas materias primas de partida, a través de diferentes productos intermedios, en el producto final. En consecuencia, el desarrollo de cualquier etapa del proceso no solo afectará al producto resultante de dicha etapa, sino que además

alterará en mayor o menor medida el desarrollo de las etapas posteriores y muy probablemente a las características y propiedades del producto final.

Aunque cada uno de los distintos tipos de materiales cerámicos tradicionales tiene un proceso de fabricación diferente, e incluso con grandes variaciones dependiendo de las especificaciones propias de cada uno de aquellos, de su tamaño y de su utilización posterior, se puede resumir el proceso general de fabricación de productos cerámicos según se indica en el esquema siguiente.



La única diferencia entre fabricar azulejos cerámicos a partir de tierras, o hacerlo a partir de residuos cerámicos, es la materia prima. Es decir, si la fabricación es a partir de tierras nuevas, el primer paso es triturarlas para que la mezcla sea homogénea, y obtener un tamaño de partícula adecuado. Así mismo si queremos aprovechar los residuos cerámicos que tenemos, lo primero que tenemos que hacer es triturarlos. Una vez la mezcla está preparada, el proceso es el mismo. Esta diferencia hace referencia únicamente al proceso de fabricación, pues para obtener la tierra hacen falta unos procesos de extracción y transporte, en cambio si reciclamos las piezas cerámicas, nos ahorramos esos trabajos, y estamos dando salida a una serie de residuos.

### 10.1. RECICLAJE PIEZAS CERÁMICAS

#### **Preparación de la composición.**

Una vez elegidas las materias primas a emplear, y determinada la proporción en la que va a intervenir cada una de ellas, se realiza el pesaje y la mezcla de las mismas.

El material mezclado es triturado para garantizar una total homogeneización y obtener un tamaño de las partículas óptimo para las interacciones que van a producirse entre ellas en etapas posteriores del proceso. Esta homogeneización y trituración de materias primas puede realizarse en seco (molturación vía seca) o bien poniéndolas en suspensión acuosa (molturación vía húmeda). En España hoy en día, se puede decir que la única técnica de molturación empleada es la molienda vía húmeda, pues proporciona mayor homogeneización de los componentes de la fórmula, menor tamaño de partícula, mejor control de las variables del proceso y unas mejores características del polvo de prensas, por lo que su empleo aumenta la calidad del producto acabado con respecto a la molienda vía seca. Aunque su coste de producción es más elevado, tanto en inversión como en consumo energético y de agua.

La molturación vía húmeda se lleva a cabo en un molino de bolas que trabaja en continuo. Se trata de un cuerpo cilíndrico o cilíndrico-cónico, cuyas paredes interiores están protegidas, y que gira alrededor de un eje horizontal. En el interior del tambor se

coloca una carga de molienda (que suelen ser bolos de sílex o bolas de alúmina), con una distribución de tamaños apropiados para optimizar la molturación.

Por un lado del molino se introduce los sólidos mezclados con un 35% de agua aproximadamente y el aditivo defloculante que ayuda a mantener aquellos en suspensión y, por tanto, la molturación.



Vista general de un molino continuo.

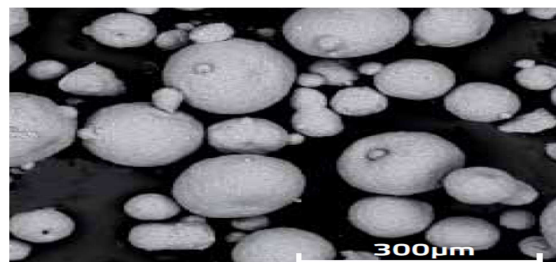
Por efecto de la rotación del tambor, las bolas son arrastradas a lo largo de las paredes hasta que caen en cascada, por lo que someten al material a moler a innumerables acciones de presión, de rozamiento y de choque por las mismas bolas y con las paredes del tambor.

Por el otro extremo del molino se obtiene el producto molturado en forma de suspensión, coloquialmente denominado barbotina, y que resultará con un tamaño de partícula medio mayor o menor en función del tiempo que permanezca en el interior, de la velocidad de rotación y de la longitud del molino.

La barbotina obtenida se pasa a través de un vibrotamiz para eliminar las partículas superiores a 125-200  $\mu\text{m}$  y posteriormente, se mantiene en unos depósitos provistos de agitadores (balsas) para homogeneizar el producto y evitar que sedimente.

La barbotina obtenida tras la molienda vía húmeda de las materias primas se seca, en un proceso continuo y automático, el cual permite la obtención de aglomerados esféricos huecos de partículas, denominados gránulos de atomizado, con un contenido en humedad controlado (aproximado al 5- 6% en peso) y con una forma y un tamaño idóneos para que fluyan en la siguiente fase de conformado (Fotografía inferior).

El producto obtenido se denomina polvo atomizado y el proceso por el cual se lleva a cabo secado por atomización.



Atomizado visto al microscopio.



El atomizador es un cilindro troncocónico que consta principalmente de un conjunto de boquillas que pulverizan la suspensión en su parte interior central, y de un sistema que introduce aire caliente en la parte superior y en contracorriente con el flujo de material (Fotografía inferior).

La barbotina almacenada en la balsa se transporta mecánicamente al depósito de alimentación del atomizador, y se inyecta a través de las boquillas, donde se encuentra con el flujo de aire caliente. El aire caliente en contacto con las gotas de barbotina dispersas provoca la evaporación del agua, por convección y por radiación de calor, y por tanto el secado de las partículas, las cuales se aglomeran y adquieren la típica forma esférica característica del polvo atomizado.



Vista general de un secadero por atomización.

El polvo atomizado se descarga por la parte inferior del atomizador y se transporta a una serie de silos donde va a permanecer de 2 a 3 días para homogeneizar su humedad antes de iniciarse el proceso del conformado.

Inmediatamente antes del prensado, el polvo atomizado se tamiza en un vibrotamiz, con objeto de eliminar posibles impurezas y aglomerados de gran tamaño formados por gránulos de atomizado pegados.

### **Conformado y secado de la pieza.**

Con la mezcla homogeneizada y en condiciones de humedad determinadas, se da forma al producto elegido, utilizando diferentes procesos: prensado, extrusión, colado, etc.

El sistema más utilizado para dar forma a los azulejos, y baldosas de gres porcelánico y gres esmaltado, a partir de mezclas de materias primas molturadas vía húmeda y secadas por atomización, es el prensado en seco, mientras que el empleado para conformar las piezas a partir de mezclas obtenidas por vía seca es la extrusión.

El moldeo de las piezas planas, debido a su forma sencilla (rectangular, cuadrada, etc.), y a la pequeña relación espesor/superficie, se realiza por prensado unidireccional en seco en prensas de efecto simple, donde la presión se realiza solo en una de las superficies de la pieza. La sencillez de este método facilita su automatización y permite alcanzar producciones más elevadas que con otros tipos de prensado.

Esta operación se realiza generalmente con prensas hidráulicas, debido a que son las más indicadas para controlar el ciclo de prensado. La potencia de las prensas a utilizar (fuerza de prensado), depende del tamaño de las piezas: para formatos superiores a 200x200mm<sup>2</sup>, que son los fabricados más habitualmente, se utilizan prensas de 500 a 800t, en las que suelen obtenerse entre 3 y 4 piezas por prensada.

Las principales ventajas de la utilización del prensado son las siguientes:

- › Elevada producción con un empleo mínimo de mano de obra especializada.
- › Facilidad de secado de las piezas prensadas.
- › Mínima deformación de las piezas en las operaciones posteriores, (secado y cocción).

Las piezas recién moldeadas, se introducen en un secadero continuo para reducir su humedad, duplicando o triplicando así su resistencia mecánica, lo que permite su procesado posterior.

Las piezas recién salidas del secadero se recubren de una o varias capas de esmalte en la línea de esmaltado.

El ciclo de secado depende, tanto de las variables propias de la operación (temperatura, caudal de aire, etc.), como de las características de las piezas prensadas (dimensiones, humedad, compacidad, etc.) y de la composición químico-mineralógica de las mismas.

### **Esmaltado y/o decoración.**

Muchos productos cerámicos son recubiertos por una o varias capas de esmalte y son también decorados, bien por necesidades únicamente estéticas, bien para conferirles ciertas propiedades físico-químicas. Este proceso puede realizarse sobre el soporte crudo o sobre el soporte previamente cocido (bizcocho).

Debido a la diferente naturaleza química del soporte y del esmalte, se suele aplicar una capa intermedia entre ellos, con una composición química intermedia entre ambos. Este producto es un tipo de esmalte que se denomina engobe.

