

# Diagnóstico de la gestión de residuos de competencia municipal. Caso 1: modelo 5 contenedores. Aplicación del programa SIMUR

Diciembre 2011  
Informe de resultados



Agència  
d'Ecologia Urbana  
de Barcelona

Documento elaborado por:  
**Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona**

Estudio encargado por el MARM



Dirección	
	Salvador Rueda
Coordinación	
	Marta Vila Gemma Nohales
Técnicos	
	Alicia Grima Montse Masanas Mariona Morera Gemma Nohales Miguel Angel Pérez

## INDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
<b>2. Análisis de la gestión de residuos</b>	<b>5</b>
2.1. Datos básicos del ámbito de estudio	5
2.2. Descripción del modelo de gestión de residuos	5
2.3. Resultados del análisis de la gestión	9
2.3.1. Indicadores de servicio	9
2.3.2. Balance de masa	10
2.3.3. Balance energético	17
2.3.4. Impactos ambientales	21
<b>3. Anexo</b>	<b>25</b>
3.1. Anexo balance de masa	25
3.2. Anexo balance energético	26
3.3. Anexo impactos ambientales	28
3.3.1. Inventario de emisiones	28
3.3.2. Metodología de cálculo de los potenciales de impacto	32

## INDICE TABLAS

TABLA 1. Residuos recogidos y gestionados	9
TABLA 2. Indicadores de servicio ámbito domiciliario casco urbano	9
TABLA 3. Producción de residuos	15
TABLA 4. Indicadores de recogida separada bruta, neta y nivel de impropios	16
TABLA 5. Balance energético inicial ámbito domiciliario	18
TABLA 6. Balance energético inicial ámbito comercial con recogida específica	18
TABLA 7. Balance energético final municipal	19
TABLA 8. Indicador de consumo de los servicios de recogida	20
TABLA 9. Perfil ambiental de la gestión de los residuos municipal	22
TABLA 10. Recogida Puntos Limpios	25
TABLA 11. Definición de los indicadores de recogida separada	25
TABLA 12. Fuentes de los datos de las plantas de tratamiento	25
TABLA 13. Definición de los indicadores de primer destino	26
TABLA 14. Definición de los indicadores de destino final utilizados	26
TABLA 15. Metodología y criterios de cálculo del balance energético	27
TABLA 16. Inventario emisiones al aire-Subámbito domiciliario	28
TABLA 17. Inventario emisiones al agua-Subámbito domiciliario	29
TABLA 18. Inventario emisiones al aire-Subámbito comercial	30
TABLA 19. Inventario emisiones al agua-Subámbito comercial	30
TABLA 20. Metodología y criterios de cálculo del balance de emisiones	31
TABLA 21. Resumen de indicadores de impacto ambiental	34

## INDICE FIGURAS

FIGURA 1. Instrumentos técnicos ámbito domiciliario 2010	7
FIGURA 2. Instrumentos técnicos ámbito comercial con recogida específica 2010	8
FIGURA 3. Esquema del proceso ámbito domiciliario	11
FIGURA 4. Balance Sistema-Entorno del ámbito domiciliario	12
FIGURA 5. Esquema del proceso del ámbito comercial con recogida específica	13
FIGURA 6. Esquema Balance Sistema-Entorno del ámbito comercial	14
FIGURA 7. Bolsa tipo domiciliaria / Bolsa tipo ámbito comercial	15
FIGURA 8. Bolsa tipo municipal	15
FIGURA 9. Indicadores de Primer destino	16
FIGURA 10. Indicadores de destino final	17
FIGURA 11. Balance energético final del modelo	20
FIGURA 12. Balance energético final del modelo sin incineradora ni crédito energético	20
FIGURA 13. Balance energético de la recogida	20
FIGURA 14. Perfil ambiental de la gestión de los residuos del municipio (contribuciones relativas)	22
FIGURA 15. Potenciales de impacto normalizados	23
FIGURA 16. Potenciales de impacto normalizados (sin ahorro por reciclaje)	24
FIGURA 17. Potenciales de impacto normalizados (sin ahorro por reciclaje ni incineradora)	24

