

# Informe “HACIA EL VERTIDO CERO”

**Informe presentado por  
José Antonio Pizarro de ESACAM y  
Jorge Ozcáriz de COMAV.**

**Introducción a cargo de Carlos Arnoult,  
Director de Ecocity & Industry**



**Ecosessions 2009  
Salón Ecocity & Industry  
Barcelona, 27 de mayo de 2009**



## Informe: “HACIA EL VERTIDO CERO”

*Autores:*  **COMAV**  
Consultoría y Medio Ambiente Vitoria S.L.

# INFORME: "HACIA EL VERTIDO CERO"

## ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN.....	1
1. CUESTIONES PREVIAS.....	5
1.1. La gestión de los residuos municipales en Europa.....	5
1.2. La gestión de los residuos municipales en España.....	8
1.3. Directrices y normativas en la gestión de residuos.....	13
1.3.1. La nueva Directiva marco europea de residuos.....	13
1.3.2. El Plan nacional integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015....	15
1.3.3. El Plan nacional de Residuos Urbanos del PNIR 2008-2015...	17
1.4. Residuos urbanos y GEI.....	19
2. MODELOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES.....	23
2.1. Recogida de los residuos municipales.....	23
2.2. Tratamiento y valorización de los residuos municipales.....	25
3. LA FRACCIÓN RESTO.....	27
3.1. Procedencia y caracterización de la fracción resto.....	27
3.2. Tecnologías y procesos de tratamiento.....	28
3.2.1. <i>Condicionantes y métodos de gestión de la fracción resto.....</i>	28
3.2.2. <i>Procedimientos para la valorización de la fracción resto...</i>	30
3.2.2.1. <i>Pretratamientos.....</i>	30
3.2.2.2. <i>Tratamientos.....</i>	33
3.3. El nuevo paradigma del Instituto de Sostenibilidad de los Recursos: Objetivo 100 kg.....	64
4. PROYECTOS E INICIATIVAS DE INTERÉS.....	69
4.1. El proyecto OTERSU.....	69
4.2. Combustible recuperado a partir de residuos sólidos urbanos.....	71
4.3. El sistema GEISERBOX.....	72

4.4. Gasificación por plasma en la Mancomunidad de Municipios del Este de Madrid.....	74
4.5. Depósito controlado gestionado como biorreactor en Alcalá de Río (Sevilla).....	75
4.6. EL proyecto CENIT del I3A.....	76
5. INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS MUNICIPALES EN ESPAÑA.....	77
5.1. Plantas de tratamiento mecánico-biológico.....	78
5.2. Plantas de tratamiento biológico-mecánico.....	81
5.3. Plantas de valorización energética.....	83

## INTRODUCCIÓN

La eliminación de los residuos urbanos supone, además de un problema ambiental de dimensión global, una cuestión de primer orden para las ciudades, que ven cómo, a pesar del notable incremento del reciclaje y de la implantación de algunas medidas de prevención en la generación de residuos, la producción de residuos urbanos en el mejor de los casos se estabiliza, cuando no crece.

En este contexto, los ayuntamientos y mancomunidades destinan importantes recursos económicos (inversión y gasto corriente) a la construcción y explotación de plantas de tratamientos diversos (instalaciones de biometanización, secado térmico, cogeneración, compostaje, recuperación de residuos de construcción o incineración), no consiguiendo, sin embargo, valorizar a través de éstas el cien por cien de los residuos que se han de gestionar.

En los tratamientos de biometanización y compostaje, por ejemplo, la fracción de rechazo supone, por lo general, más del 40% del residuo sólido urbano que se procesa. El destino de este material viene a ser habitualmente el depósito en vertedero controlado.

La incineración, que supone la máxima valorización de los deshechos, todavía genera como residuo final hasta un 25% de la cantidad original en forma de escorias (que pueden ser utilizadas en diversas aplicaciones en obra civil) y en torno a un 5% de cenizas volantes (que han de ser inertizadas o almacenadas en vertederos apropiados para este tipo de residuo). En la Unión Europea se producen anualmente unas 12 Megatoneladas de cenizas.

Por lo tanto, al montante económico destinado a la construcción y explotación de estas instalaciones, las administraciones locales han de dedicar importantes esfuerzos presupuestarios al mantenimiento de

vertederos, en unas condiciones de prevención y protección ambientales cada vez más exigentes, que encarecen progresivamente su gestión.

No es infrecuente además que, en plazos más o menos cortos, se dé el colapso de estas instalaciones, lo que plantea a las administraciones, además de un nuevo problema económico, la difícil decisión de ubicar en su territorio nuevas áreas de vertido.<sup>1</sup>

Ante esta situación, algunos municipios, empresas y gobiernos están promoviendo un nuevo planteamiento en la gestión de sus deshechos, basado en el objetivo denominado RESIDUO CERO. Este principio pretende afrontar el problema de los residuos desde su origen, centrándose no sólo en el tratamiento de los residuos para que los materiales se reciclen y se recupere la materia orgánica, sino también en el diseño de los productos, de forma que su vida útil se alargue sustancialmente. Para ello, cuestiones como el análisis de ciclo de vida o propuestas del tipo “de la cuna a la cuna” son claves.

Esta filosofía, que parte de la idea de que el desmesurado crecimiento de los residuos que genera nuestra sociedad está poniendo en peligro la capacidad de la naturaleza para su asimilación, exige cambios fundamentales en la forma en la que los materiales se incorporan a los flujos de consumo. El objetivo último es un sistema productivo que se dirija a la recuperación de los materiales, en vez de a su eliminación.

Los elementos de referencia que pueden conducir al RESIDUO CERO son el impulso decidido a las políticas de minimización de residuos y maximización de los procesos industriales de reciclaje y reutilización. Los expertos señalan que planteamientos del tipo RESIDUO CERO constituyen piezas clave para el desarrollo de una estrategia económica post-industrial.

Como ejemplo de esta afirmación, señalar que ya en 2003, el reciclaje empleaba a más trabajadores en Alemania que el sector de las telecomunicaciones y que en Estados Unidos, la industria de la

---

<sup>1</sup> Algunas estimaciones para España determinan que, a corto-medio plazo, será necesario tratar más de 3,5 millones de toneladas anuales de residuos que por el momento están siendo destinadas a vertederos cuya vida útil está llegando a su fin.

recuperación de residuos ha superado al sector automovilístico en la creación de puestos de trabajo directos. Grandes empresas como Sony, Mitsubishi, Helwett-Packard y Toyota han apoyado públicamente este objetivo de RESIDUO CERO.

Un paso importante en la consecución del objetivo RESIDUO CERO, que atañe directamente a las administraciones competentes en la planificación y gestión de los residuos, es el compromiso con el VERTIDO CERO, es decir, el nulo depósito en vertedero de residuos, sea cual sea su procedencia.

Para ello, es preciso identificar alternativas, mejoras o procesos complementarios a los tratamientos que actualmente se emplean, de manera que se consiga transformar la totalidad del residuo que se genera, bien en subproductos susceptibles de reutilización, bien en energía o en ambos a la vez. Y todo ello, desde los parámetros de protección ambiental y de la salud más estrictos.

En este sentido, varias empresas españolas, junto al Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR), se encuentran ya trabajando en un proyecto denominado OTERSU (Observatorio en Tecnologías de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos con Máximo Aprovechamiento y Mínimo Vertido), iniciativa que tiene como meta aumentar la cantidad de subproductos valorizables a partir de los residuos entregados en los centros de tratamientos, con el objetivo de alcanzar el VERTIDO CERO.

Otras compañías, de manera más sectorial, también avanzan en nuevos desarrollos tecnológicos que, de una forma u otra, buscan reducir la cantidad de residuo urbano destinado al vertido. Así, tratamientos relacionados con el plasma, la gasificación o la generación de combustibles derivados de los residuos se presentan como soluciones de gran interés en un futuro muy próximo.

Nos encontramos, por tanto, ante un escenario en el que el objetivo VERTIDO CERO se muestra, por un lado, como una imperiosa necesidad para la administración, que ve cómo su gasto destinado a la gestión de residuos se dispara, sin terminar de resolver un problema que, además de

recursos económicos, le exige la dedicación de importantes superficies del territorio a una actividad (el depósito de residuos en vertedero) que suele generar una gran contestación social.

Y por otro, como una nueva oportunidad para la aplicación de desarrollos tecnológicos ligados a la I+D+i ambiental, con lo que ello supone de especialización de las industrias del país en un sector con una proyección a futuro similar al de las energías renovables o a las tecnologías de tratamiento del agua. Amén del interés que para las propias administraciones tienen este tipo de actividades, ya que contribuyen al desarrollo económico del municipio y a la creación de puestos de trabajo para la población local.

A la vista de todo lo anterior, se ha elaborado el presente informe, denominado *HACIA EL VERTIDO CERO*, dirigido principalmente a los responsables de las administraciones competentes en gestión de residuos, en el que se recoge de manera estructurada las diferentes soluciones e iniciativas que existen en nuestro país para incrementar la eficiencia y el rendimiento de los métodos de tratamiento que ya se están empleando, valorizar los rechazos resultantes de los diferentes tratamientos de residuos, que habitualmente se depositan en vertedero, y minimizar el impacto ambiental de los procesos de tratamiento y valorización, incluyendo referencias a instalaciones ya en funcionamiento y ejemplos de buenas prácticas.



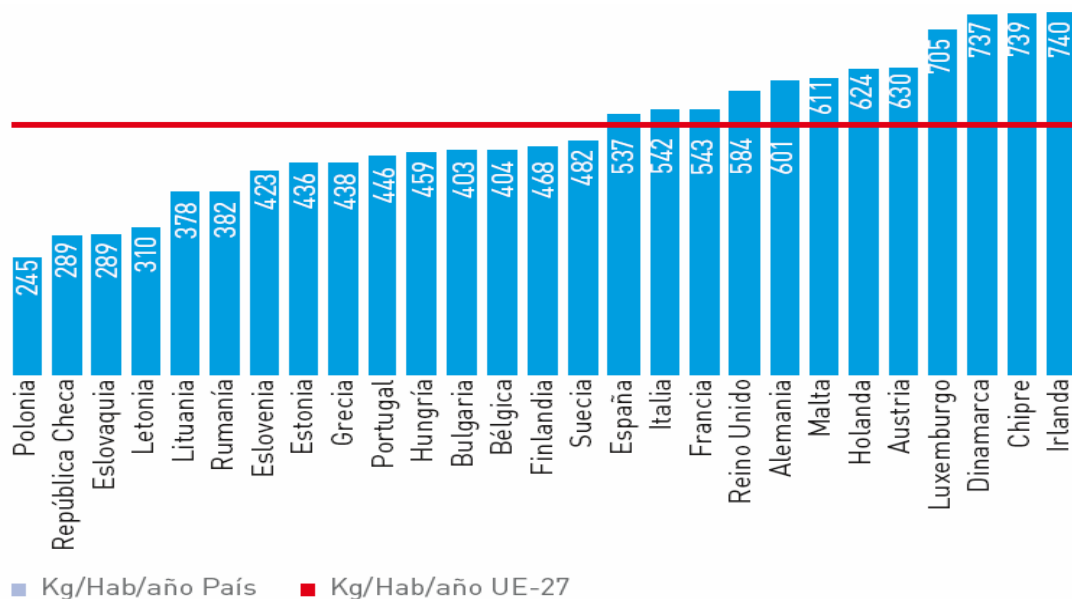
## 1. CUESTIONES PREVIAS

### 1.1. LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES EN EUROPA

En Europa, cada año se generan más de 1,8 millones de toneladas de residuos, de las que son recicladas menos de la tercera parte. Cada ciudadano de la UE genera anualmente unos 3.500 kg de residuos, procedentes sobre todo de las actividades comerciales y de servicios, la industria, la agricultura, la construcción y la minería.

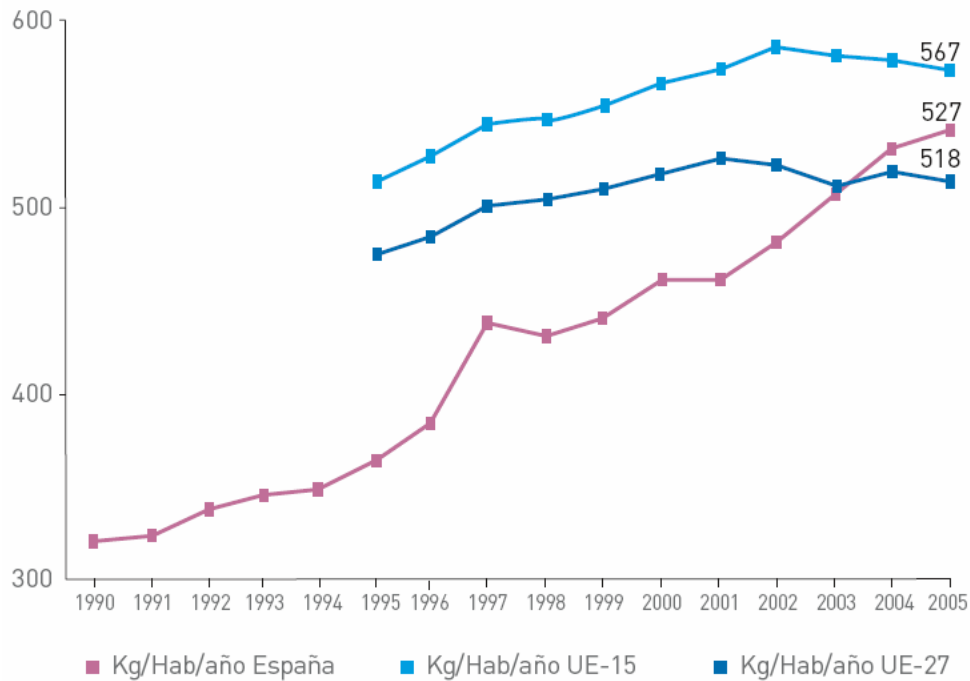
En lo que respecta a los residuos urbanos, en 1995 se generaron 460 kilos por persona, cifra que alcanzó los 520 kilos en 2004 y que está previsto se eleve hasta los 680 kilos en 2020. Esto supone un crecimiento de casi el 50% en 25 años.

La siguiente gráfica muestra la generación de residuos urbanos en los distintos países de la Unión Europea-27 (kg/hab/año), en el año 2005.



Fuente: Informe de Sostenibilidad en España 2007 del OSE (datos del MMA y Eurostat).

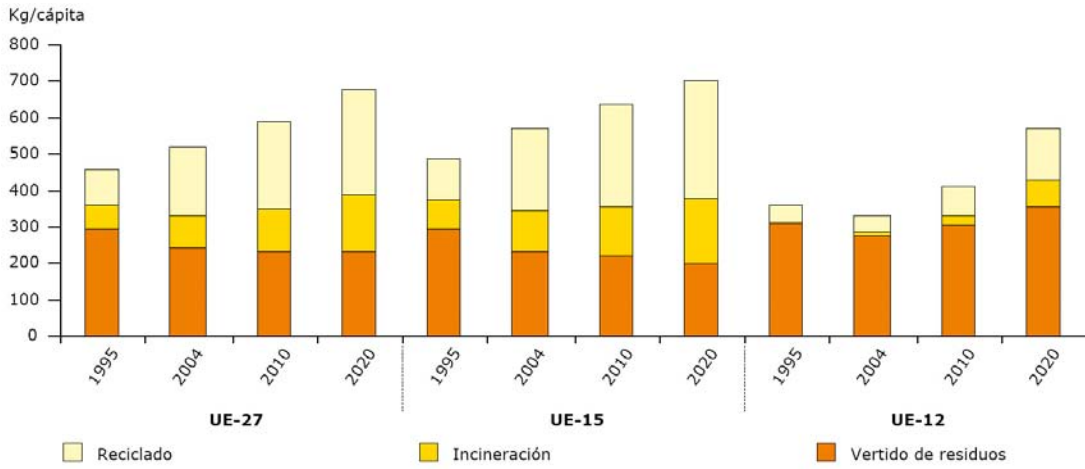
La evolución de la generación de residuos urbanos en España y la Unión Europea (kg/hab/año) a lo largo del periodo 1990-2005 ha sido la siguiente:



Fuente: Informe de Sostenibilidad en España 2007 del OSE (datos del MMA, INE y Eurostat).

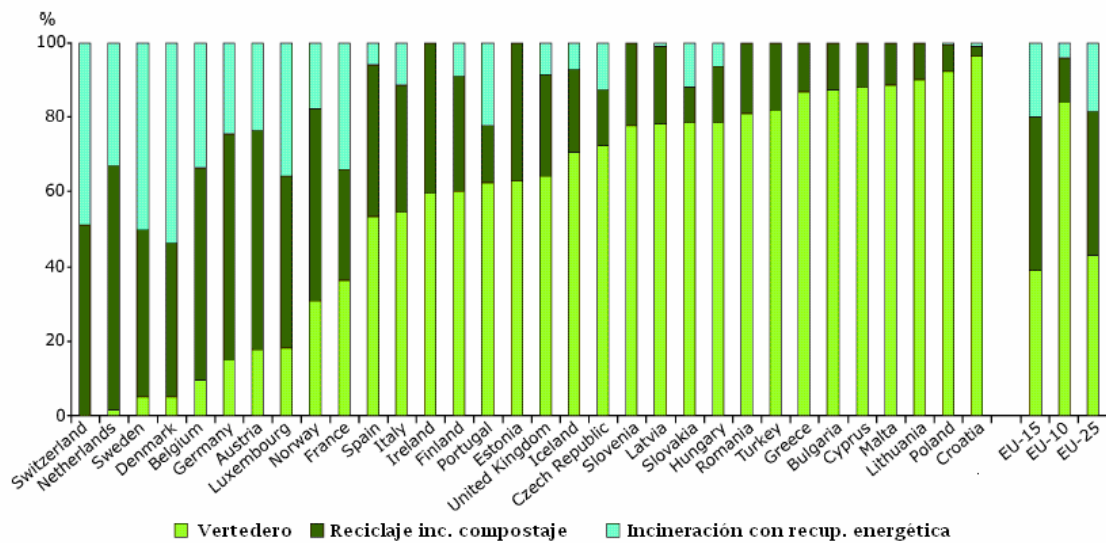
La opción principal de destino final para la gestión de los residuos urbanos en la UE es la eliminación en vertedero, alcanzando esta alternativa el 67% del total de los deshechos generados.

La siguiente gráfica muestra la generación y gestión de los residuos urbanos en Europa (*per cápita*) y su proyección a 2020.



Fuente: Eurostat y ETC/RWM.