Los productos cerámicos no esmaltados son, tras el conformado y posterior secado, cocidos directamente.

### **Cocción.**

Las piezas conformadas y secas, esmaltadas y en su caso decoradas, son introducidas en un horno donde son sometidas a un ciclo térmico a alta temperatura que conduce al producto final deseado.

Si el proceso productivo consta de una única cocción de la pieza esmaltada y en su caso decorada, se denomina monococción. Sin embargo, si primero se cuece el soporte y posteriormente se realiza una segunda cocción de la pieza esmaltada y decorada, el proceso se denomina bicocción.

Es posible realizar una tercera e incluso una cuarta cocción para el caso de piezas con decoraciones especiales, en cuyo caso se habla de “tercer fuego” y “cuarto fuego” respectivamente.

La cocción es la etapa más importante del proceso de producción de baldosas cerámicas, ya que es el momento en el que las piezas previamente moldeadas sufren una modificación fundamental en sus propiedades, dando lugar a un material duro, resistente al agua y a los productos químicos y que posee, además, características excelentes y muy diversificadas. Por otro lado es el momento en el que se pone de manifiesto si las operaciones realizadas en las anteriores etapas del proceso productivo se han desarrollado convenientemente y si el producto acabado ha adquirido las propiedades y características deseadas.

Antiguamente la cocción de baldosas cerámicas se realizaba en hornos túneles y los ciclos duraban unas 12 horas (cocción tradicional). La necesidad de aumentar las producciones y minimizar los consumos energéticos ha supuesto una completa revolución en esta etapa, consiguiéndose reducir los ciclos de cocción a valores comprendidos entre los 35 y los 65 minutos (cocción rápida), con lo que ha sido necesario redefinir todo el proceso industrial y acoplar todos los materiales empleados en la fabricación.

En la actualidad, la cocción de baldosas cerámicas se realiza en hornos monoestrato de rodillos que permiten realizar estos ciclos tan cortos, tienen menor consumo energético y aportan mayor uniformidad y flexibilidad de proceso.

El material que sale de las prensas, se dispone de forma automática en una sola capa y en filas sobre los rodillos de entrada al horno. Por el propio giro de estos rodillos el material va entrando por la boca del horno y va siendo sometido al ciclo de cocción elegido.

El ciclo elegido y la temperatura máxima de cocción es propio de cada tipo de producto, ya que las exigencias térmicas están en función de la naturaleza de la composición que se ha preparado, e incluso del propio fabricante, quien define sus propios parámetros de funcionamiento, aunque de una forma general se puede resumir como se indica en la siguiente tabla.

etapa	variable	azulejo	gres esmaltado	gres porcelánico
cocción	temperatura máxima (°C) ciclo (min)	1120 - 1160 35 - 60	1140 - 1170 35 - 55	1180 - 1220 45 - 65

En este proceso se pueden diferenciar dos etapas, una inicial de calentamiento, y otra final de enfriamiento.

A su vez la fase de calentamiento la podemos dividir en:

- **Calentamiento inicial:** En la entrada al horno el factor que limita la velocidad de calentamiento es el peligro de explosión de piezas, motivada por una eliminación violenta del exceso de humedad residual en forma de vapor. Esta humedad procede de la adsorción de la humedad del ambiente de las piezas durante su almacenamiento, el agua que se aplica en el

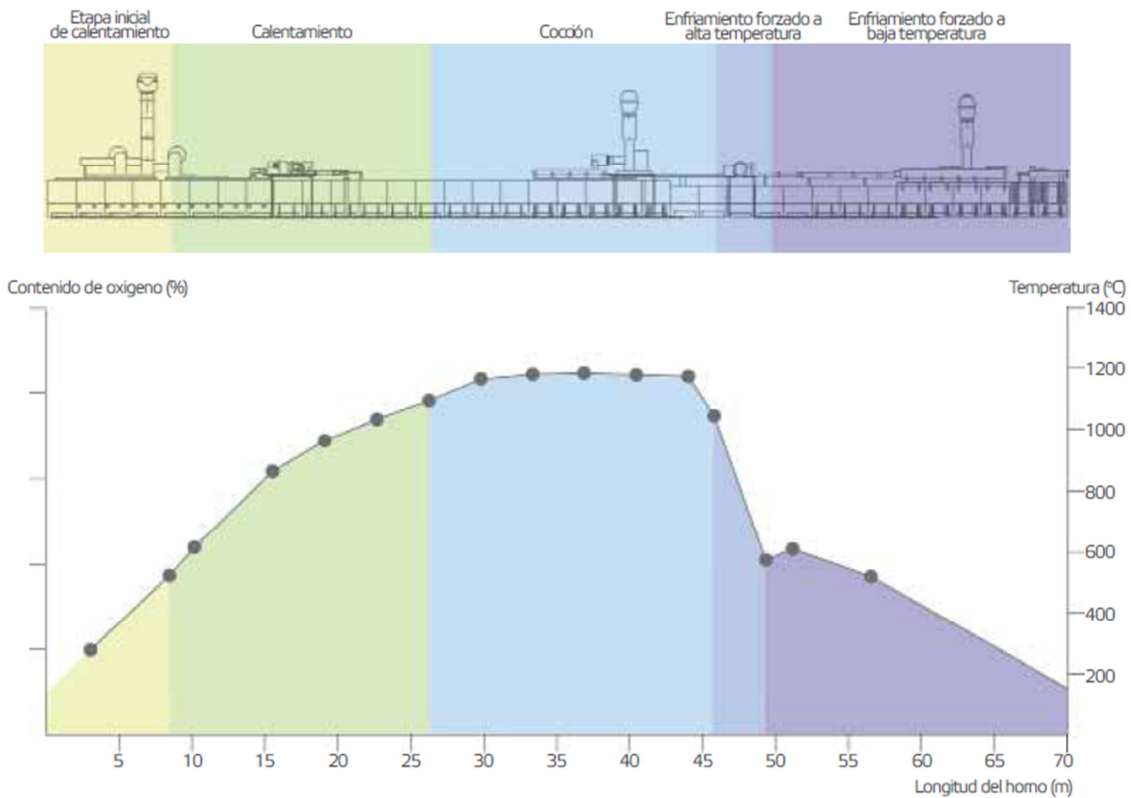
esmaltado, y la humedad residual a la salida del secadero. En esta primera zona se inicia el calentamiento de las piezas de forma lenta hasta alcanzar aproximadamente los 400°C para favorecer la eliminación de dicho exceso de humedad, y en ella se realiza la extracción de los humos producidos durante la combustión.

- **Calentamiento:** En esta zona es donde tiene lugar el aporte energético que permite llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica y de las impurezas, la eliminación de los productos gaseosos generados durante ellas, así como la descomposición de los carbonatos (sobre todo cálcico) presente en el soporte. Para evitar la aparición de defectos superficiales, alteraciones en el color y texturas en el interior (corazón negro) del producto acabado, es imprescindible que todas las reacciones indicadas, se completen antes de que la permeabilidad del esmalte y del soporte sean tan bajas, que prácticamente impidan la difusión de la especies gaseosas (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, etc.) producidas en el interior de la pieza. Por ello, las temperaturas a las que transcurre esta etapa son ligeramente inferiores a las de reblandecimiento del esmalte (inicio de la transformación a estado viscoso), comprendidas generalmente entre 750°C y 900°C.
- **Cocción:** Se considera como tal el momento en el que se produce la sinterización de las piezas. El soporte, al irse calentando, comienza, de una manera progresiva, a producir fase vítrea (en el caso de composiciones de gres) o fases cristalinas estables (en composiciones de azulejos o revestimientos), y la mezcla de materias primas se va transformando en una única estructura química compleja. En el caso de las piezas esmaltadas, los esmaltes sufren una transformación similar a la de la pasta, pero en general la cantidad de fase vítrea producida es mayor, presentando un mayor grado de vitrificación. La zona de cocción debe corresponder al intervalo de temperaturas comprendido entre el inicio de la vitrificación (formación de fase vítrea) y el inicio de la deformación de la pieza por efecto del calor. Debe ser lo más amplio posible, debiendo estar la temperatura óptima de cocción dentro de este intervalo, no demasiado cerca del inicio de la sinterización para que el material no sea demasiado poroso, y no demasiado cerca del inicio de la deformación para que la pieza no quede deformada.