## ACRÓNIMOS

**ACV:** Análisis de Ciclo de Vida  
**BM:** Balance de Masa  
**BE:** Balance de Energía  
**BI:** Balance de Emisiones/Impactos  
**CCAA:** Comunidad Autónoma  
**CDR:** Combustible Derivado de Residuos  
**DC:** Depósito Controlado o Vertedero  
**E:** Energía  
**EE:** Energía Eléctrica  
**EELL:** Envases Ligeros  
**FO:** Fracción Orgánica  
**FORS:** Fracción Orgánica de residuos de competencia municipal Recogida Separadamente  
**FI:** Fracción Inorgánica o seca de residuos de competencia municipal  
**FV:** Fracción Verde o Vegetal de los residuos de competencia municipal  
**GEI:** Gases Efecto Invernadero  
**GN:** Gas Natural  
**GNL:** Gas Natural Licuado  
**IT:** Instrumentos Técnicos  
**MF:** Metales Férricos  
**MNF:** Metales no Férricos  
**MO:** Materia Orgánica  
**MOFR:** Materia Orgánica contenida en la Fracción Resto  
**NFU:** Neumáticos Fuera de Uso  
**PC:** Papel y cartón  
**PA:** Potencial de Acidificación  
**PCG:** Potencial de Calentamiento Global  
**PCI:** Poder Calorífico Inferior  
**PE:** Potencial de Eutrofización  
**PEC ad:** Potencial de Ecotoxicidad al agua dulce  
**PEC am:** Potencial de Ecotoxicidad al agua marina  
**PEC t:** Potencial de Ecotoxicidad terrestre  
**PF:** Plástico Film  
**PNIR:** Plan Nacional Integral de Residuos  
**PR:** Plástico Rígido  
**PTH:** Potencial de Toxicidad Humana  
**R:** Rechazo  
**RAEE:** Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos  
**RCD:** Residuos de la Construcción y Demolición  
**RD:** Residuo Doméstico  
**RM:** Residuo de competencia Municipal  
**RMB:** Residuos de competencia Municipal Biodegradables

**RPM:** Residuo Peligroso de competencia Municipal  
**RPPQ:** Residuo Peligroso de competencia municipal en Pequeñas Cantidades  
**RSU:** Residuo Sólido Urbano/residuos sólido de competencia municipal  
**RV:** Residuo Verde o Vegetal  
**RS:** Recogida Separada  
**RSB:** Recogida Separada Bruta  
**RSN:** Recogida Separada Neta  
**SDDR:** Sistema de Depósito, Devolución y Retorno  
**SIG:** Sistema Integrado de Gestión de Residuos (denominados en la nueva Ley como sistemas colectivos de responsabilidad ampliada del productor)  
**TMB/TBM:** Tratamiento Mecánico-Biológico o Tratamiento Biológico-Mecánico  
**TTO:** Tratamiento  
**V:** Vidrio  
**VFU:** Vehículos Fuera de Uso  
**VMP:** Valorización Material Primaria  
**VMS:** Valorización Material Secundaria  
**VOL:** Residuo Voluminoso de competencia municipal

## 1. Introducción

Los sistemas urbanos son sistemas abiertos, es decir, que necesitan explotar otros sistemas (entorno) para mantenerse organizados, y necesitan, también, proyectar sobre este entorno los residuos generados fruto de su actividad. En el caso del flujo de materiales dependerá del modelo de gestión urbana que se adopte (en este caso el modelo de gestión de residuos) que el impacto por explotación o contaminación sobre los sistemas de apoyo (entorno) sea mayor o menor. Respecto a los flujos de materiales, esta consideración adquiere gran relevancia porque consumimos productos que pueden venir de cualquier parte de nuestro planeta y los efectos también pueden tener un ámbito global y no sólo local o regional.