La distribución por países del tratamiento (en porcentaje) que se da a los residuos sólidos municipales es como sigue:



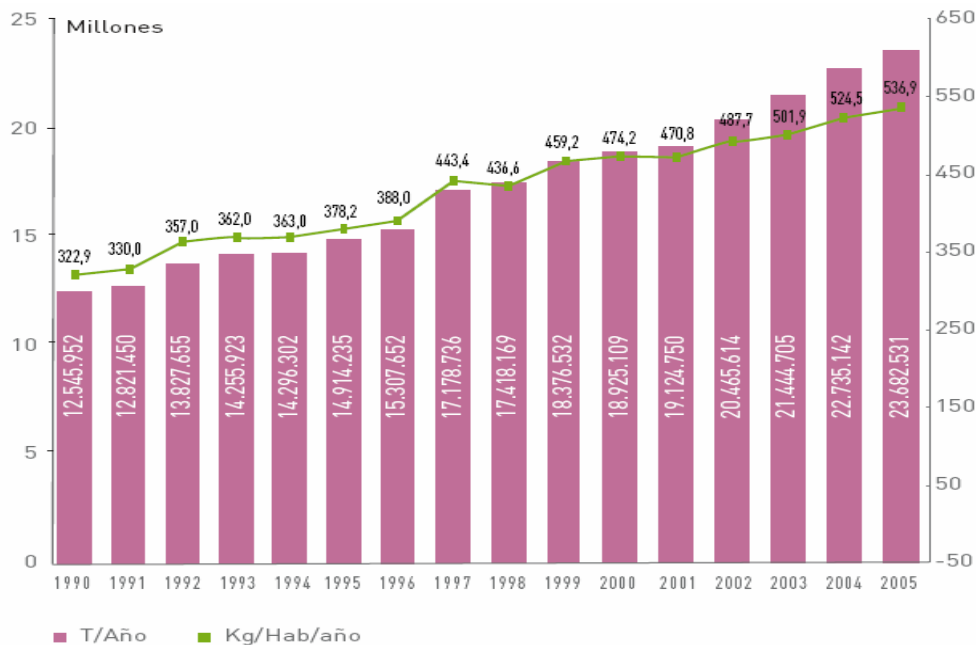
Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), 2007.

## 1.2. LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES EN ESPAÑA

En lo que se refiere a la generación de residuos urbanos en nuestro país, el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE), en su Informe de 2007, señala:

*“la cantidad de residuos generados en España ha experimentado en el año 2005 un aumento de la producción total (t/año) del 4,2% y un incremento de la producción relativa (kg por habitante y año) del 2,4% respecto al año 2004. Estos datos reflejan la tendencia ascendente en la generación de residuos y el alejamiento del objetivo de prevención establecido en el Plan Nacional de Residuos Urbanos 2000-2006.”*

Este mismo informe subraya el aumento del 88,8% que ha experimentado la producción de residuos urbanos en España durante el periodo 1990-2005. En este último año, la cantidad total de residuos urbanos generados ascendió a 23.682.531 toneladas.



Evolución de la generación de residuos urbanos en España. 1990-2005.

Fuente: Informe de Sostenibilidad en España 2007 del OSE (datos del MMA e INE, 2007)

Con respecto al ratio de generación de residuos urbanos por habitante y año, en el periodo 1990-2005 se produjo un incremento del 66,3%, alcanzándose este último año los 536,9 kg/hab/año.

A continuación se recogen algunos de los datos más significativos, para nuestro país, en lo que se refiere a la gestión de los residuos municipales. La información procede del Plan Nacional de Residuos Urbanos del PNIR 2008-2015 elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y se corresponde con el ejercicio 2006.

Modelos de recogida:

Modalidad de recogida		Toneladas	Porcentaje
Residuos recogidos selectivamente	Separados en domicilio:	2.519.340	11%
	Papel/cartón	934.062	4%
	Vidrio	562.000	2%
	EELL	606.200	3%
	F. Orgánica	417.078	2%
	Depositados en puntos limpios	697.432	3%
Residuos Mezclados		20.431.260	86%

Estimación de la evolución temporal de la recogida mixta/recogida selectiva de la fracción orgánica 1999-2006:

AÑO	Entrada a plantas de triaje y compostaje de recogida mixta (t)	Nº de plantas	Entrada a plantas de compostaje de recogida selectiva (t)	Nº de plantas
1999	3.284.067	26	24.619	6
2000	4.065.054	27	48.800	9
2001	4.447.724	25	85.741	14
2002	5.438.811	43	167.165	16
2003	5.801.872	49	232.731	16
2004	6.834.505	56	274.200	20
2005	6.455.248	59	202.149	23
2006	6.991.541	59	160.017	18

Sistemas de tratamiento y eliminación:

Instalaciones	Nº centros	Entrada (t/año)
Instalaciones de clasificación de envases	90	606.200
Instalaciones de compostaje de fracción orgánica recogida selectivamente	18	160.017
Instalaciones de triaje y compostaje	59	6.991.541
Instalaciones de triaje, biometanización y compostaje	13	1.168.565
Instalaciones de incineración (1)	10	2.024.586
Vertederos (1)	183	16.007.098

(1) Los rechazos de las plantas de clasificación de envases así como los procedentes de las de tratamiento biológico están contabilizados en las entradas a las instalaciones de incineración y de vertido.

Instalaciones de tratamiento biológico de la fracción orgánica:

TIPO de INSTALACIÓN	NÚMERO	CAPACIDAD APROXIMADA DE TRATAMIENTO (t/año)
Triaje y Compostaje	60	7.000.000
Compostaje de FO(*) de recogida selectiva	19	246.000
Triaje, Biometanización y Compostaje	18	3.022.528
TOTALES	97	10.268.528

(\*) FO: fracción orgánica

Instalaciones de triaje y compostaje:

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Nº PLANTAS	RESIDUOS MEZCLADOS (t)	COMPOST PRODUCIDO (t)	REHAZO (t)
ANDALUCÍA	21	2.470.279	153.224	1.564.887
BALEARES	1	51.913	7.300	27.127
CANARIAS	1	45.000	900	
CANTABRIA	1	250.913	10.687	197.769
CASTILLA-LA MANCHA	8	201.651	42.102	85.172
CASTILLA LEÓN	3	143.025	8.899	61.181
EXTREMADURA	5	302.263	20.521	167.103
GALICIA	1	16.207	951	9.053

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Nº PLANTAS	RESIDUOS MEZCLADOS (t)	COMPOST PRODUCIDO (t)	RECHAZO (t)
MADRID	3	1.089.512	84.869	566.514
MURCIA	6	631.153	63.114	443.772
NAVARRA	1	11.826	2.950	4.731
VALENCIA	8	1.741.830	119.641	1.281.141
<b>TOTALES</b>	<b>59</b>	<b>6.955.572</b>	<b>515.158</b>	<b>4.408.450</b>

Instalaciones de compostaje de fracción orgánica recogida selectivamente:

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Nº PLANTAS	RESIDUOS TOTALES (t)	RESIDUOS FORM (t)	RESIDUOS FV (t)	COMPOST PRODUCIDO (t)	RECHAZO (t)
BALEARES	1	4.369	1.655	2.714	935	157
CATALUÑA	17	155.648	122.267	33.381	12.793	23.568
<b>TOTALES</b>	<b>18</b>	<b>160.017</b>	<b>123.922</b>	<b>36.095</b>	<b>13.728</b>	<b>23.725</b>

Tratamiento en plantas de triaje, biometanización y compostaje de residuos mezclados y de fracción orgánica de recogida selectiva:

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Nº PLANTAS	TOTALES RESIDUOS (t)	BIOMETANIZACIÓN			COMPOSTAJE				COMPOST PRODUCIDO (t)	RECHAZO TOTAL (t)
			RESIDUOS MEZCLADOS (t)	FORM (t)	FV (t)	FRACCIÓN DE BIOMETANIZACIÓN (t)	RESIDUOS MEZCLADOS (t)	FORM (t)	FV		
BALEARES	1	1.927						1.927			
CASTILLA Y LEON	4	478.224	41.610				436.614			32.482	304.834
CATALUÑA.	4	279.359	138.391					140.289	679	7.306	162.572
GALICIA	1	254.132		64.757	20.768	76.975	91.632			70.576	80.025
MADRID	1	127.253	127.253								115.465
NAVARRA	1	4.027	4.027								1.893
LA RIOJA	1	100.618	49.629				50.989			8	41.171
<b>TOTALES</b>	<b>13</b>	<b>1.168.565</b>	<b>360.910</b>	<b>64.757</b>	<b>20.768</b>	<b>76.975</b>	<b>579.235</b>	<b>142.216</b>	<b>679</b>	<b>110.372</b>	<b>705.960</b>

Número, capacidad de incineración y cantidad de residuos incinerados:

CCAA	Nº instalaciones	Capacidad nominal (t/año) (1)	Toneladas RSU incineradas en 2006
Baleares	1	300.000	323.866
Cantabria	1	93.600	64.018
Cataluña	4	699.170	660.123
Galicia	1	533.452	469.428
Madrid	1	241.000	284.335
País Vasco	1	240.000	179.179
Melilla	1	36.000	43.637
<b>TOTAL</b>	<b>10 + 4</b>	<b>2.143.222</b>	<b>2.024.586</b>

(1) Estimación obtenida a partir de datos publicados en [www.aeversu.com](http://www.aeversu.com)

En lo que se refiere a los Residuos Municipales Biodegradables (RMB) depositados en vertedero:

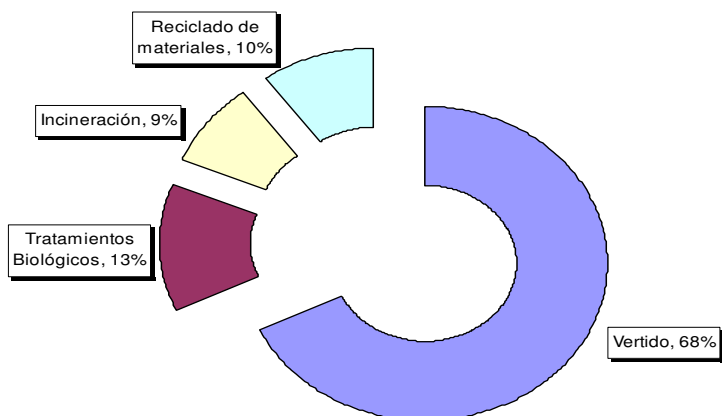
Referencia 1995: RMB generados = 11.934.142 t	2004 (1)	2005 (2)	2006
RMB vertidos(t)	6.707.298	7.150.161	7.768.229
Porcentaje vertido (%)	56	60	65

(1) Sin información de los territorios de Castilla y León, Murcia y Navarra.

(2) Sin información de los territorios de Murcia y Navarra

En definitiva, señalar que en el año 2006 se destinó al reciclado de materiales el 10% de los residuos urbanos recogidos (vidrio, papel, envases ligeros y puntos limpios), el 13% se sometió a tratamiento biológico, se incineró aproximadamente el 9% y acabó en vertedero el 68%, tal como se muestra en la siguiente figura:





### 1.3. DIRECTRICES Y NORMATIVAS EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS

#### 1.3.1. La nueva Directiva marco europea de residuos

El 20 de octubre de 2008, en Luxemburgo, el Consejo de Ministros de Medio Ambiente de la Unión Europea aprobaba una nueva directiva marco sobre residuos (Directiva 2008/98/CE) que supone para los países comunitarios una mayor exigencia y el establecimiento de una serie de objetivos vinculantes en lo que se refiere al reciclaje y la reutilización de materiales, incluido el compostaje, para los próximos años.

Así, los países de la UE tendrán que adoptar las medidas e instrumentos necesarios para garantizar que en 2020 se recicla o reutiliza el 50% del papel, el plástico y el vidrio de los residuos domésticos, así como el 70% de los desechos no peligrosos procedentes de la construcción y las demoliciones. En el caso de que los Estados no alcancen estas metas en el periodo establecido, la Comisión podrá llevarlos ante el Tribunal de Justicia por incumplimiento de lo establecido en la directiva. Y en todo caso, estos objetivos serán revisados por la Comisión en 2020.

Con esta directiva se ha conseguido que la jerarquía de tratamiento de residuos figure por primera vez en la legislación europea, se incorpora una definición de los subproductos y del "fin de la condición de residuo", y se incluye una referencia a los biorresiduos, en la que se exige su recogida selectiva, su tratamiento específico y el establecimiento de estándares de uso para su compostaje, obligando a los Estados miembros a que tomen medidas para promover la producción; sin embargo, y aunque el compromiso prevé la introducción de objetivos de reutilización y reciclaje de los residuos, no se han incluido objetivos vinculantes para su prevención.

Los elementos de la jerarquía que servirá de principio orientador en la legislación y la política sobre la prevención y la gestión de los residuos son, por orden de importancia:

- la prevención
- la preparación para la reutilización
- el reciclaje
- otros tipos de valorización, y
- la eliminación

Una de las cuestiones más debatidas en la gestación de esta nueva directiva marco ha sido la consideración de la incineración de los residuos sólidos urbanos como una operación de "eliminación" o de "valorización". Hasta el momento, la normativa comunitaria ha venido considerando las plantas incineradoras como instalaciones de eliminación, aunque algunas de estas plantas que producen energía están clasificadas como de valorización.

La Comisión Europea y el Consejo entienden que las operaciones de incineración deberían ser consideradas de valorización, ya que contribuyen a cumplir los objetivos de eficiencia energética. De esta manera, la incineración quedará incluida dentro de la valorización siempre que las plantas cumplan unos mínimos de eficiencia energética. De esta manera, según la Comisión Europea y el Consejo, se incentivará la mejora de la eficiencia de las demás plantas. Esta disposición se revisará seis años después de la entrada en vigor de la directiva.

También, en el plazo de cinco años a partir de su entrada en vigor, los Estados miembros deberán poner en marcha planes nacionales de gestión de residuos, que presentarán un análisis de la situación en cada uno de ellos, así como programas de prevención de residuos. A este respecto, en 2014 la Comisión fijará objetivos para la prevención, que serán de aplicación a partir de 2020.

Por otro lado, la nueva directiva traslada una mayor responsabilidad al productor de residuos, pudiendo adoptar los Estados miembros medidas tales como la aceptación de los productos devueltos y de los residuos generados tras el uso de dichos productos, la subsiguiente gestión de los residuos, la responsabilidad financiera de estas actividades o la publicación de información sobre en qué medida el producto es reutilizable y reciclable.

### ***1.3.2. El Plan nacional integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015***

El pasado 26 de diciembre de 2008, el Consejo de Ministros aprobó el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015, que plantea como objetivos principales la reducción de la cantidad de residuos que llegan a los vertederos (propugnando para ello la reutilización y la recogida selectiva para incrementar la tasa de reciclado) y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global.

Otro aspecto básico que se recoge en el Plan es la necesidad de mejorar el conocimiento sobre la producción y la gestión de los residuos, proponiendo para ello el intercambio periódico de información entre las administraciones y los sectores afectados.

En este Plan se contemplan todos los residuos que figuran en la Lista Europea de Residuos (LER) generados en España o procedentes de países extranjeros, a excepción de los residuos radiactivos.

Los residuos de origen animal regulados en el Reglamento (CE) 1774/2002 y los líquidos y deyecciones ganaderas (purines) están también considerados

en el Plan mediante dos anejos donde se incluyen un diagnóstico y un conjunto de medidas.

En cuanto a inversiones, el Plan prevé una dotación presupuestaria específica anual "para promover actuaciones de interés general, de carácter innovador y que se consideren prioritarias para fomentar cambios en la gestión de residuos".

Para el año 2009, se ha previsto una dotación económica de 23 millones de euros, además de la financiación que el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2008-2011) incluye para proyectos destinados a la mejora de la gestión de los residuos, una de sus líneas prioritarias de actuación.

El PNIR se estructura, a su vez, en trece planes de residuos específicos y tres documentos estratégicos o anejos con medidas y objetivos ambientales concretos, a saber:

- Plan Nacional de Residuos Urbanos
- Plan Nacional de Residuos Peligrosos
- Plan Nacional de Vehículos Fuera de Uso
- Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso
- Plan Nacional de Lodos de Depuradora EDAR
- Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición
- Plan Nacional de Descontaminación policlorobifenilos (PCB), policloroterfenilos (PCT)
- Plan Nacional de Pilas, baterías y acumuladores
- Plan Nacional de Residuos de Aparatos Eléctricos y electrónicos
- Plan Nacional de Residuos de Actividades Extractivas
- Plan Nacional de Residuos de Plásticos de Uso Agrario
- Plan Nacional de Residuos industriales no Peligrosos
- Plan Nacional de Suelos Contaminados
- Estrategia Española de reducción de residuos biodegradables destinados a vertederos

- Documento estratégico de análisis de instalaciones de tratamiento y reducción de purines de explotaciones porcinas en las que se produce energía eléctrica
- Conclusiones sobre eliminación o valorización de residuos procedentes de subproductos animales

### **1.3.3. El Plan Nacional de Residuos Urbanos del PNIR 2008-2015**

El Plan Nacional de Residuos Urbanos, incluido en el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015, aboga por el cumplimiento de la normativa en vigor y de las futuras obligaciones dispuestas en la nueva Directiva Marco europea de Residuos, como garantía para reducir la generación de los residuos, y para aprovechar mejor los recursos contenidos en ellos y minimizar el impacto que tienen la producción y gestión de los residuos en el medio ambiente, en particular, en lo que se refiere a las emisiones de GEI.

Incide también en la necesidad de mejorar la información disponible sobre residuos urbanos de origen domiciliario y en la elaboración periódica de estadísticas, para una planificación eficaz de su gestión y una verificación del grado de cumplimiento de los objetivos, así como en la importancia de aplicar el principio de proximidad y autosuficiencia en la gestión de los residuos para reducir los efectos no deseados del transporte.

Objetivos cuantitativos:

- de prevención
  - Reducción para 2012 de un 4% de las toneladas de residuos de envases respecto del 2006
  - Para las bolsas comerciales de un solo uso, disminución del 50% a partir de 2009 y establecimiento para 2010 de un calendario de sustitución y prohibición progresiva de plásticos no biodegradables

- de reutilización

- Porcentajes de reutilización de envases de vidrio\*

Producto	Canal HORECA	Resto canales consumo
Aguas envasadas	60	15
Cerveza	80	
Bebidas refrescantes	80	
Vino	80	
Leche	50	

*\*Estos porcentajes podrán ser modificados en la primera revisión del plan a la luz de la mejora de la información*

- Establecimiento de porcentajes de reutilización para diferentes tipos de envases comerciales e industriales en la primera revisión del Plan, en particular bidones y palets.