Mientras que la fase de enfriamientos se divide en:

- **Enfriamiento forzado a alta temperatura:** Se realiza por convección forzada, haciendo incidir aire a temperatura ambiente en el interior del horno a poca distancia de las piezas. La elevada resistencia al choque térmico de las piezas a alta temperatura, permite que éstas puedan enfriarse de forma rápida sin que se produzcan roturas, a pesar del elevado gradiente térmico que se establece en su interior.
- **Enfriamiento natural:** En este intervalo de temperaturas el enfriamiento de las piezas se realiza casi exclusivamente por radiación y convección natural. Durante este periodo de enfriamiento se produce la transformación alotrópica que presenta el cuarzo a 537°C, por la cual existe un cambio de estructura cristalina de cuarzo con una importante disminución de volumen (0.8%), lo que puede provocar roturas, falta de uniformidad y tensiones que minimicen la estabilidad final de la pieza. Esta transformación, que aunque no es la única que se produce si es la más significativa, condiciona a este tramo de enfriamiento lento. Esta transformación del cuarzo es reversible, con lo cual también se ha producido en la etapa de calentamiento, pero en sentido contrario. Como la etapa de calentamiento es lenta y larga de por sí, no suele ser considerada en dicho tramo.
- **Enfriamiento forzado a baja temperatura:** Superado el anterior punto crítico, el material se hace nuevamente resistente al choque térmico, por lo que el enfriamiento final se hace otra vez por convección forzada, hasta una temperatura en la que el producto pueda ser manipulado (aproximadamente 100°C).

Esta curva de cocción puede ser aplicada en líneas generales, tanto para los casos de bicocción como de monococción, teniendo en cuenta que en monococción la aparición de defectos generados por procesos de calentamiento o enfriamientos demasiado rápidos van a ser más probables (por el efecto de la cocción del esmalte sobre el soporte crudo), por lo que deben tenerse más precauciones tanto en la etapa de calentamiento, como en la de cocción.



Curva de cocción en horno de cocción de baldosas cerámicas.

**BALDOSAS CERÁMICAS NORMALIZADAS:**

La norma UNE-EN 14411:2007 establece para las baldosas cerámicas, una clasificación básica en base a la porosidad de la pieza (medida como absorción de agua), y al método de conformado utilizado, según se recoge en la siguiente.

Tipo de moldeo	Grupo Ia $E \leq 0.5\%$	Grupo Ib $0.5\% < E \leq 3\%$	Grupo IIa $3\% < E \leq 6\%$	Grupo IIb $6\% < E \leq 10\%$	Grupo III $E > 10\%$
<b>A</b> Baldosas extrudidas	Grupo AIa Absorción de agua muy baja	Grupo AIIb Absorción de agua baja	Grupo AIIIa Absorción de agua media-baja	Grupo AIIIb Absorción de agua media-alta	Grupo AIII Absorción de agua alta
<b>B</b> Baldosas prensadas en seco	Grupo BIa Absorción de agua muy baja	Grupo BIIb Absorción de agua baja	Grupo BIIIa Absorción de agua media-baja	Grupo BIIIb Absorción de agua media-alta	Grupo BIII Absorción de agua alta

Grupos normalizados de baldosas cerámicas.

## 10.2. PAVIMENTOS DE CERÁMICA RECICLADA

### 10.2.1. AZULEJOS CERÁMICOS

Para este proyecto se ha tomado como referencia, el pavimento **Stonker®Ecologic** de Porcelanosa. La totalidad de la base del azulejo se compone por materias recicladas procedentes de las bajas generadas en los procesos de producción cerámica, dando como resultado un revestimiento cerámico con un porcentaje de material reciclado superior al 95 % que conserva la resistencia y versatilidad del gres porcelánico.



Fabricación de fritas:

También las fritas de los pavimentos cerámicos (capa vítrea que recubre la pieza cerámica), pueden fabricarse a partir de residuos. En concreto, el proyecto *Ecovitrum* busca darle a los residuos eléctricos y electrónicos de televisores y pantallas de ordenador, una segunda oportunidad, transformando estos productos en materiales de la construcción. En el caso que nos atañe, el vidrio de los televisores y monitores de ordenador, se recicla para fabricar fritas.





El proceso es el siguiente:

- Recogida selectiva de televisores y monitores en ecoparques.
- Traslado de los equipos a la Planta Autorizada de Tratamiento de RAEEs.
- Desmontaje de los aparatos.
- Selección de los componentes para su posterior reciclaje.
- Eliminación de productos contaminantes.
- Obtención del vidrio de los equipos.
- Traslado del vidrio descontaminado, a las fábricas de materiales de construcción.
- Adecuación y pre-tratamiento de los vidrios.
- Obtención de nuevas materias primas.
- Elaboración de nuevos productos (fritas).

### 10.2.2. CHAMOTA

También llamada grancilla terracota, cerámica triturada, tierra batida o granza cerámica, la chamota es utilizada en la creación de jardines, parques, caminos y senderos por su llamativo color anaranjado y por ser un material 100% ecológico.

La chamota es cerámica cocida triturada y clasificada por tamaños. Es un producto natural, limpio puesto que no se embarra y no mancha, no es abrasivo. Tiene grandes cualidades drenantes, evita la evaporación del agua, manteniendo la humedad y reduciendo la necesidad de riego. Es utilizado para la decoración de jardines y parques, creación de caminos y senderos, pistas de tenis y atletismo, decoración de maceteros, y para mezclarla con sustratos convencionales.



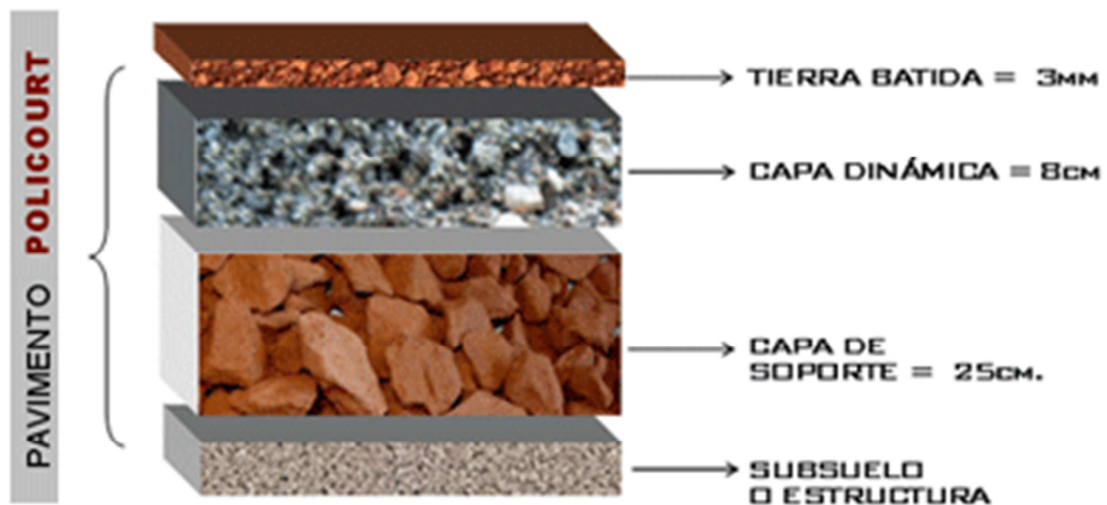
Tras la trituración del material, este pasa por una cinta transportadora, donde se separan posibles impurezas metálicas (las férricas mediante electroimanes, y las no férricas por corrientes de Foucault), así como manualmente posibles restos de maderas, plásticos, etc. (dependiendo del origen del material).

Tras esta fase, se procede al cribado del material, para su separación por tamaños, y a un proceso de limpieza.



### 10.2.3. TIERRA BATIDA

Es una variedad de la chamota, de granulometría 0-3 mm, muy utilizada en espacios deportivos, como pistas de tenis o atletismo.



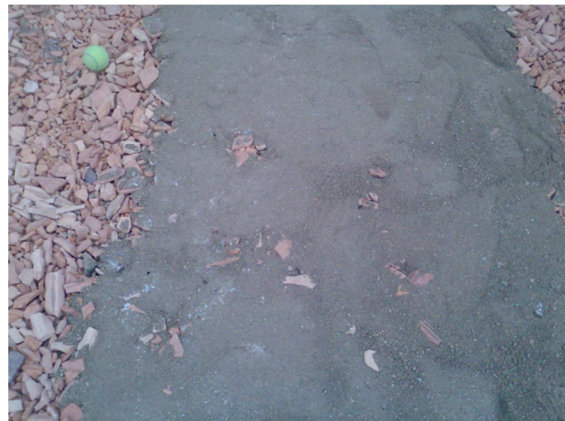
Arrancando de un terreno firme o una solera de hormigón, se disponen las siguientes capas:

**Capa de soporte:** Es una capa de aproximadamente 25cm de espesor, formada por cascotes de ladrillo cerámico triturado con una granulometría 14/20cm. Tiene la función de drenar el agua para evitar la formación de charcos, pero al mismo tiempo, retiene la humedad, al tratarse de un material de cerámica cocida. También proporciona una base sólida para resistir las cargas a las que se encuentra sometida durante el juego.