De esta visión de los sistemas urbanos surge el modelo analítico sistema-entorno, que establece un análisis de la gestión de los flujos materiales a partir de una aproximación de los flujos de residuos urbanos. Así, este modelo permite llevar a cabo un análisis integrado de los diferentes factores que inciden o son causados por el modelo de organización de los flujos de materiales. Permite tener en cuenta hechos tan distintos como su integración en el modelo energético (p. e. aprovechamiento del biogás), las repercusiones en el cambio climático (como las emisiones de metano y dióxido de carbono) o la fertilidad del suelo (o la falta de materia orgánica en él).

Las estrategias de los entes locales tienen que centrarse en potenciar la prevención y reutilización de residuos, la preparación para la reutilización, la recogida separada, la valorización de los residuos separados en origen y de aquellos contenidos en la Fracción Resto y la desviación de materiales valorizables, especialmente biodegradables, de los vertederos.

Con el fin de determinar los resultados de los modelos de gestión y establecer sus puntos fuertes y débiles y las posibles actuaciones de futuro, se lleva a cabo la presente evaluación ambiental y de gestión, partiendo del modelo desarrollado en el ámbito de estudio y sus resultados correspondientes al año 2010.

El análisis del modelo de gestión de residuos se lleva a cabo mediante la aplicación del programa de simulación de la gestión de residuos SIMUR (Sistema de Información y Modelización Urbana de Residuos) creado por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. El SIMUR simula la gestión de residuos a lo largo de todo su ciclo, es decir, desde que se generan hasta su deposición final. A partir de su aplicación se obtienen:

- Indicadores de servicio
- Balance de masa e indicadores relacionados
- Balance energético e indicadores relacionados

- Balance de emisiones, potenciales de impacto e indicadores relacionados

## 2. Análisis de la gestión de residuos

### 2.1. Datos básicos del ámbito de estudio

Para determinar posibles relaciones entre el modelo de gestión elegido y desarrollado en un ámbito concreto y sus resultados, se debe tener en cuenta, además de todos los instrumentos de gestión, el contexto territorial y socioeconómico y el perfil urbanístico de dicho ámbito.

[...]

### 2.2. Descripción del modelo de gestión de residuos

#### Organización de la gestión de residuos

En la actualidad, la recogida de competencia municipal de residuos afecta a los Residuos Domiciliarios (RD) producidos en todo el término municipal (casco urbano y urbanizaciones) y a los Residuos comerciales e industriales similares a los domésticos, producidos en los comercios, las oficinas y las empresas de servicios, y algunas de las industrias ubicadas en el término municipal.

Cabe recordar que algunos comercios y gran parte de las actividades industriales del término municipal disponen de servicios de recogida a través gestores privados.

La recogida de competencia municipal de los RD se realiza de manera separada, con un modelo de segregación de cinco fracciones, que incluye la separación en origen de la Fracción Orgánica, tal y como se detalla en las tablas de los instrumentos técnicos (ver páginas 7, 8). La recogida de las actividades económicas también se lleva a cabo de manera separada mediante servicios específicos diferenciados para estos generadores.

La contrata municipal con XXX presta prácticamente la totalidad de servicios de recogida, tanto domiciliarios como comerciales. Por otro lado, la empresa social del XXX gestiona el servicio de Punto limpio fijo y la recogida de pilas, textil y voluminosos a demanda. Existen otras recogidas específicas adicionales de latas y pilas en vía pública, etc., realizadas por otras empresas o entidades sin ánimo de lucro.

### Instrumentos técnicos de la gestión

En los siguientes diagramas se resume, a partir de los instrumentos técnicos desplegados, el modelo de gestión de residuos del municipio.

Se han diferenciado dos ámbitos de recogida según el tipo de generador y los servicios independientes existentes:

- domiciliario,
- actividad comercial/grandes productores con servicios específicos de recogida.