- de reciclado

- Durante el período de vigencia del Plan:
    - Incrementar la cantidad de fracción orgánica recogida selectivamente como mínimo a 2 millones de toneladas para destinarla a instalaciones de compostaje o biometanización de la FORS (fracción orgánica recogida selectivamente).
    - Incremento de las toneladas recogidas de las siguientes fracciones procedentes de recogida selectiva en 2006:

Material	Incremento (año base 2006)	Toneladas en 2015
Papel/Cartón procedencia municipal	100%	1.800.000
Vidrio	100%	1.162.000
Plástico	100%	230.000
Metales	100%	92.000

*Estos porcentajes podrán ser modificados en la primera revisión del plan*

- Incremento de las toneladas recogidas selectivamente de diferentes fracciones procedentes de otros canales de recogida: HORECA, grandes generadores, etc.
- de valorización energética
  - Alcanzar en 2012 una capacidad de incineración de 2,7 millones de toneladas, frente a los 2,1 millones de toneladas de 2006.
- de vertido
  - Reducir la cantidad de residuos biodegradables municipales destinada al vertido en 2006 (7.768.229 toneladas) hasta las 4.176.950 toneladas en 2016 para cumplir el objetivo establecido en la normativa de vertido.

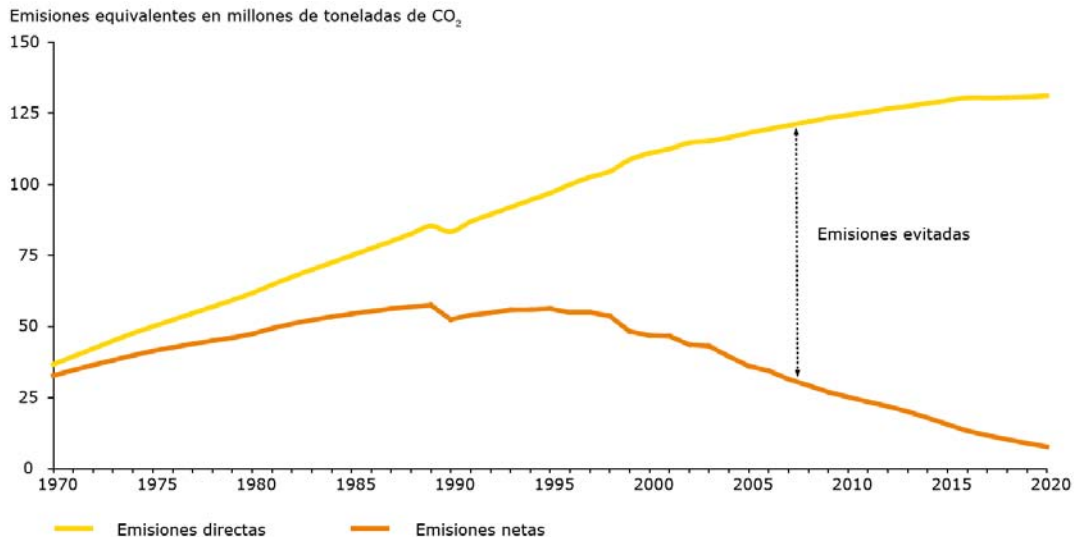
#### **1.4. RESIDUOS URBANOS Y GEI**

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), en el año 2005, aproximadamente el 2% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de la Unión Europea procedían de las emisiones generadas en la gestión de residuos.

En concreto, las emisiones de metano, uno de los seis gases de efecto invernadero controlados por el Protocolo de Kyoto, aparecen especialmente vinculadas al sector agropecuario y a las operaciones de vertido de residuos. De ahí la necesidad de que las políticas europeas relativas a la gestión de residuos deban enfocarse a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo, mediante la recuperación del metano que se genera en las masas de vertido o, preferentemente, mediante el tratamiento previo de los residuos urbanos biodegradables.

Otra fuente de emisiones ligada a la gestión de residuos tiene que ver con el consumo de energía inherente a la recogida, el tratamiento y la utilización industrial de éstos.

Las proyecciones de la EEA con respecto a la evolución de las emisiones netas de gases de efecto invernadero procedentes de la gestión de residuos urbanos señalan que, frente a un máximo anual a finales de los años 80 equivalente a unos 55 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, en 2020 éstas se reducirán hasta los 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, como se muestra en la siguiente figura.



Fuente: ETC/RWM.

Las proyecciones señalan que la mejora en la gestión de los residuos urbanos en Europa reducirá la emisión de gases de efecto invernadero. En todo caso, se producirá un doble efecto: por un lado, se prevé que la cantidad de residuos enviados a las instalaciones de gestión siga aumentando a medida que se incremente la generación de residuos *per cápita* y mejoren los procedimientos de recogida, multiplicando las emisiones directas de gases de efecto invernadero procedentes del sector de gestión de los residuos.



Por otro, se espera que, para 2020, el vertido de residuos suponga el 60% del total, y el reciclado y la incineración alrededor del 20% cada uno, siendo estos tratamientos cada vez más frecuentes. Esta circunstancia va a suponer evitar la generación de gases de efecto invernadero, lo que compensará notablemente las emisiones directas.<sup>2</sup>

A este respecto, las proyecciones de la EEA consideran que la capacidad de gestión de los residuos aumentará en función de la demanda: de no ser así, es decir, si las inversiones en nuevas y mejores formas de gestión no aumentan al mismo ritmo que el volumen de residuos, las emisiones netas de gases de efecto invernadero podrían ser mayores.

Este escenario se plantea, no obstante, bajo una hipótesis de aumento de la cantidad de residuos generados. Si se consigue actuar, a través de políticas de prevención, en la contención o incluso en la disminución en la generación de residuos, se reducirán todavía más las emisiones de los gases procedentes de este sector<sup>3</sup>, además de obtener otros beneficios, tales como la reducción de los costes de gestión, de la contaminación atmosférica (con partículas y óxidos de nitrógeno) y del ruido y otras molestias provocadas por la recogida y el transporte.

De ahí la necesidad de impulsar políticas y acciones dirigidas no sólo a la mejora en la gestión, ya que, de no ser capaces de reducir los volúmenes de producción de residuos, los efectos positivos para el medio ambiente que estas mejoras suponen correrían el riesgo de anularse.

---

<sup>2</sup> Se estima que, en 2020, el reciclado contribuirá en un 75% a la reducción total de emisiones y la incineración en casi el 25%.

<sup>3</sup> Se estima que las emisiones correspondientes a la recogida y el transporte de residuos representan, a día de hoy, menos del 5% de las emisiones directas de gases de efecto invernadero con respecto al global de su gestión, principalmente como consecuencia de las cortas distancias recorridas durante el transporte de los residuos urbanos. No obstante, en 2020 se calcula que estas emisiones podrían alcanzar el 40% de las emisiones netas asignadas a la gestión de los residuos.



## 2. MODELOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES

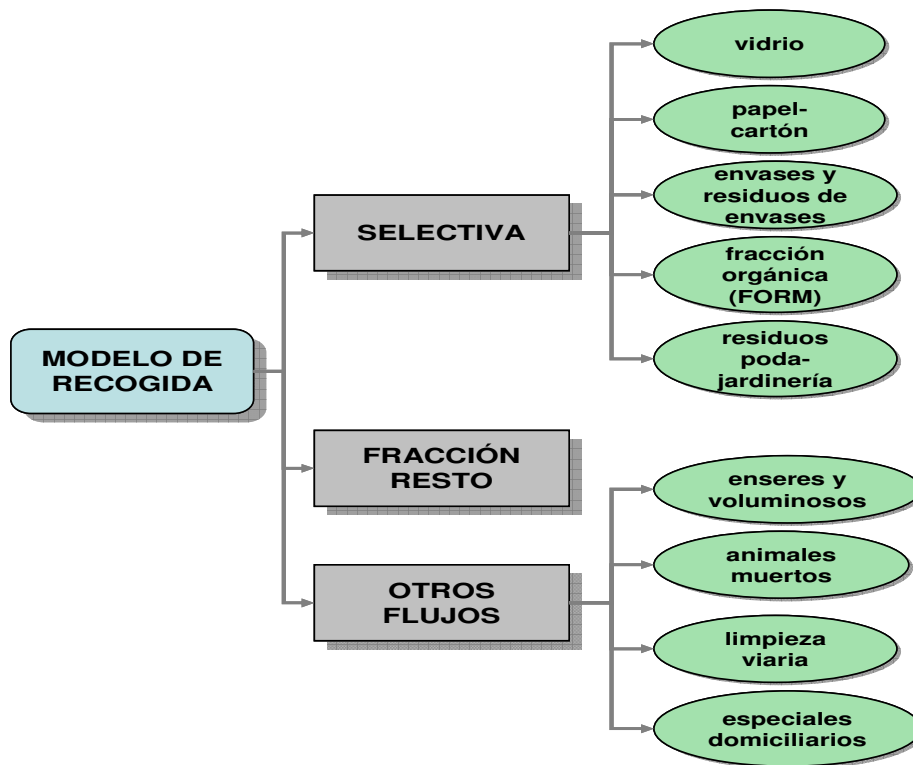
### 2.1. RECOGIDA DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES

La primera fase en la gestión de los residuos municipales se corresponde con la recogida de los mismos, operación que va a condicionar sobremanera las posteriores fases de manejo, tratamiento y destino.

Según se plantee esta recogida (en masa o selectiva, número de fracciones a separar para su reciclaje, eficiencia en las operaciones de separación, periodicidad de la recogida...) el modelo posterior de tratamiento, las instalaciones necesarias y los costes de gestión pueden llegar a ser sustancialmente diferentes.

La composición específica de los propios residuos puede también llegar a condicionar las soluciones de tratamiento, por ello es necesario disponer de caracterizaciones que nos permitan conocer con qué tipo de productos vamos a tener que operar.

Los modelos de recogida de residuos municipales suelen responder a un esquema como el que se muestra a continuación o muy similar.



Fuente: elaboración propia

En cuanto a los sistemas de recogida, éstos pueden ser también variados. Tradicionalmente, la recogida se hacía por bolseo, depositando los residuos directamente en la vía pública. Este sistema, que generaba suciedad, exigía un elevado número de personal y complicaba la recogida selectiva, fue sustituido por sistemas basados en la contenerización en superficie, con camiones de recogida trasera o lateral, en ocasiones bicompartimentados.

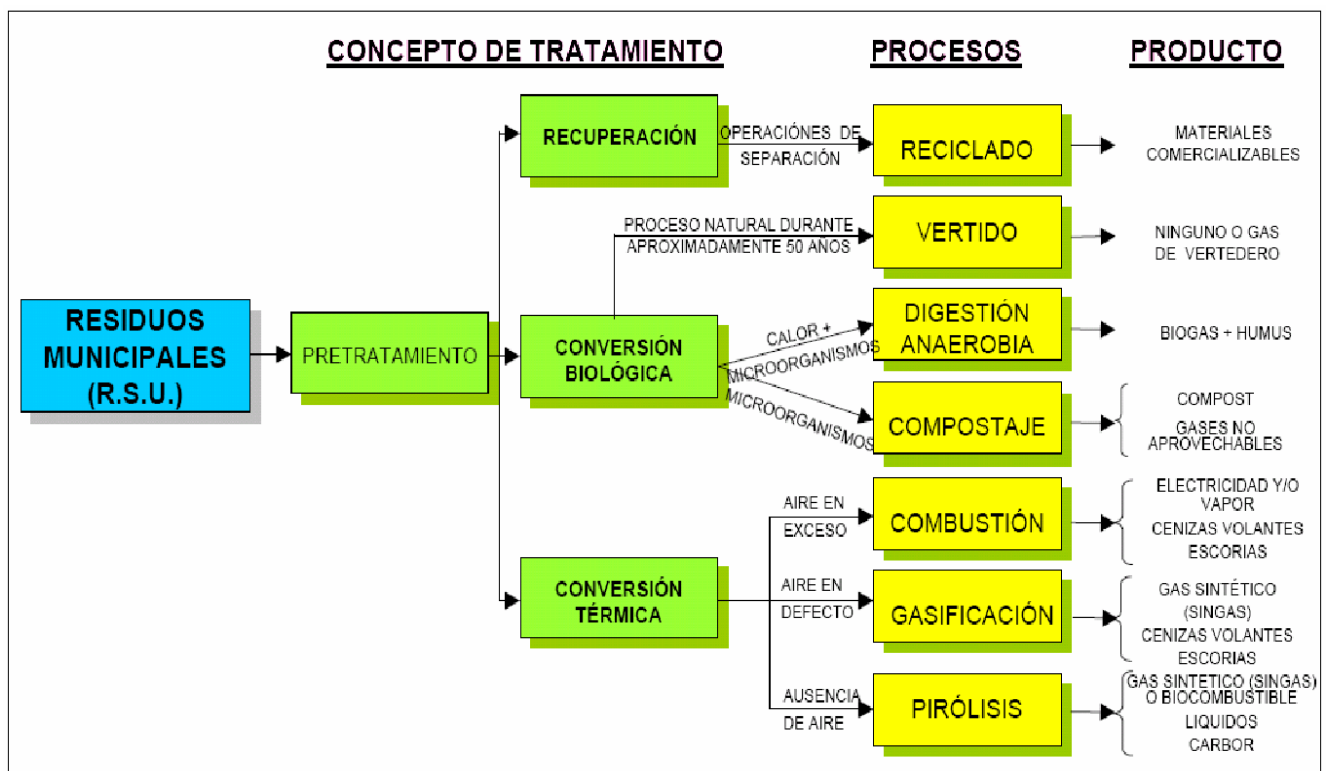
Posteriormente, se han incorporado a la recogida de residuos municipales otros sistemas más avanzados como son los contenedores soterrados o la recogida neumática, que presentan múltiples ventajas frente a los anteriores (depósito de residuos sin horario, reducción sustancial del número de camiones de recogida, bajos costes de explotación...), aunque no suponen una solución aplicable a todos los flujos de residuos.

## 2.2. TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES

El tratamiento de los residuos municipales pasa inicialmente por el reciclado de aquellos materiales que se recuperan, bien a partir de las recogidas selectivas o en las operaciones de separación que se realizan en las plantas de clasificación y procesado.

Además de la recuperación de materiales, los residuos pueden experimentar un tratamiento de transformación biológica (en plantas de biometanización, compostaje o en vertedero) o de transformación térmica (en plantas de incineración, con procesos de diferentes características).

En la figura siguiente se recoge esquemáticamente las diferentes opciones de tratamiento, procesos y productos resultantes.



Fuente: A. Maíllo Sánchez

Una correcta gestión de los Residuos Municipales exige, en definitiva, la maximización del porcentaje de recogida selectiva (incluida la fracción orgánica), la valorización de las fracciones recogidas selectivamente, un correcto tratamiento de la fracción resto y un aprovechamiento, hasta donde sea posible, de la fracción de rechazo procedente de los tratamientos anteriores.

## 3. LA FRACCIÓN RESTO

### 3.1. PROCEDENCIA Y CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN RESTO

Se entiende por fracción resto el conjunto de todos los residuos urbanos no recogidos selectivamente. La forman los residuos generados en los domicilios particulares y aquellos de carácter domiciliario procedentes de comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y sean asimilables a domiciliarios.

Una cuestión clave, a la hora de plantear una correcta gestión de residuos, es efectuar la mejor recogida selectiva posible, en términos de cantidad y calidad. De esta manera se reducirá al máximo la fracción resto y su composición será más homogénea, lo que nos permitirá plantear un tratamiento posterior más ajustado a las características del residuo.

La composición de la fracción resto puede variar sensiblemente de unos municipios a otros, en función de los hábitos de consumo, la implicación de sus ciudadanos con el reciclaje, los métodos de recogida de residuos...

A modo indicativo, se presenta en la siguiente tabla la composición media de los residuos urbanos procedentes de la fracción resto (basura doméstica no seleccionada) generados en la Comunidad Autónoma de Extremadura (caracterización realizada durante 2007-2008 en los ecoparques de la región).

FRACCIONES	%
Fracción orgánica biodegradable	42,90
Papel- Cartón	18,07
Plásticos	15,81
Textil y piel	4,72
Textil y celulósico sanitario	3,51
Vidrio	4,49
Metales Férricos	3,02
Bricks	1,66
Madera	1,57
Metales no Férricos	0,66
R.A.E.E.	0,57
Otros materiales*	3,05

\* diversos tipos de residuos como pilas y acumuladores, baterías de vehículos, fluorescentes y lámparas de mercurio, tierras y escombros, etc.

## 3.2. TECNOLOGÍAS Y PROCESOS DE TRATAMIENTO

### 3.2.1. CONDICIONANTES Y MÉTODOS DE GESTIÓN DE LA FRACCIÓN RESTO

Hasta hace pocos años, el destino mayoritario para la fracción resto en España venía siendo el almacenamiento directo en vertedero, sin ningún tratamiento previo, y como segunda opción, la incineración con o sin recuperación de energía.

Con la aprobación de la *Directiva 99/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos*, se establece la exigencia de que los residuos deban de haber sido objeto de tratamiento antes de ser depositados en un vertedero.

Con ello, la citada Directiva pretendía prevenir o reducir en lo posible los efectos negativos sobre el medio ambiente de los vertidos de residuos, tanto peligrosos como no peligrosos, durante todo el ciclo de vida del vertedero, y los posibles riesgos para la salud. La transposición al derecho interno español



de la Directiva 1999/31/CE se efectuó mediante el *Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.*

Pero, además de una exigencia legal, el tratamiento de la fracción resto contribuye a facilitar la explotación de los vertederos, reduce su potencial de impacto ambiental y social y alarga la vida útil de unas instalaciones de elevados costes de implantación y explotación, amén de las dificultades que supone su localización en el territorio.

La valorización de la fracción resto es también un factor clave para adecuarse a la correcta jerarquía de opciones de tratamiento de los residuos y evolucionar hacia un modelo de gestión integrada de recursos, productos y residuos.

En todo caso, la gestión de los residuos que conforman la fracción resto está condicionada por factores técnicos, económicos, sociales y ambientales, cuyo alcance y evolución, en ocasiones, es difícil de determinar.

La revisión de la normativa de ámbito europeo o estatal, la evolución de las recogidas selectivas y de la composición de la propia fracción resto, la situación a futuro del mercado de materiales recuperados y productos finales orgánicos, la incentivación del uso de los combustibles de residuos (CR) o la evolución de los costes de vertido e incineración, son algunas de las variables que van a incidir forzosamente en el modelo de gestión.

Los métodos de valorización de la fracción resto se pueden clasificar de la siguiente forma:

a. Recuperación de materiales para el reciclaje o para valorizaciones específicas: papel y cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles...

b. Obtención de productos finales orgánicos (PFO) para su aplicación al suelo. Se puede considerar como PFO "cada uno de los flujos de materia orgánica residual de distinto origen y características básicas, susceptibles de ser aplicados al suelo con funciones de enmienda, fertilizante o substrato,

de acuerdo con la legislación vigente y con las buenas prácticas ambientales, edafológicas y agronómicas".<sup>4</sup>

c. Elaboración de combustibles de residuos (CR o CDR). Se denominan CR a los "combustibles alternativos derivados de residuos no peligrosos, capaces de sustituir al combustible convencional de un horno industrial, de forma que es posible recuperar prácticamente el 100% de la energía contenida en los residuos y que tienen características determinadas y estables en el tiempo y cumplen con los requisitos técnicos establecidos por los utilizadores."<sup>5</sup>

d. Aprovechamiento de rechazos combustibles para la obtención de energía a partir de residuos.

e. Aprovechamiento del biogás de vertedero para la obtención de energía eléctrica.