**Capa dinámica:** Capa de unos 8cm de espesor, formada por una mezcla de varios tipos de tierras trituradas de varias texturas cuyo tamaño de grano está comprendido entre una dimensión mínima impalpable y 5mm. De esta manera, gracias a la composición de estos materiales y sus correspondientes propiedades, se consigue

que cuando se efectúa el riego de las pistas o llueve, el problema del lavado de finos se reduce considerablemente, evitando que las partículas de menor tamaño sedimenten y por tanto, que la grava no se quede en la superficie. También proporciona un drenaje ideal para las pistas, manteniendo un buen grado de humedad sin reblandecerse la mezcla.

Capa de tierra batida: Capa de unos 3cm de espesor, formada por cerámica triturada muy fina (máx. 0,40mm). Al ser ladrillo cocido, y por su óptima absorción de la humedad no produce fango, permitiendo en caso de lluvia jugar casi de inmediato por su rápido secado. La homogeneidad de la granulometría conlleva una mejor superficie de apoyo, ofreciendo una mayor amortiguación y en consecuencia menos lesiones a los jugadores. La tierra no se adhiere al calzado, reduciendo del peligro de resbalar.



MADERA - WPC  
RECICLAJE Y PAVIMENTOS

## **CAPÍTULO 11. MADERA TECNOLÓGICA - WPC**

### 11.1. PAVIMENTOS DE MADERA RECICLADA

#### **11.1.1. WPC**

Son las siglas de Wood Plastic Composite, llamado en castellano *madera tecnológica*. La madera tecnológica es un compuesto mezcla de fibras naturales de madera y plástico que presenta diferentes ventajas con respecto a la madera tradicional. Además es totalmente reciclable y sostenible.

Los compuestos de madera y plástico se vieron por primera vez en Estados Unidos durante los años 1960, principalmente en aplicaciones de marcos de ventanas y puertas. La industria de las ventanas y puertas, que tiene experiencia con materiales de madera, plástico y aluminio, buscó la forma de utilizar materiales más económicos, de allí que el serrín parecía un material tanto ligero como barato.

El país con mayor producción de este material es Estados Unidos de América, aunque en Europa su investigación y desarrollo ha aumentado en los últimos años, debido a que el uso de este tipo de materiales puede disminuir costos ya que se aprovecha todo el desperdicio de madera y madera reciclada. La densidad del material se puede controlar por medio de espumantes o por el tipo de proceso.

La madera utilizada para la fabricación de la madera tecnológica es subproducto de las aserradoras, por lo tanto no se talan árboles para su producción, contribuyendo al utilizar WPC de forma activa a la protección del medio natural. El plástico también puede ser reciclado.

Hay muchas composiciones posibles en base a los productos mezclados. Las más habituales son mezclas 70 % de madera 30 % plástico, 80-20 y 50-50.

En cuanto a los plásticos utilizados normalmente son; polietileno, polipropileno y PVC. Dependiendo del plástico y la madera que se utilicen se obtendrá un tipo de madera tecnológica con un aspecto y unas propiedades mecánicas características.

La madera tecnológica es totalmente reciclable. Una vez acabada su vida útil en una aplicación en concreto puede ser reutilizada como materia prima para cualquier nueva aplicación.

El producto obtenido por extrusión es un conglomerado de aspecto muy similar a la madera y con propiedades mecánicas también muy parecidas, pero que mejora notablemente algunos de los comportamientos propios de las maderas en general.

Una de las grandes aportaciones de la madera tecnológica con respecto a la madera tradicional, al margen de la sostenibilidad, es su buen comportamiento ante los rigores de la intemperie.

La madera tecnológica resiste perfectamente en la intemperie sin necesidad del típico y molesto mantenimiento (barnizado periódico, etc.) del que precisan las maderas tradicionales. No es atacada por los hongos ni por los insectos, es imputrescible además de inastillable.

Se puede obtener cualquier color que se desee en la misma masa en el momento de la extrusión, por lo que no es necesario pintarla a posteriori. Los colores obtenidos ofrecen una gran estabilidad a lo largo del tiempo.

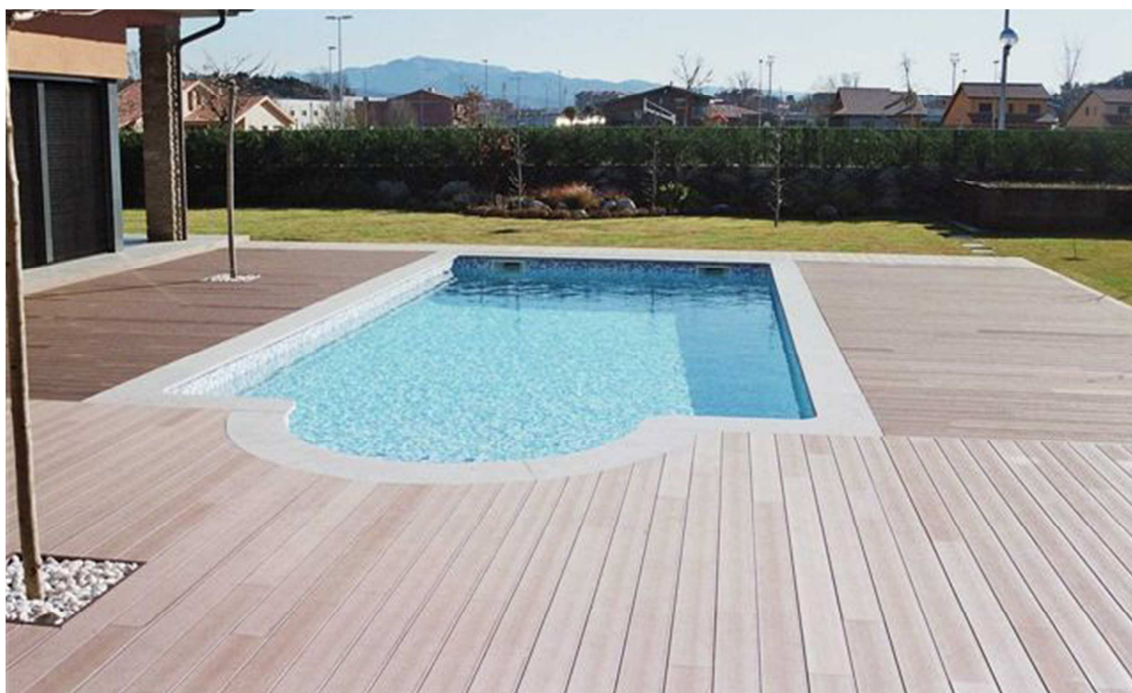




TABLA RESUMEN DE RESULTADOS

Ensayo	Norma de ensayo	Unidades	Muestra		
			Perfil HDPE+70% madera	Perfil PP+70% madera	
Tiempo de inducción a la oxidación	UNE-EN 728	min	10.7 ±2.0	6.2 ±2.4	
Densidad	UNE-EN ISO 1183-1	g/cm <sup>3</sup>	1.207 ±0.012	1.154 ±0.014	
Módulo de Elasticidad	UNE-EN ISO 178	MPa	2010 ±80	3390 ±190	
Resistencia a flexión		MPa	23.1 ±0.7	35.9 ±1.6	
Flecha a fuerza máxima		mm	4.9 ±0.4	3.3 ±0.2	
Tª de flexión bajo carga	UNE-EN ISO 75-2	°C	51.8 ±0.6	83.1 ±0.8	
Absorción de agua	24 horas	UNE-EN ISO 62	%	1.00 0.03	1.35 0.37
	7 días			2.54 0.05	3.91 0.53
	28 días			5.27 0.04	7.45 0.65



**VIDRIO**

**RECICLAJE Y PAVIMENTOS**

## CAPITULO 12 VIDRIO

### ¿Qué es el vidrio?

La Real Academia de la Lengua Española define el vidrio como un “Sólido duro, frágil y transparente o translúcido, sin estructura cristalina, obtenido por la fusión de arena silíceo con potasa, que es moldeable a altas temperaturas”.