Las etapas que se muestran para cada uno de ellos son:

- Recogida: fracciones recogidas separadamente, tipos de sistemas utilizados, frecuencia de recogida,...
- Transporte: tipo de camiones utilizados para la recogida y transporte al primer destino.
- Tratamiento: planta o plantas de destino de los residuos (si existe, transferencia de residuos)
- Destino final: materiales resultantes de la gestión o rechazo final a vertedero

La evaluación de todos los parámetros y balances de gestión se realiza diferenciando estos dos ámbitos de gestión. De forma complementaria se presentan los resultados agregados para todo el municipio.
























































SUBÁMBITO 1: DOMICILIOS Y COMERCIOS SIN RECOGIDA ESPECÍFICA													
<b>RECOGIDA</b>													
 <b>Contenedores Easy para el Resto</b> 130 de 2.400L Frec. 7 veces/sem	 <b>Contenedores c. posterior en áreas de acera para el Resto</b> 194 de 1.100L 10 de 1.100L soterrados Frec. 7 veces/sem (3 veces/sem urbanizaciones)	 <b>Contenedores c. lateral en áreas de acera para el Resto</b> 781 de 2.400L 30 de 3.200L soterrados Frec. 7 veces/sem (3 veces/sem urbanizaciones)	 <b>Contenedores c. posterior con sobretapa para la FORS</b> 789 de 700L Frec. 3,5 veces/sem	 <b>Cont. Easy en áreas de aportación por el Vidrio</b> 254 3.000 L Frec. 2 veces/mes	 <b>Contenedor soterrado por el Vidrio</b> 10 de 3.000 L 8 cont. 1.000L Frec. 2 veces/mes	 <b>Cont. Easy en áreas de aportación por Papel y cartón</b> 264 3.000 L Frec. 3 veces/sem	 <b>Contenedores soterrados por el Papel</b> 12 de 5.000L 8 de 1.000L Frec. 3 veces/sem	 <b>Cont. Easy en áreas de aportación por los Envases</b> 264 de 3.000 L Frec. 3 veces/sem	 <b>Contenedores soterrados por los Envases</b> 12 de 5.000L 8 de 1.000L Frec. 3 veces/sem	 <b>Recogida de restos vegetales y poda municipal</b>	 <b>Recogida de voluminosos y muebles</b> A demanda-puntos de recogida y recogida de abandonados Frec. 6 veces/sem (3 sectores, 2 veces/sem cada sector)	 <b>Recogida de pilas pirámides en comercios/equipamientos (206 puntos de recogida) A demanda 1 vez cada dos meses</b> <b>Cont. en la calle (11 cont)</b>	 <b>2 Puntos limpios fijos</b> Recogida de materiales reutilizables, reciclables, especiales y otros.
<b>TRANSPORTE</b>													
 1 Camión robotizado con grúa 25 m <sup>4</sup>	 1 Camión compactador carga posterior 12 m <sup>3</sup> 1 cam. Bicompartimental o 9m <sup>4</sup>	 3 Camiones compactadores carga lateral 21 m <sup>3</sup>	 1 Camión compactador carga posterior 12 m <sup>4</sup>	 3 Camiones robotizados con grúa 25 m <sup>4</sup>				 Recogida por la brigada municipal		 3 Camiones caja abierta 8 m <sup>3</sup>	 Se destinan al punto limpio	 Diversos vehículos	
<b>TRATAMIENTO</b>													
 Incineradora			 Transfencia planta incineradora Complejo metanización Planta compostaje		 Planta selección de vidrio	 Planta Selección de papel y cartón	 Planta Selección de envases	 Planta de compostaje	 Planta de selección y valorización de voluminosos	 Plantas de tratamiento, selección y reciclaje poda a compostaje, rechazo a vertedero.			
<b>DESTINO FINAL</b>													
 Planta inertización cenizas y vertedero de peligrosos		 Plantas de reciclaje (escorias, chatarra)		 Vertedero 1 Vertedero 2	 Vertedero 3	 Vertedero 3	 Vertedero 3	 Vertedero 3	 Vertedero 3	 Vertedero 3	 Vertedero 3		
Energía eléctrica Metales de escorias Materiales provenientes de las escorias recicladas			Compost Energía eléctrica	Vidrio reciclado	Papel y cartón reciclado	Materiales reciclados	Compost	Materiales reciclados, voluminosos reutilizados	Materiales reciclados Compost				
El cuadro no incluye la recogida de textil (5 cont. en la calle, recogida en centros cívicos)				El cuadro no incluye la recogida de fármacos en los establecimientos especializados gestionada por SIGRE				El cuadro no incluye la recogida de latas (11 contenedores compactadores a la calle)					