### **3.2.2. PROCEDIMIENTOS PARA LA VALORIZACIÓN DE LA FRACCIÓN RESTO**

#### **3.2.2.1. PRETRATAMIENTOS**

Estas operaciones tienen por objeto llevar a cabo la separación de las diferentes fracciones del residuo urbano y el triaje de subproductos valorizables presentes en él.

##### ***A. Con separación de la materia orgánica***

Por un lado, en el módulo de pretratamiento se procede a la separación mecánica de la fracción orgánica. Por otro, se separarán otras fracciones, según su naturaleza y tamaño, que seguirán procesos diferenciados.

---

<sup>4</sup> Según el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR).

<sup>5</sup> *Ibidem.*

Las fracciones que habitualmente se obtienen son las siguientes:

- Materiales voluminosos (procedentes del triaje).
- Materia orgánica (procedente de la separación mecánica)
- Subproductos valorizables (procedentes de la clasificación automatizada y del triaje)

Los subproductos valorizables procedentes de los procesos de pretratamiento vienen a ser:

- papel/cartón
- plásticos (PET, PEAD, PEBD, plástico mezcla)
- metales férricos y no férricos
- brick y compuestos
- vidrio

Los equipos más habituales en este tipo de pretratamiento son:

- cabinas de triaje
- trómeles
- separadores balísticos
- separadores ópticos
- separadores magnéticos
- separadores de materiales no férricos
- prensas (para metales, subproductos valorizables, rechazo...)

Los materiales procedentes del pretratamiento de difícil valorización y libres de materia orgánica constituyen lo que se denomina fracción rechazo.

### ***B. Biosecado o bioestabilización***

Este proceso, cuyo desarrollo veremos en más detalle en el apartado de *tratamientos biológico-mecánicos*, se puede emplear tanto para la fracción resto procedente de la obtención de materiales reciclables, como para residuos recogidos en bruto, sin separación en origen. En él, toda la fracción putrescible se oxida aeróbicamente (fermentación aeróbica) y el calor que desprende se emplea para secar e higienizar el residuo (se alcanzan temperaturas en el interior de la masa de 50-60 °C).

De esta manera, la materia orgánica se degrada, consiguiendo el residuo resultante unas condiciones más eficientes y salubres para la posterior utilización de los materiales existentes.

Con la evaporación del agua presente en los residuos y la degradación de parte de la materia orgánica, durante este proceso se produce una reducción en peso del residuo original del 25-30%.

El producto que se obtiene puede seguir diferentes vías de tratamiento: selección mecánica de diferentes fracciones, elaboración de combustibles derivados de residuos, compostaje, envío a biorreactores activables (vertederos diseñados y gestionados con el propósito de maximizar la producción y la recolección del biogás generado por los residuos acumulados) o depósito en vertedero controlado una vez conseguida su total estabilización.<sup>6</sup>

### ***C. Separación en dos fases mediante extrusión***

Consiste en la aplicación de un procedimiento basado en la compresión y extrusión a alta presión para separar los residuos sólidos urbanos en dos fracciones (húmeda y seca). El residuo original puede proceder directamente de una recogida en masa o de una primera separación en trómel, y las fracciones obtenidas pasan a ser recuperables a través de otros procesos.

Los residuos sólidos urbanos están formados aproximadamente por una fracción seca, que viene a suponer un 50-60% en peso y una fase húmeda (entre el 40% y 50%) compuesta por sustancias orgánicas y fermentables.

El equipo utilizado trabaja en ciclos que constan de tres fases: la alimentación, la fase de compresión y la de extrusión. En este último proceso, que se realiza a altas presiones (entre 1.000 y 3.000 atmósferas), los

---

<sup>6</sup> Pendientes de la aparición de una normativa para los residuos biodegradables y al objeto de cumplir con la reglamentación sobre vertidos, varios países han redactado protocolos y guías, generalmente a partir de diferentes test de actividad biológica. En Cataluña también se aplican especificaciones de este tipo para determinar la estabilización del residuo antes de su depósito en vertedero.

residuos se comportan como un líquido incompresible, moviéndose la fracción fluida a través de la parte inerte (fracción seca) hasta salir de la matriz.

De esta manera, se obtiene una fracción húmeda con una mayor densidad y degradabilidad, respecto a la conseguida en los procesos tradicionales, pudiéndose obtener hasta un 8% más de producto compostado.

Otras ventajas son:

- recuperación del 95% de la materia orgánica presente en los residuos
- reducción en los tiempos de fermentación aeróbica
- alta estabilización
- disminución de emisiones con el consiguiente ahorro en biofiltros.

Para la fracción seca, las ventajas se derivan de su elevado peso específico (menor espacio en vertedero) y su posible utilización para recuperación térmica y obtención de combustibles.

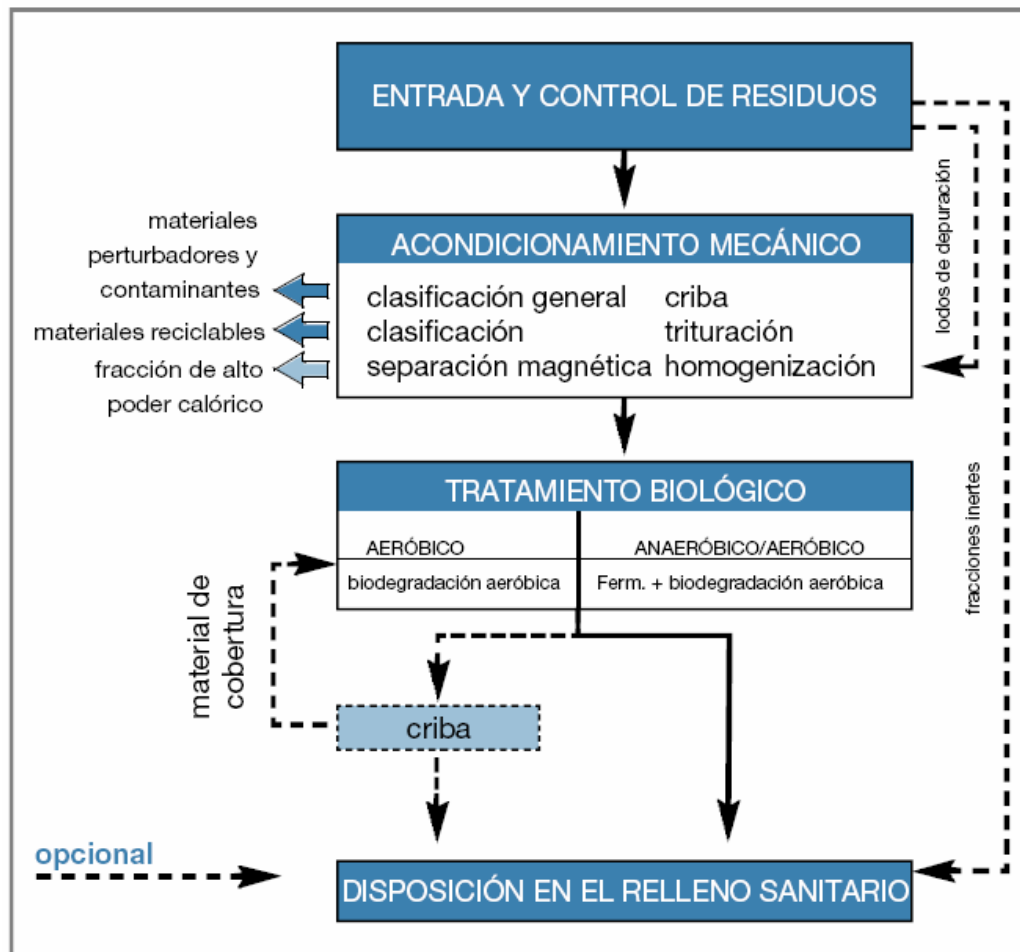
### **3.2.2.2. TRATAMIENTOS**

#### ***A. Tratamientos mecánico-biológicos (TMB)***

El objetivo principal del tratamiento mecánico-biológico de residuos sólidos es minimizar el impacto ambiental de la disposición de residuos mediante una amplia estabilización de los mismos. Además, este tipo de tratamiento permite aprovechar también materiales reciclables, obtener energía y generar subproductos tales como el compost o combustibles a partir de residuos.

Básicamente, el tratamiento mecánico-biológico de residuos sólidos se desarrolla en las siguientes etapas:

- entrada y control de los residuos,
- acondicionamiento mecánico,
- tratamiento biológico y
- disposición final de los residuos tratados en vertedero.



Etapas de un tratamiento mecánico-biológico de residuos sólidos, según la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ). 2003

Las dos primeras etapas incluirían lo que hemos venido a señalar en el punto anterior como pretratamientos de separación en dos fases mediante extrusión, con separación de la materia orgánica u otros procesos similares. Es decir se retiran, primero, los materiales no deseados (p. ej. elementos de gran tamaño) y, dado el caso, los materiales reciclables. Los desechos que quedan se preparan entonces para el tratamiento biológico que se realizará a continuación; para ello se trituran, mezclan y, si fuese necesario, se humedecen.

En la etapa biológica, lo que se pretende es estabilizar al máximo dichos residuos. Esto se puede lograr, básicamente, mediante dos procesos diferentes de degradación: un proceso aeróbico (biodegradación aeróbica), en presencia de oxígeno del aire, o bien, un proceso anaeróbico (fermentación), en ausencia de oxígeno.

En la degradación aeróbica, la parte orgánica de los residuos es descompuesta por microorganismos, generando dióxido de carbono y vapor, reduciéndose al mínimo la contaminación por lixiviados, ya que éstos se reutilizan en el tratamiento. Este tipo de tratamiento biológico no genera emisiones de biogás.

En la degradación anaeróbica, la componente orgánica de los residuos se degrada con microorganismos anaeróbicos, produciendo biogás, que puede ser utilizado para generación energética (producción eléctrica mediante motores o turbinas de combustión). En este caso sí se generan lixiviados que exigen un sistema de tratamiento.

Además de la estabilización o inertización del residuo, otra ventaja del tratamiento mecánico-biológico es la reducción de su volumen y la posibilidad de una mayor compactación, lo que prolonga significativamente la vida útil de los vertederos.

Dependiendo de las diferentes tecnologías que se empleen, antes o después de tratamiento biológico, también se puede separar mecánicamente la fracción con alto poder calorífico, la cual, después de su secado y preparación puede utilizarse como combustible en la industria cementera o en plantas termoeléctricas.

Siguiendo el *Estudio de Viabilidad del Centro Metropolitano nº 4 de Tratamiento Integral de Residuos Municipales (Ecoparque 4) en el Área Metropolitana de Barcelona*, elaborado por la *Entitat del Medi Ambient del Área Metropolitana de Barcelona*, pasamos a exponer a continuación sus consideraciones, con alguna puntualización complementaria (en cursiva), sobre los distintos procesos de estabilización de los residuos.

## Estabilización aeróbica de materia orgánica

Las aplicaciones existentes en el mercado pueden agruparse en tres grandes grupos:

1. Túneles.
2. Volteadora móvil en nave cerrada.
3. Volteadora automática sobre carro en nave cerrada.

Se recoge a continuación una breve descripción de cada uno de los procesos así como sus principales ventajas e inconvenientes y su aplicabilidad al tratamiento de la componente orgánica de la fracción resto.

<b>Túneles</b>	
<b>Descripción</b>	<p>El proceso se desarrolla en túneles, siendo estos elementos unas construcciones realizadas <i>generalmente</i> en hormigón de planta rectangular y una altura aproximada de 5 metros, donde se introduce el material a compostar hasta una altura aproximada de 2,5 metros.</p> <p>Los túneles pueden ser estáticos o dinámicos, siendo estos últimos completamente automáticos en su carga, volteo y descarga. Donde la capacidad a tratar es muy elevada, los túneles estáticos no tienen sentido.</p> <p><i>En los estáticos, el proceso tiene lugar en un túnel cerrado, con una vía de ventilación controlada por impulsión o aspiración, para el aporte del O<sub>2</sub>, imprescindible para los microorganismos. Los lixiviados son recogidos, conducidos a un depósito y reutilizados para la humectación de la siguiente partida. Los gases que no se recirculan son conducidos a biofiltros depuradores, con posibilidad intermedia de sistemas de lavado, refrigeración y/o humectación.</i></p> <p>En los túneles dinámicos el material se introduce mediante el sistema de carga automático debiendo ser perfectamente mezclado previamente. Una vez en el interior del túnel, éste se cierra y empieza el proceso de aireación en todo su interior hasta conseguir la madurez de producto requerida. Debido a que el proceso de aireación es a todo lo largo del túnel existe una cierta limitación en cuanto a la longitud total del mismo debido a las pérdidas de carga que se producen. Las longitudes máximas se establecen en torno a los 35 metros.</p> <p>En estos túneles dinámicos, una volteadora entra periódicamente en su interior para remover el material y facilitar el proceso de aireación. Cuando ha terminado el proceso de degradación se extrae el material del interior del túnel y mediante el sistema de descarga se dirige al proceso de afino.</p> <p>El proceso es completamente automático en la carga, volteo, descarga de material, el control de los parámetros de proceso (control de temperatura y oxígeno) y en el sistema de inyección de agua y recogida de lixiviados.</p> <p>Todo el aire extraído de la aireación, así como de renovación de la nave de estabilización es recogido y tratado en un sistema de depuración de olores.</p>



Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un sistema completamente cerrado.</li> <li>• El traslado de los sólidos es automático.</li> <li>• <i>En los túneles estáticos</i> existe una menor necesidad de equipos móviles en la planta.</li> <li>• <i>En los túneles dinámicos</i> se da una menor necesidad de personal debido a la importante automatización del proceso, pero existe más personal que en el proceso de volteadora sobre carro.</li> <li>• Este sistema permite un gran control sobre el proceso.</li> <li>• El sistema es modular permitiendo de forma relativamente sencilla su ampliación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto consumo eléctrico.</li> <li>• Alto coste relativo de mantenimiento para las partes móviles (volteadoras) debido a su presencia en el interior de la nave de compostaje.</li> <li>• Necesidad de personal de trasiego de materiales en el caso de túneles estáticos.</li> <li>• El número de tecnólogos para túneles dinámicos es limitado.</li> </ul>

<b>Volteadora móvil en nave cerrada</b>	
<p><b>Descripción</b></p>	<p>El proceso se desarrolla en el interior de una nave cerrada mediante una volteadora móvil manejada por un operario.</p> <p>El operario se encarga de orientar la volteadora frente al material a voltear y pone en funcionamiento la máquina. Una vez en funcionamiento puede abandonar la cabina de la volteadora y regresar cuando sea necesario parar y reiniciar el proceso. Sin embargo, se requiere monitorización constante para evitar desviaciones de la máquina.</p> <p>La nave cuenta con aireación bajo suelo al comienzo del proceso y extracción de las áreas para su tratamiento en biofiltro.</p> <p>El proceso es más difícil de monitorizar y controlar y es necesaria la intervención de maquinaria móvil para la formación de las pilas o la meseta del volteo.</p> <p>Adicionalmente tiene el inconveniente de la necesidad de presencia de personal en el interior de la nave de compostaje en una atmósfera cargada, lo que puede provocar problemas sanitarios.</p>
Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menores costes de explotación.</li> <li>• Menor consumo eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este sistema permite un menor control sobre el proceso.</li> <li>• Es un sistema tecnológicamente anticuado.</li> <li>• Mayor necesidad de personal debido a la poca automatización del proceso.</li> <li>• Existe una mayor necesidad de equipos móviles en la planta.</li> <li>• El traslado de los sólidos no es automático.</li> <li>• Alto coste relativo de mantenimiento para las partes móviles (volteadora) debido a su presencia en el interior de la nave de estabilización.</li> <li>• El personal debe trabajar en el interior de la nave de estabilización lo cual lo hace poco recomendable desde el punto de vista de seguridad y salud.</li> <li>• El sistema es muy poco flexible y no es modular.</li> <li>• El sistema es poco aplicable para grandes capacidades.</li> </ul>

<b>Volteadora automática sobre carro en nave cerrada</b>	
<b>Descripción</b>	<p>El proceso se desarrolla en el interior de una nave cerrada donde se deposita la fracción orgánica formando una meseta con una altura máxima de 2,5 metros.</p> <p>La carga se realiza mediante un sistema de cintas y de forma completamente automatizada.</p> <p>Una volteadora o un conjunto de tornillos montados sobre un puente grúa se encarga de hacer avanzar y voltear el material hasta que cumple el tiempo de permanencia previsto en la nave, momento en el cual se extrae mediante un sistema de cintas transportadoras.</p> <p>El proceso de reparto de material, movimiento y avance del material se lleva a cabo de forma completamente automática.</p> <p>En las primeras etapas del proceso el material además es aireado por medio de ventiladores que usualmente aspiran aire de la nave y haciéndolo pasar a través del material a compostar. El proceso es completamente automático, en el avance del material, el control de los parámetros de proceso (control de temperatura y oxígeno) y en el sistema de inyección de agua y recogida de lixiviados.</p> <p>Todo el aire extraído de la aireación, así como de renovación de la nave es recogido y tratado en un sistema de depuración de olores.</p>
<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un sistema completamente cerrado.</li> <li>• El traslado de los sólidos es automático.</li> <li>• Existe una menor necesidad de equipos móviles en la planta.</li> <li>• Menor necesidad de personal debido a la importante automatización del proceso.</li> <li>• Este sistema permite un gran control sobre el proceso.</li> <li>• Gran número de referencias.</li> <li>• Menor consumo eléctrico que otros sistemas de estabilización cerrados.</li> <li>• Puede tratar grandes cantidades de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema no es modular, por tanto debe dimensionarse correctamente para evitar problemas de estacionalidad. El crecimiento en cuanto a capacidad, sólo puede producirse añadiendo nuevas naves de estabilización lo que incluye el sistema de volteo y movimiento de los materiales.</li> <li>• Alto coste relativo de mantenimiento para las partes móviles debido a su presencia en el interior de la nave, la cual genera un ambiente agresivo.</li> <li>• Alto coste relativo de reposición de partes móviles.</li> <li>• Inversión superior a otros procesos aunque las inversiones se igualan para altas capacidades de tratamiento.</li> </ul>

### **Digestión anaerobia**

Una de las cuestiones clave, si no la más importante, a la hora de decidir qué tecnología de digestión anaerobia de las existentes en el mercado es la más adecuada, se refiere a si el proceso debe ser húmedo o seco. Esta diferenciación clasifica el tratamiento anaeróbico de la fracción orgánica

de los residuos en dos grandes grupos (digestión anaeróbica húmeda y digestión anaeróbica seca), y tiene que ver con el contenido en sólidos de la fracción que alimenta el digestor (en el primer caso, el contenido en materia seca del residuo está por debajo del 15%, generalmente entre el 3 y el 15%; en el segundo, el contenido está entre el 20 y el 40%). Las principales diferencias entre un método y otros de digestión anaeróbica se recogen en el siguiente cuadro:

<b>DIFERENCIAS DE PROCESO</b>		
<b>Operación</b>	<b>Vía húmeda</b>	<b>Vía seca</b>
1.- Preparación de la suspensión	Mezcla y desfibrado de la materia orgánica mediante pulpeado. Se utilizan sistemas muy enérgicos, de elevados consumos eléctricos y con elevado desgaste.	Consiste en la mezcla con fango inoculado del digestor y la adición de vapor. No implica más que la utilización de un equipo de bombeo de alta presión.
2.- Separación de impropios	Se realiza mediante sistemas de cribado y desarenado. Se utilizan muchos equipos de bombeo y complicados sistemas. Cuando el contenido de impropios se hace muy elevado implica elevados consumos y costes de operación y mantenimiento.	No se realiza en esta etapa porque el proceso no lo requiere. La separación se deja para el proceso del afino, una vez estabilizado y secado el material. De esta forma se optimiza el uso de los sistemas de depuración.
	La capacidad de seriación de estos equipos es pequeña. Cuando el contenido de impropios se eleva, es necesaria la utilización de grandes tanques desarenadores y equipos de tamizado, con el consiguiente incremento de la inversión.	
3.- Digestión anaerobia		
3.1.- Alimentación	Se alimenta el digestor mediante bombas de tornillo. Previamente se utiliza un depósito pulmón que tiene que ser agitado.	La alimentación del digestor se realiza mediante una bomba de pistón de alta presión tipo PUTZMEISTER.
3.2.- Agitación	La agitación del fango es imprescindible para evitar la estratificación del digestor.	Algunas tecnologías producen la agitación del fango mediante la recirculación del biogás.
3.3.- Calentamiento	El calentamiento del digestor se realiza mediante equipos de bombeo con elevados desgastes.	El calentamiento del digestor no es necesario. En el proceso de mezcla se adiciona vapor que además sirve para la hidrólisis del material. Es necesaria una caldera para la producción de vapor.
3.4.- Acumulación de impropios	Para evitar la acumulación de impropios del digestor es necesario prever sistemas de extracción de flotantes y sedimentos antes del reactor. La operación de los mismos es complicada y con elevados costes de operación y mantenimiento.	La extracción de flotantes y sedimentos no es necesaria puesto que el diseño del digestor y el propio proceso evitan la estratificación y garantizan la no acumulación de impropios. Sin embargo, la vía seca es muy sensible a la granulometría de los residuos, por lo que hay que actuar sobre ellos para obtener un tamaño de residuos que evite la precipitación. De no hacerlo, habría que prever la limpieza periódica del digestor.