Sin embargo, en el argot de vidriero, una de las definiciones más extendidas del vidrio es la que lo considera como un fluido subenfriado hasta un estado rígido sin experimentar cristalización. Queda solidificado en la llamada “red vítrea”. Esto es debido a que no posee un punto de fusión característico, como el resto de los materiales, sino que se torna menos viscoso y se va haciendo más fluido cuando va aumentando esta temperatura.

Esta amplia denominación genérica acoge un material que se caracteriza por una serie de propiedades que la humanidad ha utilizado en infinidad de aplicaciones.

### Nacimiento e historia del vidrio

El vidrio es un producto que desde muy antiguo ha acompañado a la humanidad. El origen del vidrio fabricado se remonta a 3.000 años antes de Cristo, siendo el material más antiguo, junto a la cerámica, utilizado para la conservación y almacenamiento de los productos.

Según cuenta Plinio el Viejo en su obra “Historia Natural” (23-79 DC), el descubrimiento del vidrio se realizó en Siria, por los mercaderes de natrón (material de sosa). En su ruta hacia Egipto, preparando la comida necesitando rocas donde apoyar sus ollas, decidieron utilizar el natrón que transportaban. Al día siguiente comprobaron que el natrón se había fundido y al reaccionar con la arena del suelo, se había convertido en un material brillante, parecido a una piedra. Este fue el origen del vidrio fabricado.

Los egipcios y los fenicios fueron los principales fabricantes y proveedores de vidrio en la Edad Antigua. Cuando Roma conquistó Egipto, muchos vidrieros emigraron a Roma, donde su arte fue apreciado por los patricios. Se abrieron fábricas de vidrio en Hispania, Las Galias, Britania y en las provincias del Rhin. Tras la caída del Imperio Romano, los fabricantes se desplazaron a Siria y Bizancio en Oriente.

A través del comercio, los venecianos aprendieron en la Edad Media los secretos de su fabricación, transmitidos de generación en generación y concentrados todos los artesanos en la isla de Murano, para que no se extendiera su conocimiento. Este secreto pasó a Alemania y Bohemia, donde se expandió al resto del mundo. En esta época, el vidrio era un artículo de lujo de la nobleza, la burguesía y el alto clero.

Con la revolución industrial, el vidrio se extiende a toda la población. La mecanización hará posible el aumento de la producción y la realización de objetos sencillos (vasos, cristales, espejos, etc.) con lo que se abarata su fabricación.

### **Tipos de vidrio.**

Existen multitud de tipos de vidrio, tantos como aplicaciones del material. Algunos de esos tipos son los siguientes:

- Vidrio de envase.
- Vidrio plano (ventana, lunas de automóvil, espejos)
- Vidrio de pantalla (TV, ordenadores, etc.)
- Vidrios armados
- Cristalerías de mesa
- Vidrios decorados
- Vidrios borosilicatos (pirex) y de farmacia (frascos de medicamentos, inyecciones, etc.)
- Vidrios opacos
- Vidrios de lente y microscopios
- Bombillas y fluorescentes

### **Materias primas.**

Los componentes principales se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Vitrificantes: Estas sustancias suponen el principal componente y, básicamente, son los responsables de la creación de la red vítrea. El vitrificante principal es la arena de sílice.
- Fundentes: Componentes que favorecen la formación del vidrio, rebajando su temperatura de fusión y facilitando su elaboración. El fundente más empleado es la sosa y la potasa.
- Estabilizantes: Estos elementos ayudan a reducir la tendencia a la desvitrificación. Como ejemplo está la dolomía (caliza)

#### 12.1. PROCESO DE RECICLAJE

El vidrio es uno de los materiales que puede ser reciclado tantas veces como se quiera, por lo que trae aparejado diferentes ventajas.

- Reducción de la contaminación atmosférica
- Reducción de la cantidad de residuos destinados a vertederos
- Importante ahorro de energía

Para la fabricación de vidrio se necesitan arena, sosa y caliza. El vidrio puede reutilizarse varias veces, por lo cual las empresas encargadas los limpian mediante un proceso especial y los vuelven a utilizar (ejemplo, botellas de vidrio).

Después de reutilizarlas varias veces, se procede al reciclado del mismo. A partir de aquí, se separa al vidrio de componentes extraños, se tritura y se limpia.

Luego se utiliza como materia prima (calcín) en el proceso de fabricación de vidrio, mezclándolo con parte de los componentes antes mencionados (arena, sosa y caliza) para garantizar su calidad.

Se funden estos elementos a 1500° C y se obtiene una masa en estado líquido: la gota de vidrio. Esta gota se lleva al molde, que dará forma al nuevo envase. (Información obtenida de [www.ecologismo.com](http://www.ecologismo.com)).

---

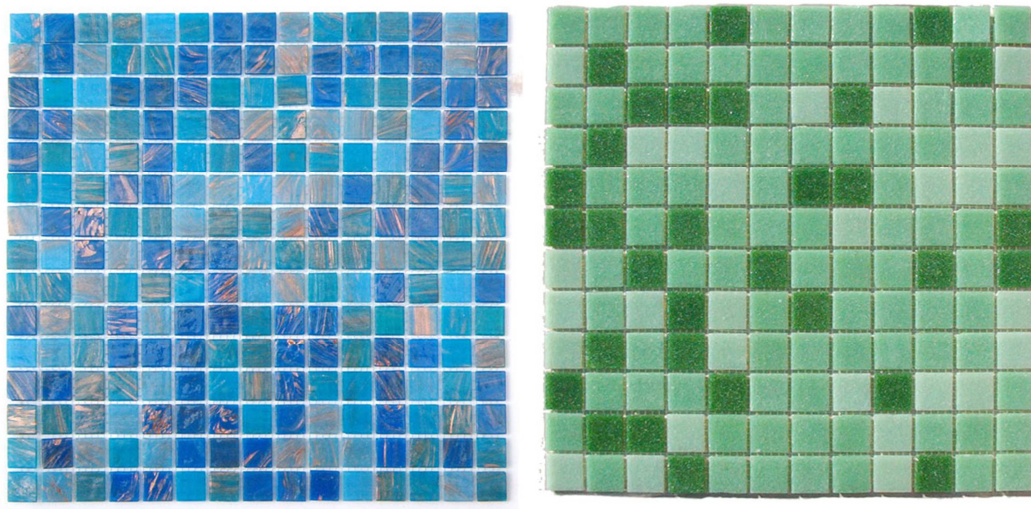
## 12.2. PAVIMENTOS DE VIDRIO

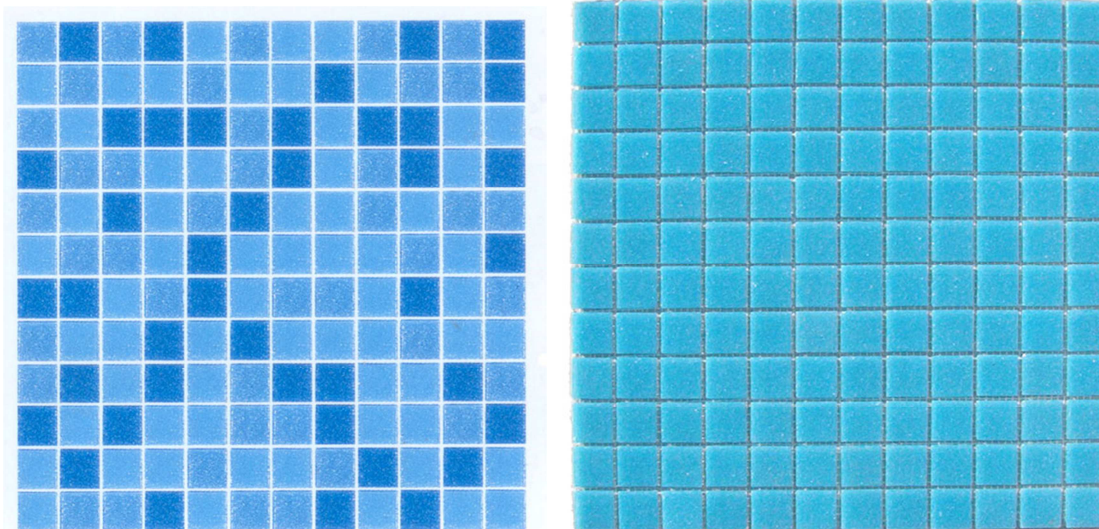
### 12.2.1. MOSAICO VÍTREO

El gresite, también conocido como *mosaico veneciano* o *venecita* son pequeños mosaicos decorativos, con propiedades de alta resistencia y grandes posibilidades de diseño: un material muy apropiado para formar dibujos y combinar colores.