FIGURA 1. Instrumentos técnicos ámbito domiciliario 2010

SUBÁMBITO 2: PRODUCTORES SINGULARES				
ACTIVIDADES COMERCIALES/ EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS		ACTIVIDADES COMERCIALES/ EQUIPAMIENTOS / PEQUEÑO Y MEDIANO INDUSTRIAL		
 <p><b>Recogida puerta a puerta de materia orgánica comercial y equipamientos</b> 990 actividades Frec: Establecimientos con declaración 1 a 6 veces/sem (según kg generados) Establecimientos sin declaración servicio estándar 4 veces/sem</p>	 <p><b>Recogida puerta a puerta de cartón comercial y industrial</b> sin contenedor, 2 cont. 1100L a la calle Frec.: Establecimientos con declaración 1 a 2 veces/sem (según kg generados) 270 establecimientos. Establecimientos sin declaración servicio estándar 2 veces/sem 342 establecimientos. Establecimientos que generan menos de 5kg/sem permiso para uso cont vía pública (1732 establ)</p>	 <p><b>Recogida puerta a puerta de papel y cartón equipamientos</b> 31 cont. de 1100L 1 cont. de 3000L 4 contenedores de dos ruedas 240L 84 equipamientos 1 o 2 veces/sem (otros cuando lo soliciten)</p>	 <p><b>2 Puntos limpios fijos</b> Recogida de materiales reutilizables, reciclables, especiales y otros.</p>	RECOGIDA
 <p>1 Camión compactador carga posterior 12 m<sup>3</sup></p>	 <p>1 Camión compactador carga posterior 12 m<sup>3</sup>. 1 furgoneta caja abierta 10m<sup>3</sup></p>	 <p>Diversos vehículos</p>		TRANSPORTE
<p>Transferencia incineradora</p>				TRATAMIENTO
 <p>Complejo metanización Planta compostaje</p>	 <p>Planta selección de papel y cartón</p>	 <p>Plantas de tratamiento, selección y reciclaje poda a compostaje, rechazo a vertedero.</p>		TRATAMIENTO
 <p>Vertedero 1 Vertedero 2</p>	 <p>Vertedero 3</p>	 		DESTINO FINAL
<p>Compost Energía eléctrica</p>	<p>Papel y cartón reciclado</p>	<p>Materiales reciclados Compost</p>		MATERIALES

El cuadro no incluye la recogida de fracción resto industrial en bolsas.

FIGURA 2. Instrumentos técnicos ámbito comercial con recogida específica 2010



En la tabla siguiente se detallan los datos de recogida de residuos del año 2010, que son los datos de base utilizados para llevar a cabo el análisis del balance de masa<sup>1</sup>.

Fracciones recogidas	Tm 2010
Fracción Resto	14.170,18
Voluminosos vía pública	431,806
Voluminosos a demanda	1.673,6
Papel cartón domiciliario	2.286,410
Papel y cartón comercial	434
Papel y cartón industrial	393,78
Enseres ligeros	1.335,09
Vidrio	1768,18
FORS domiciliaria	4.610,357
FORS comercial	1.567,4
Ropa y calzado vía pública	52,55
Total Puntos Limpios <sup>2</sup>	12.067,431
<b>TOTAL</b>	<b>65.317,763</b>

**TABLA 1. Residuos recogidos y gestionados.**  
Fuente: Balance de residuos del Ayuntamiento de XXX

<sup>1</sup> Las siguientes fracciones se han introducido conjuntamente en el simulador: recogida papel y cartón comercial e industrial; voluminosos a demanda y voluminosos vía pública. Los datos del punto limpio fijo se han contabilizado en el subámbito domiciliario. La recogida de pilas en establecimientos especializados, y la poda municipal se destinan al punto limpio por lo que están contabilizada en este sistema de recogida.