<b>DIFERENCIAS DE PROCESO</b>		
<i>Operación</i>	<i>Vía húmeda</i>	<i>Vía seca</i>
4.- Deshidratación		
4.1.- Deshidratación	Es imprescindible la deshidratación para reducir la humedad del fango saliente del digestor, con valores entre el 3 y 5%. Para ello se utilizan centrifugas o filtros con elevados consumos de operación y mantenimiento. La utilización de estos equipos con fangos que contengan materiales abrasivos implica elevados desgastes.	También se requiere deshidratación, aunque en ocasiones se puede configurar el proceso para poder disponer de un subproducto que pueda actuar como estructurante.
4.2.- Sistemas de adición de coagulantes	Debido a la baja carga de sólidos es necesario adicionar coagulantes químicos. Estos son de elevado coste e introducen contaminantes al proceso que pueden inhibir la acción bacteriana. Por ello es necesario aumentar la renovación del agua de proceso y por lo tanto se incrementan los costes de tratamiento de lixiviados.	La necesidad de adición de coagulantes es menor, lo que reduce el coste de aporte de estos productos.
5.- Obtención de biogás	El biogás se extrae con la presión disponible en el digestor. Se utilizan soplantes y sistemas de depuración para cumplir con las condiciones exigidas por los motores.	Para una misma cantidad y composición de residuo, la producción de biogás es mayor por vía seca que en vía húmeda, debido a que en la seca no se ha realizado preparación previa (retirada de flotantes y sólidos que precipitan), operación en la que se puede llegar a perder hasta un 30% de la materia orgánica,

En cuanto a las ventajas e inconvenientes de un proceso sobre otro:

<b>VENTAJAS</b>	
<b>Vía húmeda</b>	<b>Vía Seca</b>
Aplicación para productos con bajo contenido en sólidos y bajo contenido de improprios.	Bajo consumo de energía por tonelada tratada.
El producto obtenido es el de mayor calidad de los de fermentación de materia orgánica.	Aunque no siempre, menor desgaste y mantenimiento de equipos.
	Si está bien diseñado, no se producen acumulaciones de improprios en el proceso.
	No se producen lixiviados en el tratamiento de residuos orgánicos con concentraciones del 30% de materia seca.
	Pocas necesidades de personal.

<b>DESVENTAJAS</b>	
<b>Vía Húmeda</b>	<b>Vía Seca</b>
Alto consumo de energía	Baja calidad del compost por la absorción de metales pesados durante el proceso
Elevados costes de mantenimiento y operación	Es precisa la utilización de equipos de bombeo muy sofisticados que requieren un mantenimiento regular.
Si la operación de retirada previa no se realiza correctamente, puede producirse acumulación de impropios en el digester, así como en otras partes del proceso. Esto supone problemas de operación y mantenimiento.	La granulometría del residuo a digerir es clave. Si ésta es elevada, puede producirse precipitación, con la consecuente acumulación de impropios.
Elevado consumo de coagulantes para la deshidratación con el consiguiente incremento de coste de operación.	También hay consumo de coagulantes, aunque en menor cantidad.
Implica la necesidad de bastante personal para mantener operativo el sistema.	

En este sentido, el mencionado *Estudio de Viabilidad del Ecoparque 4*, realizado por la *Entitat del Medi Ambient del Àrea Metropolitana de Barcelona*, señala también:

<b>VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE DIGESTIÓN SECA FRENTE A LA DIGESTIÓN HÚMEDA</b>	<b>DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE DIGESTIÓN SECA FRENTE A LA DIGESTIÓN HÚMEDA</b>
Mejor comportamiento que los húmedos respecto a segregación de decantados y flotantes.	Mayor desgaste mecánico en los sistemas de transporte mecánico del sólido a digerir, dada la mayor concentración de sólidos presente.
Mayor sequedad del sólido digerido tras el proceso de deshidratación.	Menor flexibilidad en cuanto a admitir residuos con alto contenido en humedad: purines, lodos, etc.
Reducción de los equipos de preparación de la materia antes de la digestión.	Mayor concentración de DQO y DBO <sub>5</sub> en el agua sobrante del proceso requiriendo por tanto un sistema de depuración de las aguas residuales más exigente.

<b>VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE DIGESTIÓN SECA FRENTE A LA DIGESTIÓN HÚMEDA</b>	<b>DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE DIGESTIÓN SECA FRENTE A LA DIGESTIÓN HÚMEDA</b>
Menor volumen del digestor por existir menor cantidad de agua para disolución en la corriente de entrada al mismo.	Mayor concentración de sólidos en suspensión en la corriente líquida a la salida del sistema de deshidratación, teniendo en cuenta sistemas de deshidratación y consumos de polielectrolito por kilo de sustancia seca equivalentes. Esto obliga a aumentar la inversión en el sistema de deshidratación para reducir esta concentración de sólidos y que la planta depuradora de agua residual funcione correctamente.
Menores necesidades de calentamiento del digestor al ser de menor volumen. Esta ventaja resulta relativa, ya que en los procesos de digestión anaeróbica existe un excedente de energía térmica.	Si la agitación del material en el interior del digestor no se realiza correctamente, existe la posibilidad de formación de presiones diferenciales en el interior del digestor por acumulación del biogás, lo cual obliga a implementar sistemas de agitación especialmente eficaces.
Aunque "a priori" los sistemas secos permiten introducir una mayor de elementos contaminantes o de impropios en el digestor, en la práctica se ha demostrado que los requerimientos en cuanto a materiales inertes (piedras, vidrios, tierras, etc.) son muy similares en ambas tecnologías, y, en cambio, el proceso seco puede admitir mayor cantidad de papel en el proceso de digestión.	Menor homogeneidad en la suspensión en el interior del digestor.
	Mayores requerimientos mecánicos en las bombas de trasiego de sólidos.

A este respecto, el Informe concluye:

*- En principio, ambas tecnologías están preparadas para tratar la fracción orgánica de recogida selectiva (FORM), teniendo en cuenta en cualquier caso que es necesario realizar un pretratamiento para eliminar los elementos contaminantes.*

*- En cuanto al tratamiento de la fracción orgánica separada de las fracciones RESTO o RSU (MOR) todas las tecnologías de digestión que han desarrollado un proyecto en España han tenido que adaptar sus sistemas de eliminación y extracción de contaminantes, o en el caso*

*de que este sistema no exista (soluciones tipo seco), se ha tenido que incrementar el nivel del pretratamiento (añadiendo equipos de separación de inertes fundamentalmente) para obtener una MOR sin tantos contaminantes.*

*- En el caso de la digestión anaerobia, aquellas tecnologías con presencia en el mercado español tendrían la ventaja de conocimiento del residuo a tratar, frente a empresas competidoras pero sin referencias en España.*

### **Observaciones del Instituto de Sostenibilidad de los Recursos (ISR)**

Con relación a los Tratamientos Mecánico-Biológicos (TMB), el Instituto de Sostenibilidad de los Recursos hace las siguientes consideraciones:<sup>7</sup>

a) en nuestro país, con carácter general, una parte importante de los residuos valorizables todavía se encuentran en la fracción resto. Interesa, por tanto, dirigir esta fracción a tratamientos mecánico-biológicos para aprovechar estos materiales presentes y sólo los rechazos de estos tratamientos, de unas características mejores que las de la fracción resto original, se depositarán en vertedero o se incinerarán.

b) no es previsible que, a corto plazo, se alcancen porcentajes suficientemente altos de recogida selectiva de todos los materiales como para justificar una gestión de la fracción resto dirigida exclusivamente a la eliminación.

c) tratar la fracción resto se hace obligatorio en el caso del vertido, ya que:

- La normativa exige un pretratamiento de los residuos, y la recogida selectiva no lo es.

---

<sup>7</sup> Jornada: *Proposta de nou model de gestió, examen de les tecnologies de tractament, valorització i deposició de la fracció resta*, celebrada del 31 de enero al 1 de febrero de 2005 en Barcelona.

- Para cumplir con las condiciones al vertido de los países más desarrollados se hace imprescindible este tipo de tratamiento.
- El residuo tratado facilita la explotación de los vertederos, reduce su potencial de impacto ambiental y social y alarga su vida útil en tanto que recurso escaso.

d) en el caso de la incineración, el TMB mantiene su condición de opción medioambiental complementaria, ya que permite:

- Reducir el tamaño de la planta y su inversión asociada.
- Flexibilizar el funcionamiento de la instalación y aumentar el aprovechamiento de materiales, sin que esto suponga un incremento excesivo del coste total de tratamiento de la fracción resto.

Por lo tanto, las funciones que desempeñan las plantas de tratamiento de la fracción resto son las siguientes:

- Servir de tratamiento previo al vertido en cumplimiento de la normativa.
- Complementar a la recogida selectiva para cumplir el objetivo de desviación de vertedero de residuos urbanos (RU) biodegradables.
- Complementar la recogida selectiva para cumplir la modificación de la Directiva de Envases y Residuos de Envases.
- Reducir la necesidad de infraestructuras de vertido o incineración.
- Mejorar las características del rechazo para su vertido o incineración.
- Contribuir a los objetivos de utilización de energías renovables.
- Prevenir un encarecimiento excesivo de la gestión de RU derivado del incremento progresivo de las tarifas de vertido e incineración, y
- Ajustar la gestión de RU a la jerarquía ambiental vigente.

Señala también que para que las instalaciones de TMB puedan desarrollar todas sus funciones en la gestión integrada de residuos es preciso:

- que las condiciones técnicas, económicas y de aplicación de materiales recuperados evolucionen favorablemente y
- que exista una acción decidida de desarrollo de las aplicaciones finales de los productos recuperados.



En cuanto a la incidencia económica de los TMB de la fracción resto en el coste global de tratamiento del residuo, éste depende fundamentalmente del coste de vertido o incineración directa del mismo. Así el ISR señala que, para el tratamiento de 120.000 t/año de fracción resto, la incidencia de tratar ésta previamente mediante un TMB es como sigue:

<b>COSTE DEL VERTIDO O INCINERACIÓN</b>	<b>INCREMENTO COSTE TRATAMIENTO</b>
20 €/t	+ 100%
45 €/t	+ 20%
70 €/t	- 10% al 0%

### ***B. Tratamientos biológico-mecánicos (TBM)***

Estos tratamientos consisten en someter a los residuos sólidos urbanos a un proceso de estabilización y secado biológico con el fin de degradar la materia orgánica presente en ellos.

Este proceso, denominado de bioestabilización, transforma el residuo original en un producto seco, estabilizado, sin patógenos ni olores, fácil de tratar, utilizar o manipular, cuyos componentes pueden ser separados para la obtención de materiales o destinarse a la producción de energía.

Las fases de un tratamiento biológico-mecánico vienen a ser las siguientes:

- recepción de los residuos sólidos urbanos
- trituración
- estabilización y secado (fermentación aeróbica)
- tratamiento de las emisiones resultantes (vapor de agua y CO<sub>2</sub>), y
- prensado o afino de la fracción resultante.

Debido a las condiciones de temperatura que se alcanzan durante el proceso, se produce una evaporación del agua que contienen los residuos, por lo que además se reduce su volumen en un 25-30%.

A modo de ejemplo, pasamos a describir un tipo de TBM denominado BIOCUBI®, desarrollado por la empresa ECODEO Srl. Otra empresa que también proporciona sistemas similares es HERHOF GMBH (Herhof Stabilat® Method).

En el sistema BIOCUBI® toda la fracción putrescible es oxidada aeróbicamente y la energía liberada (en forma de calor, que alcanza los 50-60° C) se emplea para secar e higienizar el residuo, con el objeto de obtener unas condiciones más eficientes y salubres para la posterior utilización de los materiales presentes en el mismo. Todo el proceso se realiza dentro de una nave industrial sometida a depresión, que evita la propagación de olores al exterior.

Los residuos son descargados directamente por los camiones de recogida en unos fosos de recepción, retirando los objetos voluminosos indeseables que pudieran ocasionar problemas en el proceso posterior.

Los residuos del foso son llevados a una trituradora que los desmenuza a un tamaño medio de 20-30 cm, obteniendo un material homogéneo que facilita la circulación de aire por su interior y por lo tanto su fermentación aerobia.

Posteriormente, los residuos son trasladados desde el foso de trituración hasta la zona de estabilización y secado, donde son depositados en pilas de unos 5-6 metros de altura. La zona de estabilización posee un suelo ranurado, conectado mediante un sistema de tuberías a unos ventiladores, que son los encargados de aspirar el aire de la nave consiguiendo una circulación eficaz del mismo a través de los residuos. Este aire es recogido y conducido hasta los biofiltros situados en el techo de la nave, que se encargan de su depuración.

El proceso tiene una duración de aproximadamente 14-15 días, suficiente para obtener un material seco sin patógenos ni olores.

Tras el proceso de biosecado, según la empresa comercializadora, se obtienen los siguientes porcentajes con respecto a los residuos de entrada:

- Agua y materia orgánica consumida: 20-25%
- Materia orgánica estabilizada e inertes: 20%
- Metales ferrosos y no ferrosos: 3-5%
- Fracción compuesta por textiles, papel/cartón, plásticos...: 45-55%

ECODECO también señala que el material bioestabilizado<sup>8</sup> puede ser sometido posteriormente a diversos procesos de tratamiento:

- puede ser depositado en vertederos de alta densidad, de donde podría retirarse posteriormente para uso energético. La disposición del material estabilizado en vertederos tiene la ventaja, con respecto a los RSU sin tratar, de que da lugar a vertederos similares a los de inertes, ya que al estar el material estabilizado, la producción de lixiviados, gases y olores es mínima. También puede ser utilizado, dadas sus especiales características, como material para la restauración de vertederos de RSU agotados.
- puede ser enviado directamente a hornos para su valorización energética, o
- puede ser sometido a diferentes procesos para la separación de sus componentes, obteniendo mediante este proceso una fracción metálica reciclable, una fracción compuesta por arenas, vidrio y material orgánico estabilizado (que tras un proceso de afino y maduración del material orgánico permite la obtención de compost) y otra fracción compuesta principalmente por papel, madera, plástico y textiles. De esta forma se puede proceder a la separación de materiales para su valorización o se puede utilizar como CR de alta calidad, dado su alto poder calorífico (del orden de 16.000

---

<sup>8</sup> Para el que ECODECO tiene registrada la denominación AMABILIS<sup>®</sup>.

kJ/kg) en centrales térmicas, cementeras o en instalaciones de cogeneración propias.

Las aplicaciones del producto bioestabilizado se resumen en la siguiente figura:



Fuente: L. M. Martínez Centeno, TECONMA, S.A.

Además de estas aplicaciones anteriores, el residuo estabilizado también puede aprovecharse para obtener energía de la fracción que contiene una alta cantidad de celulosa, utilizando para ello otra aplicación denominada *Biorreactor activable*, que viene a consistir en una instalación donde la fracción degradable se almacena en estado seco. Si en condiciones adecuadas se le adiciona agua o se recirculan los lixiviados en la masa de vertido, se reactiva la generación de un biogás de alta calidad que puede ser utilizado para la producción de energía eléctrica.

Las ventajas que presentan los tratamientos biológico-mecánicos, según la empresa distribuidora, vienen a ser las siguientes:

- Las únicas emisiones que se producen son de vapor de agua y de CO<sub>2</sub>, por lo que puede considerarse como un sistema de emisiones de contaminantes prácticamente nulas.

- Al realizarse todo el proceso en una nave sometida a depresión y depurarse la salida de gases a través de un biofiltro, si el proyecto está bien ejecutado y las condiciones de explotación son las correctas no tienen por qué producirse olores en el exterior.
- La generación de lixiviados también es reducida, y éstos, a su vez, pueden ser recirculados en el proceso.
- Existe suficiente experiencia en instalaciones de estas características, por lo que se trata de un sistema contrastado y fiable, de costes no elevados.
- No suscita la contestación social que en ocasiones se da ante la implantación de otros sistemas de tratamiento de residuos, especialmente con los de valorización energética.

El sistema HERHOF, creado por una empresa alemana y gestionado en la actualidad por una compañía de Irlanda, fue implantado por primera vez en 1997.