Muy popular en la década de los 60' y de mucha aplicación en la actualidad, el gresite posee características excelentes para baños, cocinas y exteriores: alta resistencia a la humedad, los cambios de temperatura y los productos químicos (por ejemplo, limpiadores) y su color se mantiene inalterable con el paso del tiempo y la exposición a la luz.

Estos mosaicos se fabrican con materias primas de origen natural (o recicladas), fundidas a temperaturas superiores a 1400 grados centígrados, resultando un producto vítreo muy duro y resistente. Un proceso único y distinto a cualquier otro de fabricación o reciclado de vidrio. (Información obtenida de [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)).





Revestimientos vítreos

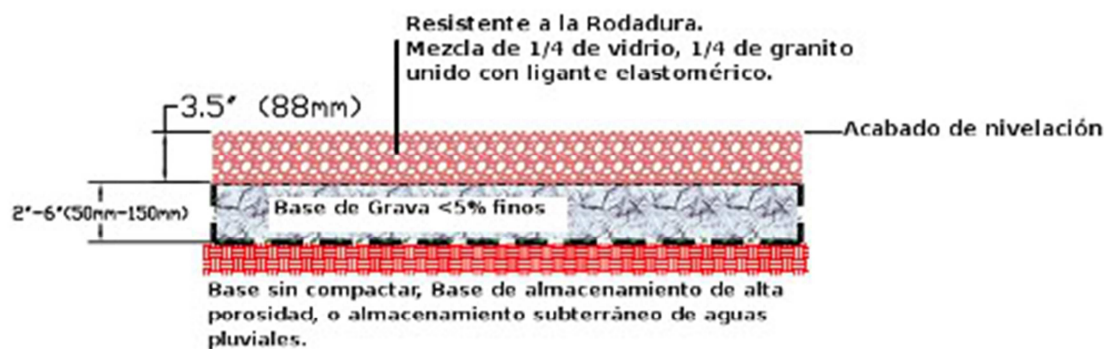
### 12.2.2. PAVIMENTO POROSO DE VIDRIO RECICLADO

La empresa Presto Geosystems ha desarrollado un pavimento poroso de vidrio reciclado, al que ha llamado FilterPave. Es capaz de recoger y almacenar el agua de lluvia en un depósito subterráneo. Con ello se minimiza la pérdida de agua de precipitaciones que, por lo general, es totalmente desaprovechada. A destacar que, si bien este tipo de suelos se comercializa desde hace 25 años, la novedad del FilterPave es, como hemos dicho, el uso de cristal reciclado.

Y no por ser de cristal va no va a ser resistente, ya se han asegurado que no sea así y, de hecho, el invento está pensado para su instalación en carreteras, aparcamientos, paseos y, en general, cualquier lugar donde una superficie dura y suave sea precisa y donde pueda ser de utilidad aprovechar el agua de la lluvia. Otro uso interesante es su colocación en los caminos que cruzan los campos de golf, para recoger el agua de riego.



El vidrio utilizado se ha sometido previamente a un proceso de desgaste que hace que se redondeen sus bordes, hasta unos tamaños y formas específicos, resultando un producto resistente y que una vez colocado ofrece una porosidad del 38%. En el detalle constructivo de FilterPave se puede ver que hay tres estratos fundamentales, el inferior dependerá de si se va a almacenar o no las aguas pluviales, la capa intermedia es de gravilla, y los últimos 88mm son los que lo forman la mezcla del vidrio y granito, unidos con el ligante elastomérico.



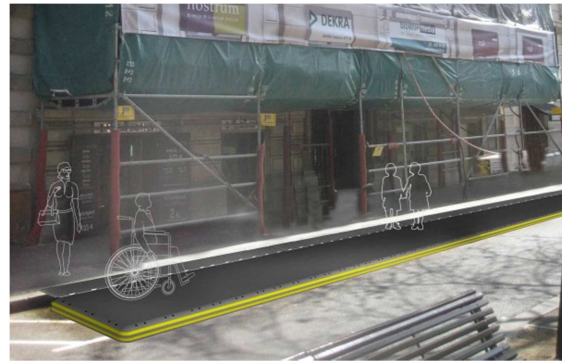


**OTROS PAVIMENTOS  
RECICLADOS Y ECOLÓGICOS**

## CAPÍTULO 13. OTROS PAVIMENTOS

### 13.1. PLATAFORMA MODULAR (100% PVC reciclado)

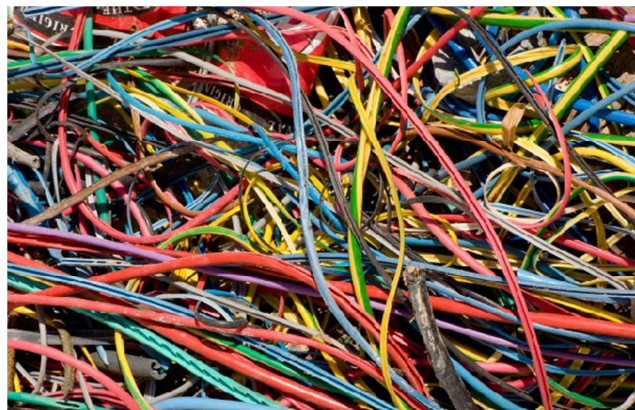
Plataformas modulares, fabricadas con piezas autoencajables de plástico reciclado, para facilitar el acceso de personas al autobús, o desvío de acera temporal. Disponen de bordillos de alta visibilidad y rejillas ajustables al bordillo.



Material 100% PVC reciclado.

Origen:

Recubrimiento plástico del cable eléctrico, persianas, tuberías...

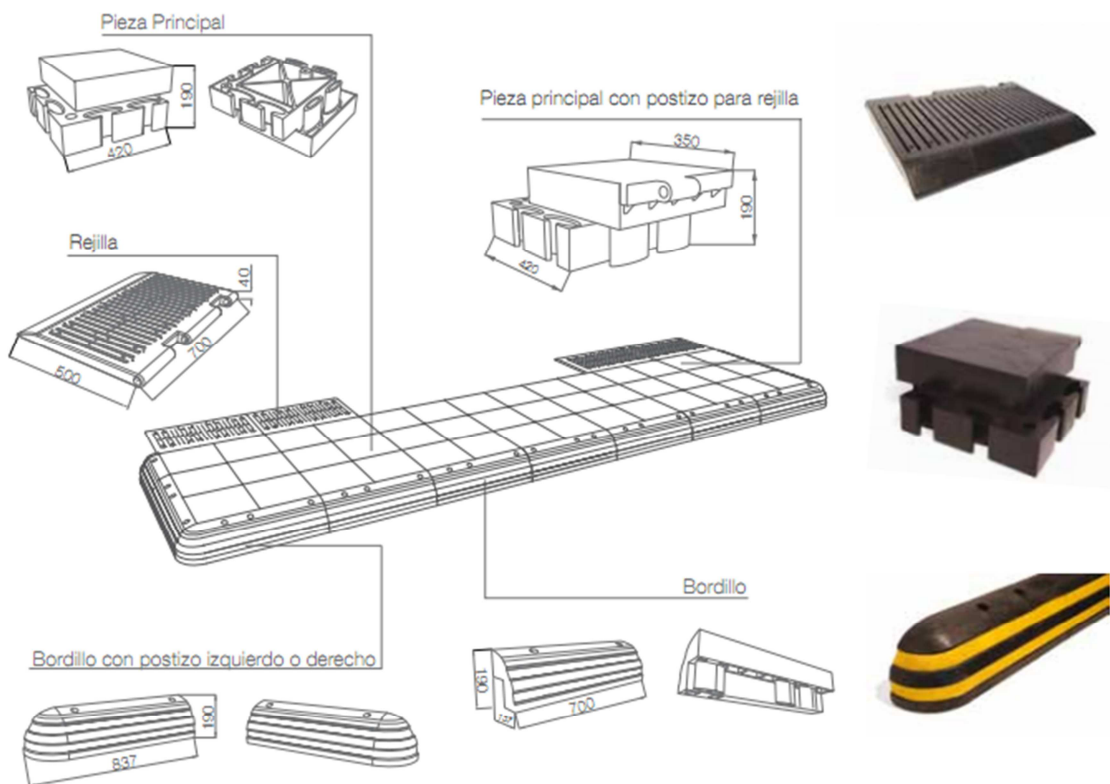


## PROPIEDADES

- Fácil de montar, desmontar y transportar. No necesita grúas ni maquinaria especial. 5 m<sup>2</sup> caben en un euro-palet.
- Gran resistencia mecánica a impactos y pesos gracias al diseño modular absorbente de fuerzas y al sistema de anclaje al terreno
- Se adapta a las irregularidades del terreno
- Permite la incorporación de pavimento táctil para ciegos