No se contabilizan:

Latas vía pública, pilas vía pública

<sup>2</sup> Ver desglose en el [Anexo 3.1](#)

## 2.3. Resultados del análisis de la gestión

### 2.3.1. Indicadores de servicio

Al valorar los resultados de un modelo es necesario tener en cuenta los indicadores de servicio que determinan el alcance y las características del servicio que se está prestando al ciudadano para la correcta gestión de sus residuos.

Fracción	Nº contenedores	Indicador dotación de contenedores Habitantes servidos/contenedor	Indicador capacidad de recepción L/habitante/mes
Resto	1.145	90,53	634.45
FORS	789	137,09	69.89
Papel-cartón	337 <sup>3</sup>	356,62	93.28
Vidrio	272	462,83	57.85
Envases ligeros	284	423,17	93.28
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>948,75</b>

**TABLA 2. Indicadores de servicio ámbito domiciliario casco urbano<sup>4</sup>**

Los indicadores resultantes de habitantes/contenedor presentan unos valores adecuados, aunque mejorables en términos de acercar más el servicio al usuario, para los sistemas de recogida en contenedores en la vía pública de acera para la fracción Resto y FORS (se establece un ratio de 100 hab/cont) y de áreas de aportación para el papel, vidrio y envases (se establece un ratio de 300 hab/cont). Algunas de las aéreas del municipio se instalan baterías de 5 contenedores de manera que se fomenta la participación de la ciudadanía en la recogida separada.

La capacidad de recepción obtenida entra dentro de los valores habituales de otros sistemas de gestión (entre 600 y 1.200 L/hab/mes), aproximadamente en la mitad del intervalo.

El número de entradas al punto limpio por cada mil habitantes es de 440. Respecto a la tipología de usuarios, la mayoría de visitas a las instalaciones corresponden a pequeños industriales, comercios y ayuntamiento, por lo que las entradas de particulares sólo representan un 37,3% del total.

<sup>3</sup> Incluye 53 contenedores de 240L para la recogida de papel de los equipamientos municipales (23).

<sup>4</sup> No se incluyen los contenedores de textil, pilas y latas vía pública.

### 2.3.2. Balance de masa

Los datos de recogida de los residuos y las caracterizaciones de los residuos recogidos<sup>5</sup>, junto con los datos de los procesos que se llevan a cabo en las plantas de destino, sirven para calcular los resultados del balance de masa que se detallan a continuación:

#### a) Esquema proceso y balance sistema-entorno

Las figuras que se exponen a continuación muestran el Esquema del Proceso de gestión de residuos que reproduce el balance de masa completo en las diferentes etapas de gestión para todos los residuos que se generan anualmente y el Balance Sistema Entorno que sintetiza el primer esquema, para los diferentes ámbitos de recogida diferenciados.

---

<sup>5</sup> La composición de la fracción resto procede de estudios de caracterización de los residuos generales entrados a la planta incineradora. La composición de los envases procede de los estudios de caracterización específicos de Ecoembes. Las composiciones del vidrio y el papel-cartón utilizadas son valores estándares promedio de XXX. La composición de la FORS domiciliaria y comercial se basan en las composiciones periódicas y específicas realizadas por XXX. Por sus características no se ha considerado impropios en el resto de recogidas específicas (papel y cartón comercial, voluminosos, poda, pilas, textil, fármacos y puntos limpios).