Esta tecnología, muy parecida a la anterior, arranca con unos trituradores que reducen los desechos a partículas de menos de 20 centímetros. El material desmenuzado se traslada a los túneles de biosecado, donde permanecen unos seis días hasta perder el 15% de su humedad y entre el 20% y el 30% de su peso. El proceso se cierra con la extracción de materiales metálicos.

### ***C. Tratamientos térmicos***

Los diferentes tratamientos térmicos que se pueden aplicar a la eliminación de residuos tienen que ver, fundamentalmente, con la cantidad de oxígeno (aportado a partir del aire) que se incorpora al sistema, ya que las reacciones químicas y los productos resultantes van a ser unos u otros, en función del oxígeno presente en el proceso.

Así, cuando existe un exceso moderado de oxígeno hablamos propiamente de combustión. En este caso, las reacciones se producen a temperaturas elevadas produciéndose un proceso exotérmico, es decir, se desprende calor. De esta combustión resultan cenizas (que incorporan parte de los compuestos inorgánicos volátiles), escoria o residuos inertes y gases tóxicos.

La Unión Europea obliga a que las instalaciones sean diseñadas y operadas de tal modo que mantengan los gases resultantes de la incineración a una temperatura mínima de 850 °C durante al menos 2 segundos.<sup>9</sup>

Si, por el contrario, se da un defecto de oxígeno, va a ser la temperatura a la que se produzcan las reacciones químicas de oxidación la que va a condicionar los resultados finales de éstos.

Los principales sistemas de tratamiento térmico son los siguientes:

### **Incineración con recuperación de energía**

La incineración consiste en un proceso de combustión en un medio oxidante a una temperatura de entre 850 y 1100 °C, con objeto de destruir los componentes peligrosos de los residuos, reduciendo simultáneamente de forma importante su peso y su volumen. Con la incineración se pueden alcanzar porcentajes de reducción del 90% en volumen y del 65% en peso.

Los residuos se transforman en gases de combustión, escorias y cenizas, pudiendo también aparecer subproductos de la incineración como resultado de una combustión incompleta, o bien de la combustión de componentes presentes en los residuos y en el aire de combustión. Uno de los productos más controvertidos y con incidencia en la salud humana y el medio ambiente son las dioxinas. Por este motivo, uno de los aspectos clave en el diseño de las plantas de incineración de residuos son los sistemas de depuración de gases, que exigen un elevado desarrollo tecnológico.

---

<sup>9</sup> Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.

Siempre que el proceso de incineración haya sido el correcto, las escorias, que vienen a suponer entre el 20 y 25% en peso de los residuos, constituyen un material inerte, que se puede utilizar en obra civil o depositar en vertederos de inertes.

Las cenizas procedentes de las calderas y las cenizas volantes constituyen un 5% en peso del residuo original. Las cenizas de depuración de los gases, que han de ser inertizadas o trasladadas a depósitos de residuos peligrosos, contienen los elementos contaminantes que se han separado de la corriente de gases. Estas últimas suponen entre un 3 y un 5% en peso del total de los residuos gestionados.

La eficacia de la incineración como forma de tratamiento de los residuos está condicionada por tres parámetros clave: el exceso de aire (oxígeno), la temperatura mínima de combustión y el tiempo de permanencia a esta temperatura mínima, como ya se ha señalado anteriormente. Otro parámetro a considerar es la turbulencia, que facilitaría la adecuada interacción entre moléculas. Los valores para estos parámetros se establecen en la Directiva 2000/76/CE del Parlamento y del Consejo, relativa a la incineración de residuos (transpuesta al Derecho español por el R.D. 653/2003).

Los rendimientos energéticos de una planta de este tipo dependen básicamente del poder calorífico inferior de los residuos (PCI), de la humedad y de la proporción de aire en la combustión.

La nueva Directiva marco europea de residuos establece que para considerar las instalaciones de incineración destinadas al tratamiento de RSU como plantas de valorización, su eficiencia energética deberá ser igual o superior a:

- 0,60 para instalaciones autorizadas antes del 1 de enero de 2009.
- 0,65 para instalaciones autorizadas después del 31 de diciembre de 2008,

según una fórmula que depende de la energía anual producida como calor o electricidad, la aportación anual de energía al sistema por otros combustibles, la energía anual contenida en los residuos y un factor que representa las pérdidas por radiación y escorias.

Una planta de incineración con recuperación energética de residuos suele constar de las siguientes partes:

- Sistema de recepción, pretratamiento y alimentación.
  - Foso de recepción y almacenamiento del residuo.
  - Clasificación y selección de los residuos a incinerar, si lo requiere el sistema de combustión.
  - Sistema de alimentación.
- Cámaras de combustión.
  - Horno de combustión.
  - Cámara de postcombustión.
- Sistema de recuperación de energía.
  - Caldera de recuperación de calor de los gases de combustión.
  - Turbina de vapor.
  - Alternador de generación de energía eléctrica.
  - Subsistema de vapor y condensados.
- Sistema de control de la contaminación atmosférica (depuración de gases).
- Sistema de recogida y manejo de residuos sólidos o líquidos producidos (escorias, cenizas y efluentes).

El proceso que se da en una incineradora es como sigue:

a) los residuos que llegan a la planta se depositan en un foso y, de aquí, mediante la acción de puentes grúa se transfieren a la tolva que alimenta el horno o cámara de combustión.

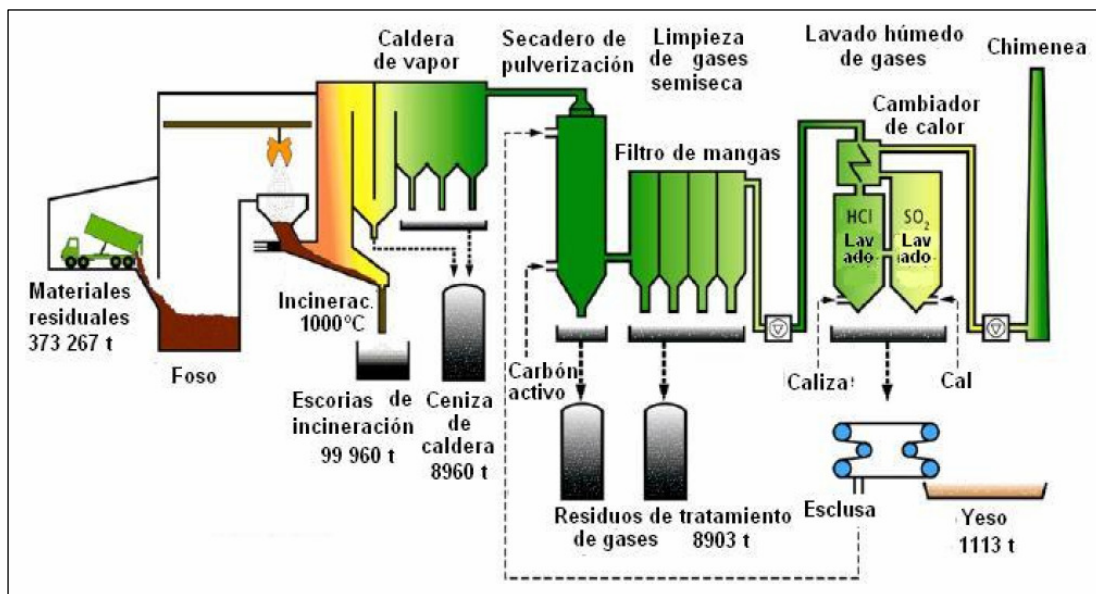
b) los residuos son introducidos en la cámara de combustión, donde tiene lugar el secado, la ignición y su combustión completa. Aquí se



generan las cenizas de fondo (o escorias), de las que se retira el material férrico mediante un separador magnético.

c) los gases de combustión que se producen en el horno pasan a una caldera de vapor, y mediante una turbina-generator se obtiene electricidad.

d) los gases procedentes de la caldera de vapor se someten a un sistema de limpieza de gases en el que se retiran las partículas sólidas mediante filtros y se reducen los óxidos de nitrógeno, se neutralizan los componentes ácidos y se eliminan dioxinas, furanos y metales pesados. Los gases finales depurados se envían a la atmósfera mediante una chimenea.



Esquema de una incineradora de parrilla. Fuente: J. Coca Prados

Los sistemas de incineración más habituales, en función del tipo de horno que utilicen, pueden ser:

- Horno de lecho fluidizado: desarrolla la combustión en el seno de una masa en suspensión de partículas de inerte y adsorbente, junto con cenizas y combustible, que es fluidizada por una corriente

ascensional de aire de combustión. Según la velocidad del flujo de aire distinguimos dos tipos de horno: de lecho circulante y de burbujeo.

La alimentación se realiza por la parte central del lecho y su funcionamiento se fundamenta en la gran transferencia de calor que se lleva a cabo desde las partículas del lecho que se mantiene en constante agitación, gracias al caudal de aire de fluidificación. Este sistema está concebido para el tratamiento de materiales con potencial energético alto.

A pesar de las desventajas que presentan frente a otras alternativas como son su mayor consumo de energía, los mayores costes de inversión o su menor capacidad, ofrecen como ventaja fundamental un mejor comportamiento ambiental.

- Horno de parrillas fijas: constituido por varias secciones separadas cada una de ellas por una grada transversal; cada una de estas secciones está formada por varias barras longitudinales fijas que intercalan otras barras móviles accionadas por cilindros hidráulicos. Tanto la amplitud como la frecuencia de los movimientos de avance son regulables.
- El horno de parrillas móviles: en este tipo de horno, el residuo sólido se mueve sobre una cinta transportadora sobre rodillos por lo que admite sólidos de tamaño de cierta consideración. Los rodillos están dispuestos uno a continuación del otro, en sentido transversal al avance de los residuos y cubren todo el fondo de la cámara de combustión. El tiempo de residencia del sólido se controla con la velocidad de la cinta. Tiene una primera zona de combustión, sobre la cinta, para la cual se introduce aire desde debajo de ésta, y una segunda zona de combustión para la cual existe otra entrada de aire.

Este sistema se diseña para conseguir que al final de la cámara haya finalizado el proceso de incineración, habiéndose realizado la

destrucción térmica de los residuos y completado el proceso de inertización del material resultante (escoria).

La incineración puede realizarse en dos tipos de instalaciones:

- en las específicamente diseñadas para la destrucción de residuos mediante combustión, con o sin recuperación de energía. A este respecto, como ya se ha señalado, apuntar que la nueva Directiva marco de residuos (Directiva 2008/98/CE) establece la necesidad de cumplir con unos mínimos de eficiencia energética para que las incineradoras se entiendan como instalaciones de valorización; en caso contrario, se seguirán considerando como simples sistemas de eliminación.
- en otras instalaciones destinadas a otros fines (cementerías, ciertas centrales térmicas...) pero que, por sus características, puedan utilizar residuos convenientemente acondicionados como combustible, lo que permite reducir su factura energética.

Las ventajas de la incineración como sistema de tratamiento de residuos, según A. Maíllo (Málaga, 2008) son las siguientes:

- *Es capaz de reducir drásticamente tanto el peso (al 70/80%) como el volumen (90%) de los residuos, dependiendo del material combustible de entrada.*
- *Es una tecnología probada con más de 100 años de funcionamiento y que dispone de diferentes variantes.*
- *Las capacidades unitarias de proceso van desde 1 a 50 t/hora y línea, lo cual da una gran flexibilidad de selección.*
- *La recuperación del calor está casi en los límites técnicos, aproximadamente un 85% de la energía entrada: toneladas/hora por Poder Calorífico Inferior. En este caso es uno de los procesos más eficientes (District Heating + Energía Eléctrica).*
- *Los sistemas de tratamiento y limpieza de gases son de una gran eficacia, logrando la reducción de los contaminantes que vienen con los residuos en porcentajes superiores todos al 90%. Es el proceso*

*industrial mejor y más estrictamente controlado, tanto en condiciones de operación, como en emisiones.*

- *Es una tecnología muy robusta que permite más de 20 años de amortización, con lo cual la incidencia de la inversión se reduce fuertemente.*
- *La disponibilidad de estas instalaciones es superior al 85% y las más de las veces supera el 90% de las horas totales del año. Esta disponibilidad da garantías de potencia eléctrica estable y predecible muy superiores a otras fuentes renovables (eólicas, solar, etc).*
- *Los riesgos laborales son muy reducidos, estando el personal muy bien instruido y de alta capacidad técnica.*
- *La economía de escala es fundamental para reducir costes.*
- *La superficie necesaria es la menor comparada con vertederos, compostaje o digestión anaeróbica.*
- *No existen efluentes líquidos si se utilizan sistemas de limpieza de gases semisecos o secos.*
- *La energía eléctrica y el calor generado, sustituyen a la cantidad de combustible fósiles que se debería haberse utilizado para producir la misma energía.*
- *Los residuos sólidos se reducen a escorias de fondo de horno y cenizas volantes, y productos de neutralización de gases ácidos. Los primeros se reutilizan como subbase de carreteras o materia prima para cementeras, pues están formadas por óxidos de diversos elementos (calcio, sílice, magnesio, sodio, etc.) que le ahorran emisiones de CO<sub>2</sub> a la fabricación de cemento. Las cenizas volantes, aproximadamente el 4/6% del RSU, son consideradas oficialmente como residuos peligrosos cuyo destino es el vertedero de seguridad. Sin embargo se están haciendo investigaciones, aplicando plasma u otros procedimientos para lograr la separación de sales, metales pesados y vitrificar el resto. Con ello se lograría acercarnos al "residuo CERO" que es la utopía buscada por todos los Sistemas de Tratamiento de RSU.*

En una postura más crítica se encuentran las asociaciones y grupos ecologistas que, tradicionalmente, se han posicionado en contra de la

incineración como sistema de tratamiento de residuos urbanos. Como muestra, reproducimos a continuación algunas de las argumentaciones que Greenpeace ha realizado al respecto:

- *La incineración de basuras es un método obsoleto que consiste en la combustión de las mismas, eliminando recursos que de otra manera pueden ser reciclados. Este proceso produce además contaminación altamente tóxica que intenta frenarse a través de filtros. Sin embargo, los filtros no son capaces de retener muchos contaminantes que acaban emitiéndose a la atmósfera. Entre estos contaminantes destacan los metales pesados y químicos tóxicos, como las temidas dioxinas.*
- *La incineración tampoco resuelve el problema de los vertederos ya que aproximadamente el 40% de lo que entra en el horno incinerador, se convierte en cenizas y escorias tóxicas que deben ser almacenadas en vertederos para tóxicos.*
- *Además, la incineración elimina las posibilidades de hacer una gestión de las basuras basada en la Reducción, Reutilización y Reciclaje de los materiales. Un elevado porcentaje de recuperación de los materiales que componen la basura (en especial plástico y papel) hacen que la recuperación sea incompatible con la incineración, ya que no llegarían los elementos más combustibles de la basura.*
- *La materia orgánica, que supone más del 40% de la basura, puede tratarse, previa recogida selectiva, siguiendo una vía diferente al resto de las basuras. Una política de residuos basada en estos principios evitará la construcción de incineradoras.*
- *Es un sistema que requiere de grandes inversiones, y que frena el desarrollo de tecnologías limpias.*

- *La incineración de los residuos nos aleja de la sostenibilidad, acelera la destrucción de recursos, aumenta la contaminación atmosférica y cuenta con un amplio rechazo social.*

Una valoración conjunta de sus ventajas e inconvenientes se recoge en la *Estrategia de Residuos de la Comunidad de Madrid (2006-2016)*:

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<b>Efectividad y eficiencia del proceso</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplia experiencia (tecnología muy extendida en Europa).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No aprovecha las materias primas contenidas en los productos, ya que no permite el reciclado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exige poco espacio aun para el tratamiento de volúmenes importantes.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicable a toda clase de residuos.</li> </ul>	
<b>Impactos ambientales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obtiene energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerte oposición social frente a esta tecnología por la percepción de los impactos ambientales que pueda generar.</li> </ul>
<b>Impactos económicos</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costes de inversión y de explotación.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La incineración de residuos urbanos puede generar contaminación por metales pesados y la formación de dioxinas y furanos. Es por tanto necesario disponer de un sistema de tratamiento de gases costoso y con medidas de control muy estrictas, así como de un sistema de inertización y eliminación de las cenizas volantes finales procedentes de dicho sistema de tratamiento de gases. Estos sistemas se han mejorado mucho en los últimos años como consecuencia de los avances tecnológicos registrados.</li> </ul>

Este mismo estudio, cifra los costes aproximados de estos sistemas de tratamiento en:

PROCESO	COSTE (euros/t)
Tratamiento del residuo (*)	45-85
Inversión por tonelada de capacidad instalada	250-350

(\*) Este coste internaliza todos los conceptos económicos, incluida la explotación, la amortización y los ingresos derivados de la operación. Es por tanto, el coste total a sufragar por parte de la Administración pública que gestione la contratación de la construcción y posterior operación de las instalaciones.

### **Pirólisis, gasificación y plasma**

Estos sistemas, que se denominan habitualmente *Tecnologías Térmicas Avanzadas* o *Tecnologías Alternativas de Conversión*, están clasificados por la Directiva europea de Incineración de Residuos como tecnologías de incineración.<sup>10</sup> A pesar de que tienen un gran futuro, en lo que concierne al aprovechamiento energético de los residuos urbanos se encuentran en sus primeras fases de implantación y, en algunos casos, se requiere aún un mayor desarrollo tecnológico para su utilización generalizada.<sup>11</sup>

A partir de estos tratamientos, los residuos se destruyen formando gas y otros subproductos sólidos y líquidos. Los gases generados pueden ser utilizados como combustible en un proceso secundario.

La **pirólisis** consiste en el proceso de degradación de los residuos en ausencia de aire (oxígeno). Se lleva a cabo habitualmente a temperaturas de entre 400 °C y 800 °C. A estas temperaturas los residuos se transforman en gases, líquidos y cenizas sólidas denominadas “coque” de pirólisis, que puede utilizarse como carbón activo o valorizarse como combustible.

<sup>10</sup> Según el Art. 3, nº 4 de Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos, se define “instalación de incineración” como “cualquier unidad técnica o equipo, fijo o móvil, dedicado al tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación del calor producido por la combustión, incluida la incineración por oxidación de residuos, así como la pirólisis, la gasificación u otros procesos de tratamiento térmico, por ejemplo el proceso de plasma, en la medida en que las sustancias resultantes del tratamiento se incineren a continuación.”

<sup>11</sup> Ver el informe anual sobre tecnologías de tratamiento de residuos *Juniper Technology Ratings Report*.

Las proporciones relativas de los elementos producidos dependen de la composición de los residuos, de la temperatura y del tiempo que ésta se aplique. Una corta exposición a altas temperaturas recibe el nombre de pirólisis rápida, y maximiza el producto líquido. Si se aplican temperaturas más bajas durante períodos de tiempo más largos, predominarán las cenizas sólidas.

En algunos sistemas, la fase de pirólisis es seguida por una segunda etapa de gasificación, de forma que la mayor parte de la energía presente en los residuos se libera en forma de gases.