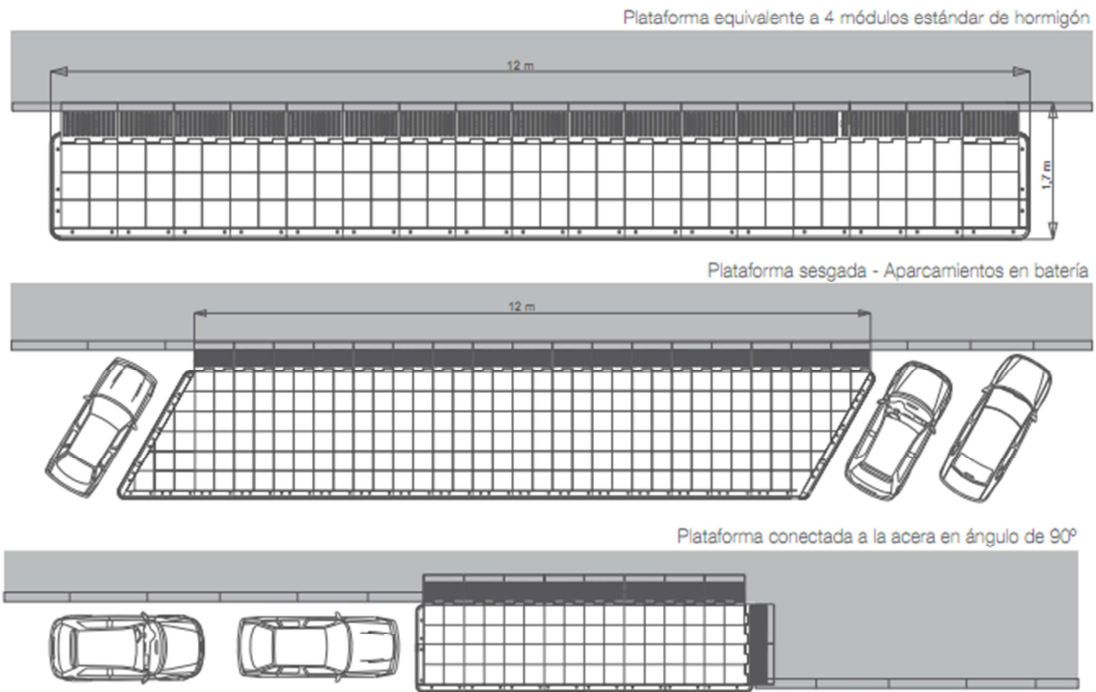
## Croquis

---



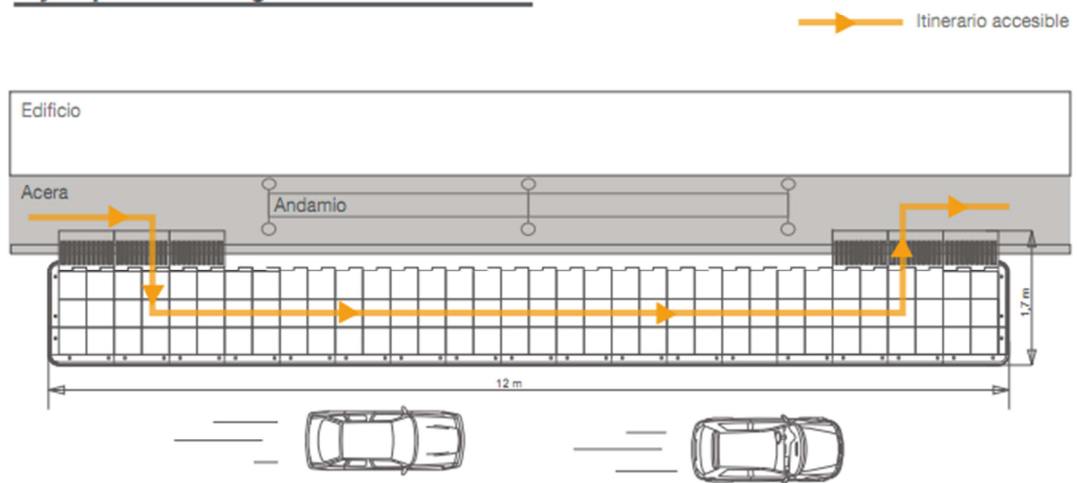
PLATAFORMA ACCESO AUTOBUS:

**Ejemplos de configuración**



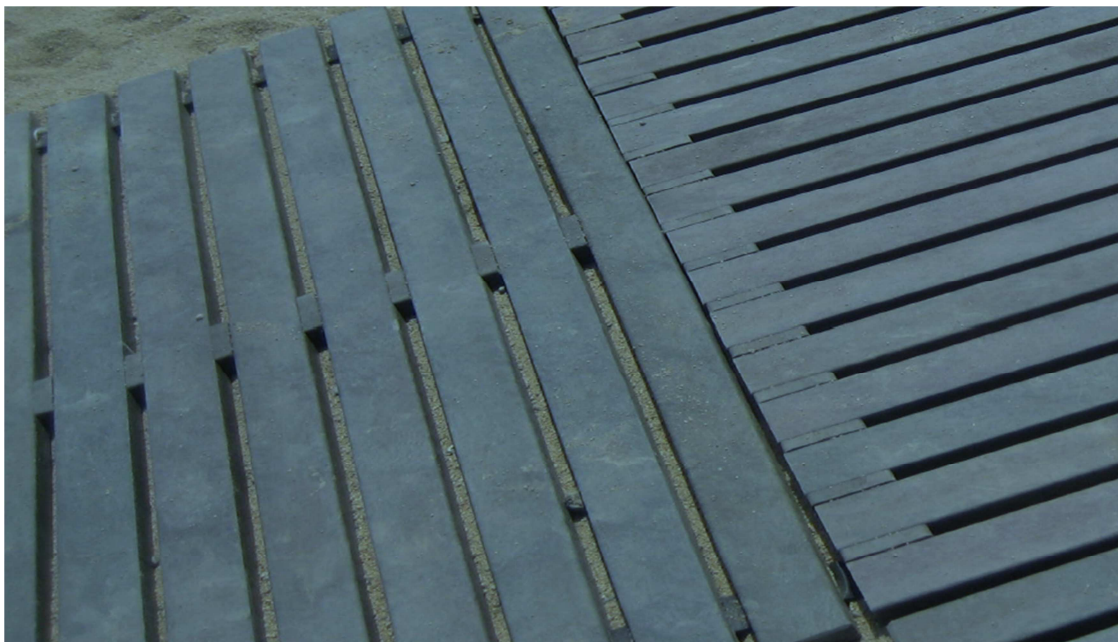
DESVÍO DE ACERA TEMPORAL:

**Ejemplo de configuración**



### 13.2. PASARELA DE PLAYA plástico (100% plástico reciclado: PE+PP)

Pasarela enrollable o fija para facilitar el acceso al mar por la arena construida con perfiles de plástico 100% reciclado que pueden ir unidos mediante banda de polipropileno reforzado (enrollable) o perfiles de plástico (fija).