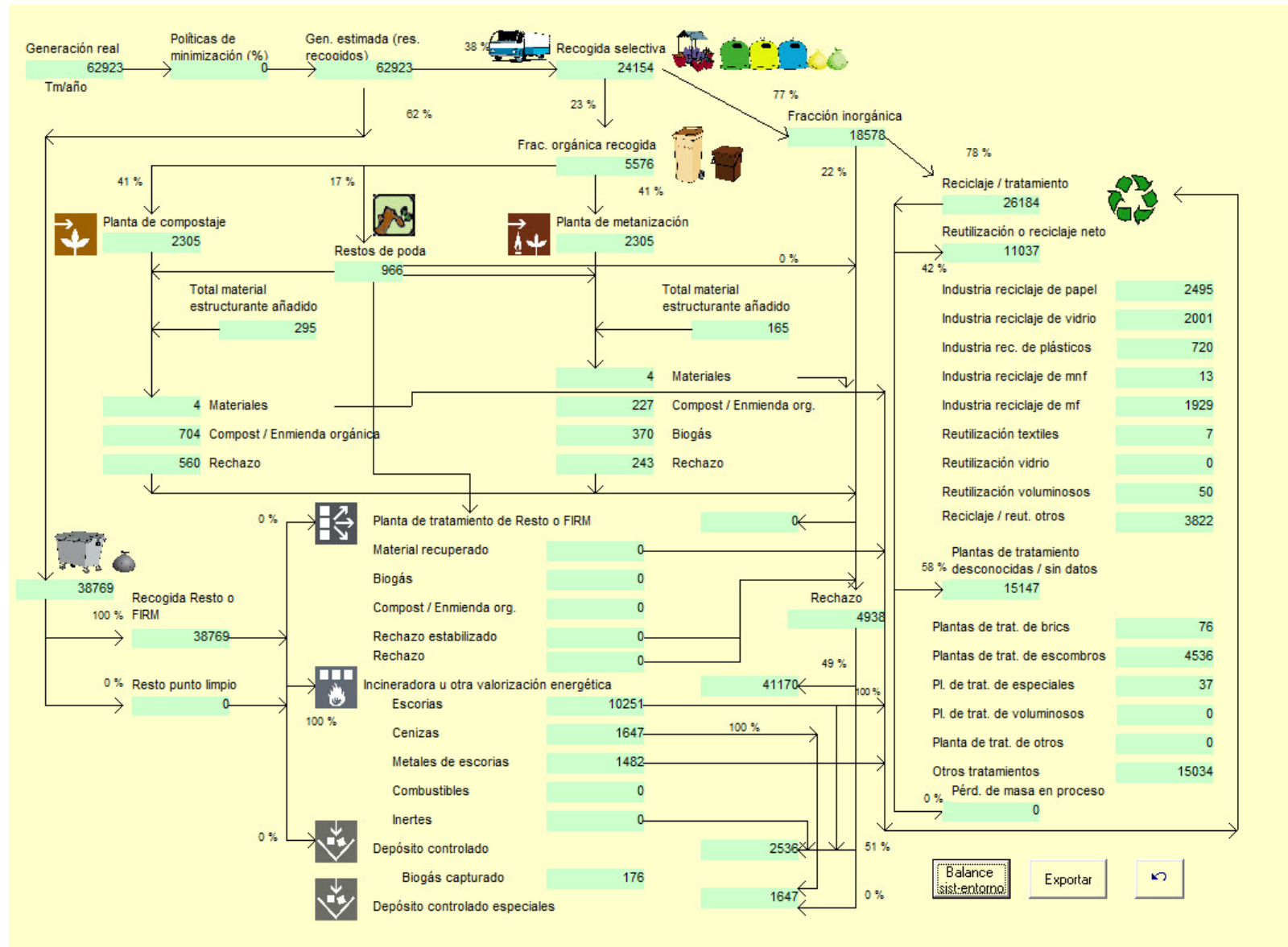


FIGURA 3. Esquema del proceso ámbito domiciliario