La **gasificación** es un proceso en el que los residuos están expuestos a algo de oxígeno, pero no al suficiente para que la combustión tenga lugar. Las temperaturas de proceso suelen ser superiores a los 750 °C.

La mayor parte de los procesos de gasificación y pirólisis se desarrollan en cuatro etapas:

- a) Preparación del residuo, que consiste en retirar los materiales reciclables y aquellos que apenas tienen valor calorífico (como las arenas). El residuo también puede recibirse en forma de combustible derivado, producido en una planta de tratamiento mecánico-biológico o en una autoclave.
- b) Calentamiento del residuo en una atmósfera baja en oxígeno para producir gas, aceites y un residuo carbonoso (*char*).
- c) Limpieza del gas, para eliminar partículas, hidrocarburos y material soluble.
- d) Empleo del gas, una vez "lavado" para generar electricidad y, en algunos casos, también calor (a través de sistemas de cogeneración).

El principal producto de la gasificación y la pirólisis es el gas de síntesis que se genera (denominado *syngas*), el cual está compuesto principalmente por monóxido de carbono e hidrógeno (un 85%), con pequeñas cantidades de dióxido de carbono, nitrógeno, metano y otros hidrocarburos gaseosos.



El *syngas* es un compuesto con un poder calorífico significativo, por lo que puede ser empleado como combustible para generar electricidad o vapor, o como carga química básica en refinerías e industrias petroquímicas. También puede producirse a partir de él una corriente de hidrógeno para su empleo en celdas de combustible. En todo caso, el poder calorífico del *syngas* va depender de la composición del residuo incorporado al gasificador.

Los procesos basados en la generación de **plasma** se fundamentan en un reactor en el que se inyecta energía eléctrica de alto voltaje, formando un arco eléctrico. El aire existente entre los electrodos se calienta alcanzando temperaturas muy elevadas y al hacer pasar entre éstos algún tipo de gas (oxígeno, nitrógeno o argón) se crea una antorcha de plasma con una temperatura que puede superar los 10.000 °C. El estado de plasma, no es sino un gas ionizado eléctricamente neutro, cuyos átomos han perdido o ganado electrones alcanzando un estado de equilibrio dinámico entre partículas cargadas y neutras. De esta manera, los enlaces de las moléculas se rompen, recombinándose sus átomos y dando lugar a nuevas moléculas muy simples.

La materia orgánica del residuo se convierte en *syngas* que, como ya hemos comentado, una vez lavado y acondicionado, puede utilizarse como materia prima para obtener metanol, hidrocarburos líquidos, gas natural sintético o hidrógeno, o bien directamente como combustible gaseoso para la producción de energía eléctrica, frío o calor.

Por otro lado, los residuos inorgánicos se funden en el fondo del reactor, dando lugar a un material vitrocerámico, similar al basalto, que se puede destinar a la fabricación de productos abrasivos, como aislantes de alta temperatura (lana mineral) o a su utilización como bases de carreteras.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Su empleo como material de construcción no está suficientemente reglamentado, por lo que, aun cumpliendo las exigencias técnicas de una determinada aplicación, su utilización suele estar sujeta a grandes dificultades.

## **D. Otros aprovechamientos energéticos**

### **Combustibles de Residuos. Procesos de co-incineración**

Se denominan *combustibles de residuos* o *combustibles derivados de residuos* (CR o CDR) a aquellos combustibles alternativos que proceden de residuos no peligrosos, y que se pueden emplear como sustitutivos (total o parcialmente) del combustible tradicional en un horno de proceso industrial. De esta manera, se pueden utilizar instalaciones industriales ya existentes para el aprovechamiento energético de los residuos.

En todo caso, el empleo como combustible de estos subproductos debe cumplir, en cuanto a emisiones a la atmósfera, con los requisitos de la Directiva 2000/76/CE sobre incineración de residuos y del RD 653/2003, que la transpone a la normativa española.

Los procesos de co-incineración más habituales se producen en los hornos de fabricación de *clinker*, producto utilizado para la preparación del cemento. Estos hornos de combustión a gran escala se alimentan principalmente de carbonatos cálcicos, óxidos de sílice, de hierro y de aluminio, en unas condiciones de funcionamiento que permiten aprovechar energéticamente los residuos. Así, las materias introducidas que no salen en el flujo de gases, se incorporan al *clinker* y posteriormente al cemento, por lo que no se generan residuos sólidos.

Otra solución a la valorización energética de los residuos pasa por su incorporación como combustible en centrales térmicas convencionales, sustituyendo parcialmente al carbón, coque de petróleo, fueloil o gas natural.

Si se trata de una central termoeléctrica convencional, con un ciclo combinado de turbina de gas, el incremento de la temperatura del vapor producido en la caldera alimentada con CR se puede utilizar en la propia turbina, consiguiendo un aumento del rendimiento en energía eléctrica de entre el 25% y el 33%.

## Desgasificación de vertederos

La fermentación anaerobia de la materia orgánica depositada en los vertederos degrada los residuos en compuestos elementales generando entre otros productos, biogás, un elemento fácilmente inflamable. Al tratarse un proceso biológico, los parámetros que influyen sobre sus características son muy diversos. Éstos son principalmente:

- las características del residuo vertido; porcentaje de materia orgánica biodegradable, humedad...
- el método de gestión del vertido de residuos; compactación y recubrimiento del vertedero, disposición de los distintos residuos, extracción de lixiviados, sellado del vertedero...
- las condiciones climatológicas de la zona, principalmente el régimen de lluvias y las variaciones de temperatura.

Para evitar el riesgo de incendios, el biogás ha de ser extraído y eliminado mediante combustión y, si lo permite el caudal evacuado, puede usarse como fuente de energía.

Los principales componentes del biogás son el metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Su composición aproximada se presenta a continuación (Werner, 1989):

<b>GAS</b>	<b>VOLUMEN</b>
Metano	54 - 70%
Dióxido de carbono	27 - 45%
Hidrógeno	1 - 10%
Nitrógeno	0,5 - 3%
Acido Sulfhídrico	0,1%

El metano es el principal componente del biogás y el que le confiere sus propiedades combustibles. El valor energético del biogás, por lo tanto,

estará determinado por la concentración de metano (unos 20-25 MJ/m<sup>3</sup> frente a los 33-38 MJ/m<sup>3</sup> del gas natural).

El metano está considerado, además, como un gas veintiuna veces más activo que el CO<sub>2</sub>, por lo que la contribución del biogás al calentamiento global a partir del efecto invernadero es muy notable.

Su aprovechamiento energético se realiza mediante la instalación de una red de pozos verticales en la masa de vertido, donde se introducen tuberías ranuradas por donde se capta el biogás. Estos pozos, perfectamente sellados para impedir la entrada de oxígeno, se conectan entre sí a través de tuberías sobre la superficie del vertedero, y finalmente confluyen en un colector general.

A partir de ahí, se produce su combustión en motores específicos que queman eficazmente el gas con una proporción muy baja de aire, lo que reduce notablemente las emisiones, y mediante un alternador se obtiene energía eléctrica. Un ratio habitual de producción viene a ser 1 kW/h a partir de 1,2 m<sup>3</sup> de biogás, lo que equivale a la digestión de una cantidad de residuos de entre 10 y 20 kilos.

En este sentido, el Plan nacional integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015 contempla, entre otros aspectos, incentivos a la aceleración de planes autonómicos y locales en materia de vertederos controlados, que incluyan entre sus procedimientos la recuperación de biogás.

### **3.3. EL NUEVO PARADIGMA DEL INSTUTO DE SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS: OBJETIVO 100 KG**

El Instituto para la Sostenibilidad de lo Recursos (ISR) ha planteado un nuevo paradigma a la hora de abordar una gestión sostenible de los residuos urbanos, que ha venido a denominar Objetivo 100 Kg.

Su desarrollo parte del enfoque que las Políticas Europeas en materia de Medio Ambiente y en concreto con relación a los residuos. Éstas se fundamentan en tres pilares básicos:

- El uso sostenible de los recursos
- La prevención en la generación de residuos
- La gestión sostenible del trinomio Recursos-Productos-Residuos

Este nuevo paradigma de la gestión sostenible del trinomio recursos-productos-residuos se apoya en las siguientes actuaciones:

1. Aplicación de medidas de prevención para disminuir o al menos ralentizar el incremento en la generación de RSU.
2. Máximo esfuerzo en la recogida selectiva para alcanzar los mayores resultados en el reciclado de vidrio, papel, envases ligeros, materia orgánica,...
3. Aplicación de la cultura del aprovechamiento de la fracción resto para maximizar la recuperación de los materiales y de la fracción orgánica (tratamientos mecánico-biológicos)
4. Tratamiento del rechazo de la fracción resto por:
  - a) Incineración con recuperación de energía
  - b) Tecnologías emergentes de valorización energética (plasma pirolisis, gasificación...)
  - c) Vertido (controlando los efectos de largo plazo)

Con la intención de visualizar su Objetivo 100 Kg, el ISR plantea un escenario de gestión de los residuos, a su juicio realizable:

A partir de un dato de generación de generación de residuos de 540 kg/hab/año, establece el siguiente desarrollo:

1. Disminución mediante acciones probadas de prevención en el ámbito municipal del 4%, lo que equivale a 22 Kg.

Nuevo dato de partida: 518 Kg/hab/año
---------------------------------------

## 2. Reciclado en los flujos de materiales principales

Para 518 Kg		
Papel	18%	93 Kg
Vidrio	7,7%	40 Kg
Envases ligeros	5%	25 Kg
Materia Orgánica	20%	103 Kg
Textiles y otros	2,3%	12 Kg
<b>Total</b>		<b>273 Kg</b>

Fracción Resto: 245 Kg/hab/año
--------------------------------

## 3. Aplicación de un Tratamiento Mecánico Biológico (TMB) con la mejor tecnología disponible.

En la actualidad, la baja mecanización de las plantas de TMB y las dificultades para aprovechar el bioestabilizado y los materiales recuperados que producen hacen que los rechazos alcancen, en general, niveles de más del 70%.

Las tecnologías de última generación permiten recuperar una parte importante de los materiales de la fracción resto, alcanzando unos rechazos del orden del 40% y, en todo caso, con unas mejores características para su deposición en vertedero o incineración que la fracción resto original, ya que la materia orgánica está estabilizada y los rechazos están más secos que los residuos originales.

Con una planta de estas características es posible tener el siguiente rendimiento sobre la fracción resto de entrada:

Rendimiento de la parte Mecánica	
Materiales reciclables (metales, plásticos, papel/cartón)	6,8%
Combustible de Residuos	17,9%
Rechazo 1 (tratamiento mecánico)	29,7%
MO separada mecánicamente	45,6%

Rendimiento de la parte biológica (de la MO separada mecánicamente)	
Producto Bioestabilizado	11,0%
Rechazo 2 (estabilizado)	13,7%
Pérdidas en el tratamiento biológico	20,9%

De esta manera, se obtendría un rechazo de la fracción resto en torno al 40%, lo que supondría unos 100 Kg

A partir de aquí, con el objetivo de conseguir una mayor minimización del rechazo y un mayor aprovechamiento aún de la fracción resto, el ISR ha desarrollado un modelo de instalación, basado en la aplicación de las tecnologías más avanzadas y que iría a continuación de los anteriores TMB.

Los rendimientos de este segundo proceso de aprovechamiento de la fracción resto serían:

Material	Destino
Inerte sustitutivo de áridos	16,28%
Envases recuperados	7,28%
Recuperación de papel y cartón, con varios destinos	10,88%
Producción de fuel de calefacción mediante pirólisis	7,00%
Combustible de Residuos	19,08%
A pulper, con separaciones para recuperaciones	16,38%
A digestión anaerobia, con producción de biogás y fermentato	11,10%
Rechazo, a vertedero o tratamiento térmico	11,92%

Dado que el material de entrada a este segundo proceso consiste en los rechazos de la planta de tratamiento de la fracción resto, los rendimientos que recoge la tabla anterior se refieren al total de estos rechazos.

Por otro lado, para este cálculo no se han considerado los rechazos de los distintos procesos de selección o tratamiento secundarios, por lo que el porcentaje total destinado a depósito controlado (o tratamiento térmico) subiría, estimando un resultado final próximo al 20%.

Con todo ello, el rechazo final estaría en el orden del 10% de la fracción resto original, dependiendo, en todo caso, de la composición de la misma.



## 4. PROYECTOS E INICIATIVAS DE INTERÉS

### 4.1. EL PROYECTO OTERSU

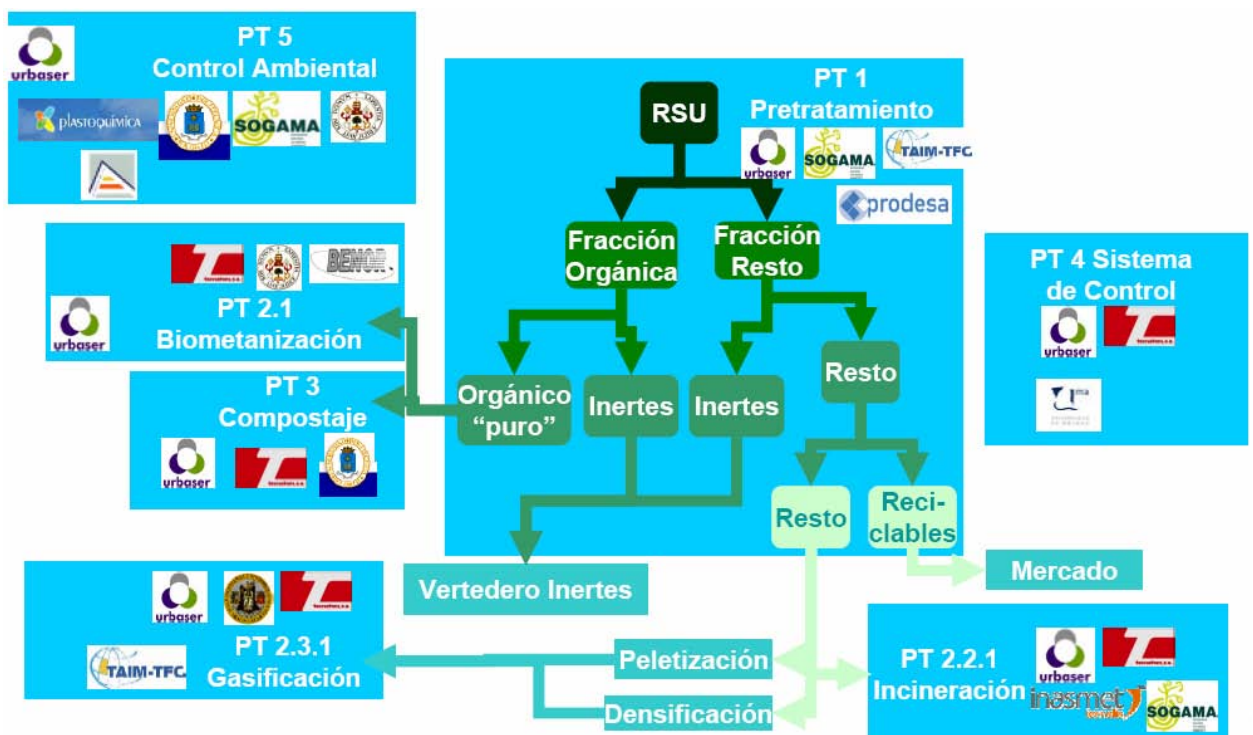
El Proyecto OTERSU (Observatorio en Tecnologías de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos con Máximo Aprovechamiento y Mínimo Vertido) constituye una de las iniciativas aprobadas en el marco del Programa CENIT (Consortios Estratégicos Nacionales en Investigación Técnica) promovido por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), Entidad Pública Empresarial dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación, que promueve la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas.

Este proyecto, que está liderado por la empresa Urbaser S.A. (Grupo ACS) y en su desarrollo participan siete entidades (Tecnatom, Sogama, ISR, Taim, Prodesa, Benor, Plastoquímica), además de otros siete organismos de investigación divididos en seis universidades y un centro tecnológico, tiene como principal objetivo analizar y estudiar el conjunto de tecnologías posibles para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos que permitan la minimización del vertido, siempre dentro del más estricto control ambiental.

Los objetivos técnicos del proyecto OTERSU se orientan, en definitiva, a incrementar la cantidad de subproductos valorizables a partir de los residuos que se trasladan a las plantas de tratamiento. Para ello se contempla la integración de diferentes disciplinas sinérgicas y complementarias, con la intención de generar una transferencia de conocimientos y tecnologías, tales como las energías renovables, tecnologías ambientales, técnicas de depuración de aguas para la máxima reutilización y reciclado, técnicas de control de emisiones de contaminantes específicos, tecnologías de vitrificación, tecnologías de las telecomunicaciones aplicadas al control y a la accesibilidad de información, tecnologías de diseño, etc.

Este proyecto, de cuatro años de duración, tiene prevista su finalización a lo largo de este año 2009 y su desarrollo contempla diferentes actividades de investigación, agrupadas en 7 paquetes de trabajo (PT):

- Gestión (PT0)
- Caracterización y pretratamiento de los RSU (PT1)
- Técnicas de tratamiento (PT2), que a su vez comprende:
  - o Biometanización
  - o Incineración
  - o Gasificación
- Compostaje (PT3)
- Sistema de control centralizado de procesos (PT4)
- Investigación en el control de emisiones y vertidos (PT5)
- Difusión (PT6)



Estructura del proyecto OTERSU según sus paquetes de trabajo.  
Fuente: [www.otersu.es](http://www.otersu.es)

Las soluciones que se planteen desde el proyecto OTERSU buscarán mejorar las condiciones ambientales en los procesos de tratamiento de los RSU, incidiendo en la minimización de todos los productos secundarios que actualmente representan un problema, como son los rechazos, los lixiviados, las cenizas, las emisiones y los olores.

## 4.2. COMBUSTIBLE RECUPERADO A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

De un tiempo a esta parte, se vienen abordando algunas iniciativas en España orientadas a la obtención de combustibles derivados de residuos sólidos urbanos. En este sentido, el pasado año, la empresa FCC S.A. patentó un combustible denominado VRV, a partir de una serie de pruebas realizadas a partir de la fracción rechazo de tratamientos mecánico-biológicos.

Las características principales de este subproducto son:

PCI:	4.800 kcal/kg
Humedad:	< 5%
Materia orgánica:	< 10%
Densidad:	< 400 kg/m <sup>3</sup>

Su aplicación como combustible para empresas de gran consumo energético, tales como cementeras, cerámicas... podría conllevar una mejora ambiental muy significativa al minimizar sustancialmente los depósitos en el vertedero y conseguir una reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

En esta misma línea, el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz ha firmado un convenio de colaboración con el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) para la realización de un estudio dirigido a analizar la viabilidad de la utilización de la fracción rechazo procedente del tratamiento de los residuos sólidos urbanos de Vitoria-Gasteiz, como combustible sólido recuperado.