#### PROPIEDADES:

- **IMPERMEABLE:** *no se empapa ni deteriora bajo el agua*
- **INTEMPERIE:** *inalterable bajo cualquier condición meteorológica (HELADAS)*
- **RESISTENTE A LOS RAYOS UV**
- **IMPUTREFASCIBLE:** *nunca se pudre al aire, bajo agua o bajo tierra*
- **RESISTENTE A LA CORROSION:** *no se corroe bajo acción del agua de mar, ácidos, álcalis y otros productos químicos*
- **RESISTENTE A LOS MICRORGANISMOS :** *termitas, hongos*
- **COMPORTAMIENTO MEJOR QUE EL DE LA MADERA:**
  - ante el fuego
  - ante la abrasión
  - no se agrieta, no se astilla

- **RECICLABLE 100%**

**COMPOSICIÓN:**

100% Poliestireno y Polipropileno reciclado de origen urbano e industrial.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

ENSAYO	VALOR	NORMA	COMENTARIOS
Densidad	1,04 g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183-1A:2004	Determinación de densidad en materiales plásticos no celulares
Dureza Shore	63	UNE-EN ISO 868:1998	
Resistencia a la tracción	8,4 Mpa	UNE-EN ISO 527:1996	Antes de la exposición UV
Resistencia a la tracción	9,6 Mpa	UNE-EN ISO 527:1996	Tras la exposición UV
Alargamiento de rotura	3,30%	UNE-EN ISO 527:1996	Antes de la exposición UV
Alargamiento de rotura	2,40%	UNE-EN ISO 527:1996	Tras la exposición UV
Resistencia al impacto	4,4 KJ/m <sup>2</sup>	UNE-EN ISO 179-1/1eA	Charpy
Identificación de polímeros	PE+PP	Inferrojos	Por espectroscopía infrarroja
Resistencia a la flexión	15,4 Mpa	UNE-EN 178:2003	
Módulo	346 Mpa	UNE-EN 178:2003	
Resistencia a UV		ISO 4892-3	Ver ensayos de Resistencia a la tracción y rotura
Migración de metales:		UNE-EN 71-3	
		<b>límite</b>	
<i>antimonio</i>	1 ppm	60 ppm	
<i>arsénico</i>	4 ppm	25 ppm	
<i>bario</i>	133 pp	250 ppm	
<i>cadmio</i>	<1 ppm	50 ppm	
<i>chromo</i>	<1 ppm	25 ppm	
<i>plomo</i>	13 ppm	90 ppm	
<i>mercurio</i>	<4 ppm	25 ppm	
<i>selenio</i>	8 ppm	500 ppm	
Coefficiente de dilatación	10 <sup>-4</sup> 1/°C		

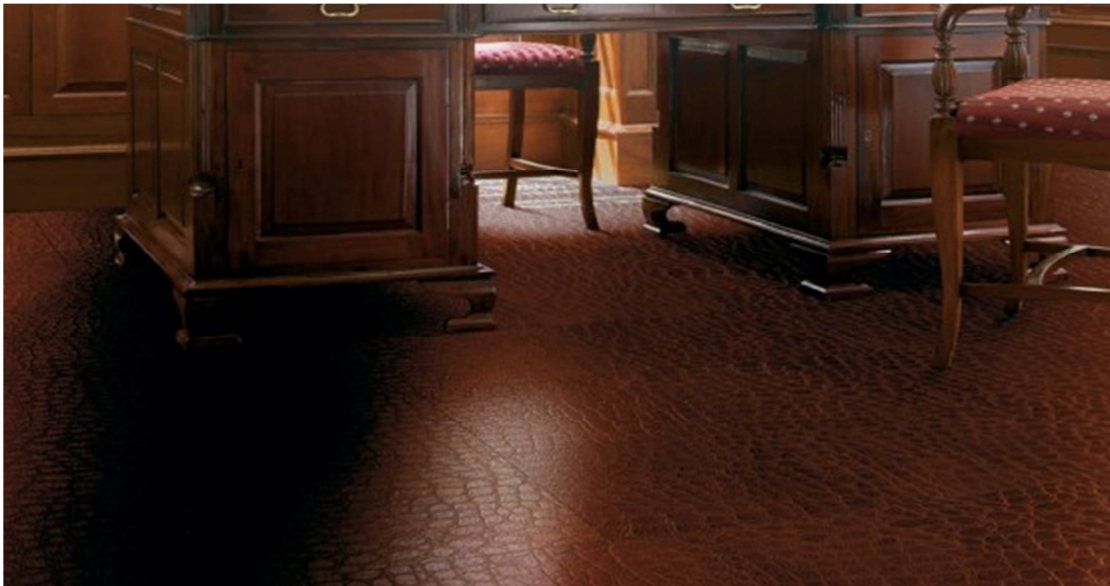
### 13.3. SUELOS DE MADERA REUTILIZADA

Fontenay Wood ha creado una línea de pavimentos de madera a partir de la reutilización (cambiando el uso) de las lamas de madera que conforman los toneles de vino. De esta forma logra colores únicos, logrados en base al añejamiento de la madera cuando estaba en la bodega. La colección también está fabricada con los bordes de los toneles, donde los aros han impreso un patrón definido y único.



#### 13.4. PAVIMENTO 100% CUERO RECICLADO

La empresa estadounidense TORLYS, es una empresa especializada en pavimentos ecológicos. Uno de sus productos que es bastante único en el mercado son los pavimentos de piel. Hechos de piel, o cuero 100 % reciclado, con trozos de material no utilizado en la fabricación de cinturones, chaquetas o botas. Suelen estar compuestos por un 70% de piel reciclada, más algunos materiales de goma para ayudar a aumentar la durabilidad. Material que de otro modo se desperdiciaría, ahora se puede utilizar para crear hermosos y duraderos suelos ecológicos.



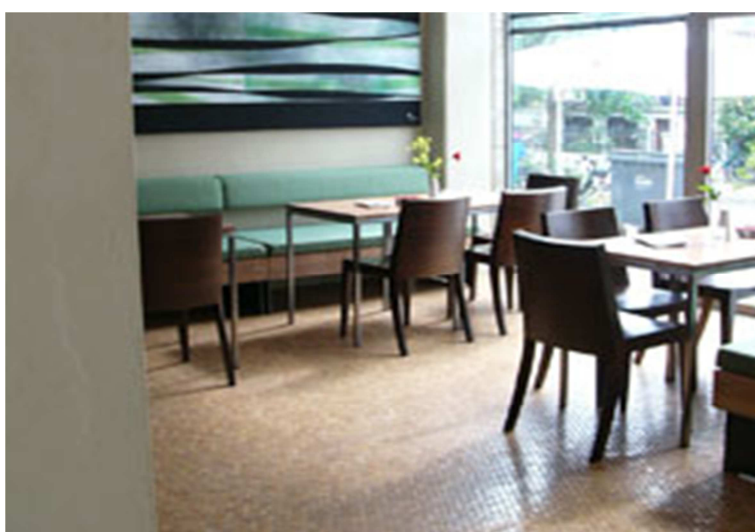
Pavimentos de piel reciclada



### 13.5. PAVIMENTO DE CORCHOS

Jelinek Cork Group, ha apostado por el aprovechamiento de los tapones de botellas para fabricar suelos tan aparentes como los cerámicos.

Jelinek, recolecta corchos de botellas de vino ya usados, luego son cortados en secciones, de poco más de medio centímetro de grosor, para formar baldosas pegadas sobre una superficie que irá a la pared o al suelo. Las baldosas pueden pintarse con diferentes colores y formas. Y así diseñadas se pegan al suelo. Para rematar el trabajo, se aplica una capa de poliuretano que sella las baldosas aumentando la resistencia natural del corcho al agua. (Información obtenida de [www.opendeco.es](http://www.opendeco.es)).



Pavimento a base de tapones de corcho

## BIBLIOGRAFÍA

### **Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos**

F. J. Colomer, A. Gallardo

Ed. Universidad Politécnica de Valencia

### **Reciclatge de Materials**

D. García, R. Balart, J. López

Ed. Universidad Politécnica de Valencia

### **The Recycler's Handbook**

The Earth Works Group

Ed. Leopold Blume

### **Reciclaje de Residuos Industriales**

X. Elías Castells

Ed. Diaz Santos

### **Envenenando la pobreza. Residuos electrónicos en Ghana**

J. Kuper, M. Hojsik

Greenpeace Internacional. Agosto 2008

### **Cerámica para la Arquitectura**

Instituto de Tecnología Cerámica

WEBS CONSULTADAS

<http://www.gva.es>  
<http://www.marm.es>  
<http://www.docv.gva.es>  
<http://www.boe.es>  
<http://eur-lex.europa.eu>  
<http://www.ecovidrio.es>  
<http://www.ecoacero.com>  
<http://www.anarpla.com>  
<http://www.enbuenasmanos.com>  
<http://www.portaldelmedioambiente.com>  
<http://www.sipse.com>  
<http://www.ine.es>  
<http://www.envac.es>  
<http://www.dracemedioambiente.com/>  
<http://www.inertesguhilar.com>  
<http://www.interempresas.net>  
<http://www.geosilex.com>  
<http://www.conpargroup.co.uk/aluminium-treadplate.html>  
<http://www.ecologiaverde.com>  
<http://www.aluminio.org/>  
<http://www.recicla vidrio.com>  
<http://www.csic.es>  
<http://www.cedex.es/>

DOCUMENTALES

Comprar, tirar, comprar

Cosima Dannoritzer, 2010

Coproducido por Article Z (Francia) y Media 3.14 (Barcelona)

Cofinanciado por Arte France, Televisión Española y Televisió de Catalunya