Esta fracción rechazo proviene de la planta de tratamiento mecánico-biológico que se ubica en su municipio, proyectada para el procesado de todos los residuos urbanos de la provincia de Álava (unas 130.000 t/año).

### **4.3. EL SISTEMA GEISERBOX**

La empresa catalana Ambiensys ha diseñado un proceso denominado “Higienización Activa”, a partir de la tecnología Geiserbox®, que consiste en un pretratamiento de los residuos urbanos, gracias al cual los equipos convencionales de separación de materiales ven aumentada su eficacia, según información de la propia empresa, hasta en un 90%. Con esta aplicación se pretende ofertar una solución capaz de transformar los residuos en subproductos limpios, que a la vez presenten unas condiciones físicas óptimas para su posterior manipulación y selección.

Este sistema, que procesa los residuos destinados a vertedero y el rechazo de las plantas basadas en modelos tradicionales de separación para transformarlos en materiales limpios con aplicación en el mercado, se puede adaptar en plantas mecánico-biológicas y permite reducir el rechazo de estas instalaciones de un 60% a un 10%, al tiempo que se eliminan los malos olores y se reducen los costes de mantenimiento.

Siempre según esta empresa, las principales características que presentan los residuos una vez higienizados, son las siguientes:

- No emiten malos olores.
- Ven reducido su volumen hasta un 80%.
- No contienen agentes patógenos.
- No contienen líquidos.
- Los materiales aparecen sueltos, disgregados, sin ninguna bolsa de plástico ni envases de cartón.
- Todas las fracciones biodegradables se unen en una única fracción de biomasa, de aspecto fibroso y granulometría óptima para su manipulación.
- Los envases cartón-bebida (*briks*) se deshacen pasando a formar parte de las fracciones plástico, aluminio y fibra.

- Los envases de refrescos, aerosoles y conservas se obtienen completamente limpios.
- Los plásticos adoptan formas más compactas dependiendo de su composición.
- El vidrio se obtiene, sin etiquetas, tapones ni adhesivos.

Su diseño modular, basado en contenedores marítimos ISO 40 conectados, facilita su transporte, instalación y mantenimiento, y permite hacer llegar esta solución a cualquier municipio. La versatilidad de su diseño permite acometer en un espacio muy reducido, instalaciones configurables con capacidades de hasta 600.000 toneladas de residuos anuales.

Ambiensys señala como principales prestaciones de este sistema las siguientes:

- Procesa directamente toda la fracción o “fracción resto”, permitiendo recuperar más del 95% de los materiales que componen las basuras.
- Separa prácticamente toda la orgánica del resto de materiales, obteniendo una biomasa estabilizada en 30 minutos, con menos de un 3% de impropios.
- Los materiales obtenidos no emiten malos olores, no contienen líquidos y se les ha eliminado los agentes patógenos.
- Reduce el volumen del residuo procesado hasta un 80%.
- Los metales como el aluminio se obtienen limpios y brillantes, con lo que se eliminan los procesos de preparación del metal antes de fundición, minimizando el consumo de energía y el impacto sobre el medioambiente.
- Son instalaciones que requieren poco espacio y presentan unas condiciones sanitarias adecuadas para el trabajo humano, al tiempo que no producen impacto sobre el entorno.
- Se aprovechan los líquidos contenidos en las basuras para obtener agua que se emplea en el proceso, con el fin de consumir el mínimo de recursos naturales.

- Su diseño permite, al ser un sistema modular, un fácil transporte y montaje en cualquier emplazamiento.
- Se dispone de unidades Geiserbox® autónomas, preparadas para atender demandas estacionales en zonas que presentan puntas de producción de residuos durante la temporada turística.
- Gracias a la versatilidad de este sistema Geiserbox®, un pequeño municipio puede adquirir una máquina independiente y autónoma para procesar los residuos de sus habitantes. Esto le permitirá obtener un importante ahorro económico en logística y tasas de vertedero, al tiempo que le permitirá cumplir por primera vez con el principio de proximidad (quien ensucia limpia).

Ambiensys dispone de una unidad a pleno funcionamiento en sus instalaciones y está construyendo en estos momentos, en la provincia de Barcelona, una nueva planta para procesar 75.000 toneladas anuales.

#### **4.4. GASIFICACIÓN POR PLASMA EN LA MANCOMUNIDAD DE MUNICIPIOS DEL ESTE DE MADRID.**

La Mancomunidad del Este de la Comunidad de Madrid ha promovido la creación de un complejo medioambiental para tratar los residuos de más de 300.000 personas residentes en los 20 municipios de la zona.

El proyecto, que ha sido adjudicado a FCC S.A., consiste en la construcción de una estación de transferencia preparada para gestionar 150.000 t/año de bolsa resto y 6.000 t/año de segunda bolsa, y un nuevo vaso de vertido en el vertedero de Alcalá de Henares.

Los residuos de la bolsa resto se dirigirán a una planta de tratamiento constituida, a su vez, por una planta de clasificación mecánica y otra de procesamiento biológico. Los residuos de la segunda bolsa se enviarán a la planta de clasificación de envases, donde se realizará la separación automática y manual de los productos valorizables, mediante una línea de equipos electromecánicos con una capacidad unitaria de alimentación de 7 t/h.

Los rechazos generados en las distintas instalaciones serán conducidos, por un lado, a vertedero, y por otro, a una planta de valorización energética basada en tecnología de plasma, la primera que se hará en España para el tratamiento de residuos urbanos, y que tendrá una capacidad de procesamiento de 15.000 t/año.

El resultado de este tratamiento por plasma es un gas de síntesis que se comercializará para la producción de metanol.

#### **4.5. DEPÓSITO CONTROLADO GESTIONADO COMO BIORREACTOR EN ALCALÁ DEL RÍO (SEVILLA)**

La puesta en marcha de este proyecto ha partido de la Fundación Centro de Innovación y Tecnología del Residuo de Andalucía (CITRA), la Mancomunidad de servicios La Vega, como titular de las instalaciones, y CESPAS S.A., empresa que gestiona el vertedero comarcal, ubicado en Alcalá del Río.

El sistema de explotación de vertederos denominado *biorreactor activable*, como ya se ha señalado con anterioridad, permite acelerar el proceso de estabilización de los materiales depositados en un vertedero, reduciendo los riesgos ambientales después de su clausura y asegurando su estabilidad después de los 30 años considerados por la normativa estatal como el periodo de responsabilidad post-clausura.

La explotación de un vertedero como biorreactor implica el desarrollo, entre otros, de un sistema de re-infiltración de lixiviados en la masa de vertido y la instalación de un avanzado sistema de captación, gestión y valorización energética del biogás obtenido. Complementariamente, se realiza la monitorización del todo el proceso mediante un exhaustivo programa de control.

Este será el primer vertedero controlado operado como biorreactor de España y el primero de Europa a escala real.

#### **4.6. EL PROYECTO CENIT DEL I3A**

El Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) está llevando a cabo un proyecto CENIT<sup>13</sup> para aprovechar al máximo los residuos urbanos. Sus objetivos se centran en minimizar los residuos destinados al vertedero, promoviendo la diversificación energética y generando energía eléctrica.

En colaboración con URBASER (Grupo ACS), empresa encargada de gestionar el ecovertedero de Zaragoza, el I3A trabaja en el desarrollo de procesos de tratamiento de basuras, a través de técnicas de gasificación, con el objetivo de obtener gases como el hidrógeno o el monóxido de carbono. A partir de estos gases, se puede generar electricidad.

La finalización de este proyecto de cuatro años de duración, está prevista a lo largo de este año 2009.

---

<sup>13</sup> El Programa CENIT se engloba en INGENIO 2010, una iniciativa del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo gestionada por del CDTI (Centro para el Desarrollo Técnico Industrial). Los programas CENIT son proyectos englobados dentro de un consorcio, liderado por una empresa, al que se incorporan otras empresas colaboradoras y centros de investigación.



## **5. INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS MUNICIPALES EN ESPAÑA**

## 5.1. PLANTAS DE TRATAMIENTO MECÁNICO-BIOLÓGICO

Plantas	Localización (provincia)	Capacidad Total Tratamiento ( t/año)	Capacidad Biometanización	Entrada Servicio	Tecnología Biometanización	Gestión	Digestores
Ecoparc-1 Barcelona	Barcelona	600.000	140.000 t/año	2002	Linde- KCK	Ecoparc Barcelona, S.A	4 x 6700 m3
Ecoparc-2 (Montcada i Rixac )	Barcelona	240.000	120.000 t/año	2005	Valorga	Ebesa	3 x 4500 m3
Ecoparc-3 (Sant Adrià del Besós)	Barcelona	400.000	90.000 t/año	2006	Ros Roca	Ecoparc Barcelona, S.A	2 x 5800 m3
Ecoparc-4	Barcelona	300.000	75.000	2009	Dranco	CESPA S.A.	
Ecoparque de la Rioja	Logroño	148.000	75.000 t/año	2005	Kompogas	Acciona	6 x 1100 m3
CTR San Román de la Vega	León	195.000	50.000 t/año	2005	HAASE	UTE-Legio VII ( Urbaser-FCC)	2 x 2600 m3
Valladolid	Valladolid	200.000	15.000 t/año	2002	Linde-BRV	FCC	
Cerceda	A Coruña	185.000	70.000 t/año	2001	Valorga	Urbaser	4 x 4300 m3
Parque de Tecnologías Medioambientales de Mallorca (Can Canut)	Mallorca	65.000	32.500 t/año	2003	Ros Roca	TIRME	1 x 4800 m3
Pinto	Madrid	140.000	75.000 t/año	2003	Linde-KCA	Urbaser	2 x 3800m3
Ávila	Ávila	80.000	36.500 t/año	2003	Ros Roca	Urbaser	2 x 6700 m3

Plantas	Localización (provincia)	Capacidad Total Tratamiento ( t/año)	Capacidad Biometanización	Entrada Servicio	Tecnología Biometanización	Gestión	Digestores
Lanzarote	Gran Canaria	80.000	36.500 t/año	2004	Ros Roca	FCC	1 x 4800 m3
Tudela	Navarra	55.000	28.000 t/año	2007	Ros Roca	FCC	1 x 3750 m3
Vitoria-Gasteiz	Álava	120.000	25.000 t/año	2007	Dranco (OWS)	UTE Cespa-FCC	
Las Dehesas	Madrid	369.000	34.000.000 m <sup>3</sup> /año	2009	Valorga	FCC	6 x 4500 m3
La Paloma	Madrid				Valorga	Sufi-Urbaser Geocisa	3 x 4500 m3
Burgos	Burgos		40.000 t/año	2006	Linde KCA	FCC Napsa	
Centro de Reciclaje Zaragoza	Zaragoza	350.000		2008	Linde KCA	UTE Ebro Urbaser Vetresa	
Las Marinas (NUSA)	Alicante	195.000	52.000 t/año	2008	Ros Roca	FCC	
Palencia	Palencia	69.000	25.000 t/año	2006	Teconología Urbaser	Urbaser	
Jaén	Jaén	90.000	20.000 t/año	2009	Ros Roca	Egmasa	1 x 5100 m3
Terrasa	Barcelona	25.500	3.500.000 m <sup>3</sup> /año	2007	Dranco (OWS)	Cespa	
Cogersa	Asturias	30.000	3.300.000 m <sup>3</sup> /año	2011		Sufi	

Plantas	Localización (provincia)	Capacidad Total Tratamiento ( t/año)	Capacidad Biometanización	Entrada Servicio	Tecnología Biometanización	Gestión	Digestores
CTR Salamanca	Salamanca	140.000	50.000 t/año	2007		FCC-PASS	1 x 5000 m3
Salto del Negro II	Gran Canaria	150.000	60.000 t/año	2010	Ros Roca	Sufi	2 x 5300 m3
Miramundo	Cádiz	115.000 t/año			Valorga	Sufi-Tecomsa	4 x 4000 m3

## 5.2. PLANTAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO-MECÁNICO

Tanto el *II Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Bizkaia 2004-2016* como el *Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Gipuzkoa 2004-2016*, prevén para el procesamiento de sus residuos urbanos unas plantas de tratamiento biológico-mecánico en cabecera, previa a la incineración con valorización energética de los mismos.

En el primero de los casos (Bizkaia), la planta prevista, que se ubicará en el término municipal de Bilbao a escasos metros de la incineradora de Zabalgardi, incluye la clasificación, el tratamiento mecánico y el tratamiento biológico de la parte orgánica de los residuos.

La planta de tratamiento mecánico-biológico está diseñada para procesar 180.000 toneladas al año. El tratamiento mecánico tratará 60.000 toneladas por turno de 8 horas. La maduración de los residuos pasará por dos fases; en una primera se emplearán 8 reactores para el tratamiento de 90.000 toneladas. La segunda fase duplicará la cantidad de toneladas de residuos a tratar con 15 reactores.

El secado o maduración se realizará en túneles de hormigón durante 6-10 días. Finalmente, la basura pasa a un túnel con el suelo móvil y unas rejillas por las que se introduce el aire. De esa forma se acelera la inertización o fermentación del bioresiduo, que pierde el 20% de su volumen. Los residuos tratados serán conducidos a la incineradora, para su aprovechamiento energético.

En el caso de Gipuzkoa, una vez aplicadas las estrategias de minimización, reciclaje y compostaje, el Plan Integral contempla para la fracción rechazo su tratamiento mecánico-biológico, su valorización energética o una combinación de ambas técnicas, previamente al vertido.

La infraestructura más importante de las previstas será el denominado Centro de Gestión de Residuos, que integrará en sus instalaciones de Zubieta el tratamiento biológico-mecánico de las basuras, la recuperación de la energía que se genere y el reciclado de escorias.

Se prevé que la planta de tratamiento biológico-mecánico reduzca el 65% (casi 168.000 toneladas anuales) de los desechos que lleguen al complejo de tratamiento de residuos, antes de ser quemados en los hornos de la incineradora, además de rescatar el material metálico reutilizable.

Un sistema similar será desarrollado por la UTE formada por Azahar Enviroment, Teconma y Sistema Ecodeco, que ha resultado adjudicataria del proyecto previsto en el municipio de Cervera del Maestre, para el tratamiento de residuos en la denominada Zona I de Castellón, que engloba a 41 pueblos del norte de la provincia. Esta planta está destinada a la producción de compost de alta calidad y tiene prevista una capacidad de tratamiento en torno a los 70.000 t/año de RSU (33.000 t/año de fracción orgánica).

### 5.3. PLANTAS DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA

#### Incineradoras en España

CC AA	Provincia	Municipio	Titular	Nº de hornos	Capacidad unitaria en t/h	Capacidad incineración (t)	Depuración de gases
Baleares	Palma de Mallorca	Son Reus	Tirme SA	2	18,75	481.000	Lavado semiseco y filtrado de mangas. Carbón activo.
Canarias	Tenerife (Isla de La Palma)	El Paso	Vamex Servicios SL	1	2	10.000	Lavado de gases vía seca y filtro de mangas.
Cantabria	Santander	Meruelo	Planta Tratamiento Residuos Urbanos Cantabria	1	12	94.000	Absorbedor, inyección de carbón activo, filtro de mangas.
Cataluña	Girona	Girona	Trargisa	2	3	30.000	Semiseco con filtro de mangas. Carbón activo.
Cataluña	Lleida	Viella	C.G.d'Arán		0,9	-	-
Cataluña	Tarragona		SIRUSA	2	9,6	158.000	Semiseco con filtro de mangas Carbón activo.
Cataluña	Barcelona	S.Adriá del Besós	TERSA	3	12,5	350.000	Semiseco con filtro de mangas. Carbón activo.
Cataluña	Barcelona	Mataró	TRM	2	11	150.000	Lavado de gases vía semiseca. Filtro de mangas. Carbono activo.

CC AA	Provincia	Municipio	Titular	Nº de hornos	Capacidad unitaria en t/h	Capacidad incineración (t)	Depuración de gases
Galicia	A Coruña	Cerceda	SOGAMA	2	46,76	550.000	Lavado de gases vía semiseca y filtro de mangas. Carbón activo.
Madrid	Madrid	Madrid	TIRMADRID	3	9,17	285.000	Lavado de gases vía semihúmeda y filtro de mangas. Carbón activo.
Melilla	Melilla	Melilla	REMESA	1	4,5	37.000	Lavado de gases vía semiseca y filtro de mangas. Carbón activo.
País Vasco	Vizcaya	Bilbao	Zabalgarbi	1	30	250.000	Semiseco con filtro de mangas. Carbono activo.



Además de estas instalaciones, existen nuevos proyectos de incineración de residuos urbanos en diferentes fases de implantación. Concurren iniciativas para la construcción de incineradoras en Guipúzcoa y 3 ó 4 más a partir de la revisión del Plan de Residuos de la Comunidad Valenciana, entre otras.

El Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, en el nuevo Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015 (PNIR), establece entre sus objetivos el incremento de la capacidad de incineración de los residuos sólidos urbanos en un 30% (600.000 toneladas) hasta 2012, con respecto a las cifras del año base (2006).

Este plan, salvo la referencia que hace a la construcción de una incineradora en Ceuta con una capacidad de tratamiento de 40.000 t/año, no detalla cuántas plantas más son necesarias, ni dónde se ubicarán. Se entiende que corresponde a las administraciones competentes en la gestión de residuos la decisión de implantar o no plantas incineradoras y determinar su ubicación.

### **Otras instalaciones de valorización energética de RSU**

Como ya se ha señalado en el apartado 4. *Proyectos e Iniciativas de Interés*, en España aún no existe ninguna planta operativa con tecnología de plasma para el tratamiento de residuos urbanos. El primer proyecto de estas características autorizado en nuestro país, que se ubicará en la Mancomunidad de Municipios del Este de Madrid y tiene previsto tratar unas 15.000 t/año de residuos, será ejecutado por la empresa FCC S.A.

Fuera de nuestro país, el grupo español HERA y Plasco Energy Group Inc. han puesto en marcha en Ottawa (Canadá) la primera instalación a nivel internacional de gasificación de plasma para el tratamiento de residuos urbanos.

Esta planta, en su primera fase viene procesando unas 75 toneladas al día de desechos y tiene previsto alcanzar las 200 toneladas diarias, generando 1,15 MWh por cada tonelada de residuo tratada.

La planta se divide en tres zonas: de gasificación, refinamiento de residuos sólidos y depuración del gas de síntesis. Así, por cada tonelada de residuo procesado la planta produce un *syngas* compuesto por H<sub>2</sub> y CO, resultante de la materia orgánica tratada, que se puede utilizar como materia prima para obtener metanol, o bien como combustible en un motogenerador para producir energía eléctrica y calor.

Además, por cada tonelada de residuo procesado se generan 150 kg de residuos sólidos inertes (material vitrocerámico proveniente de la materia inorgánica), que se pueden utilizar en la fabricación de productos abrasivos, como aislante (lana mineral) o como material de relleno en obra civil.