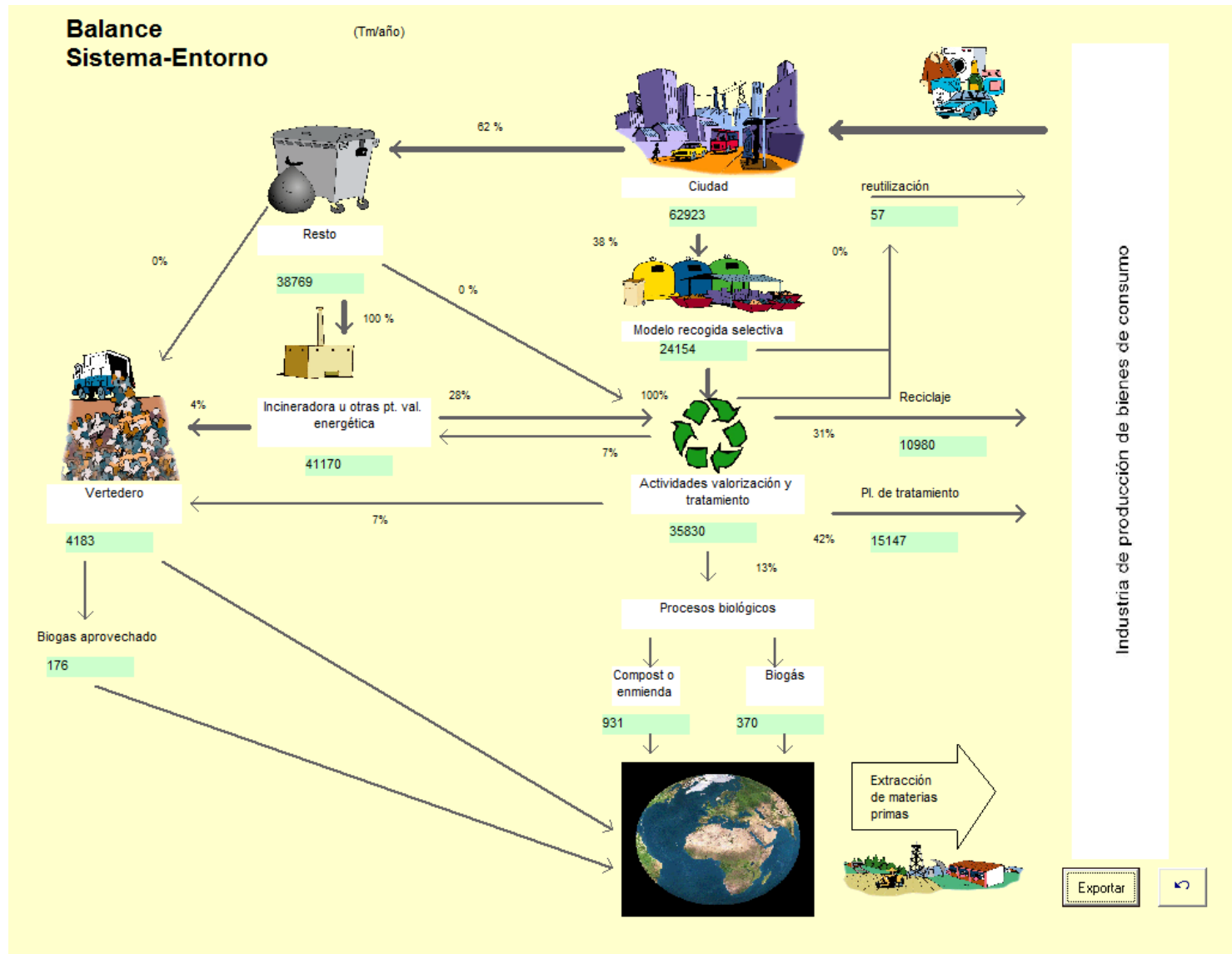


FIGURA 4. Balance Sistema-Entorno del ámbito domiciliario

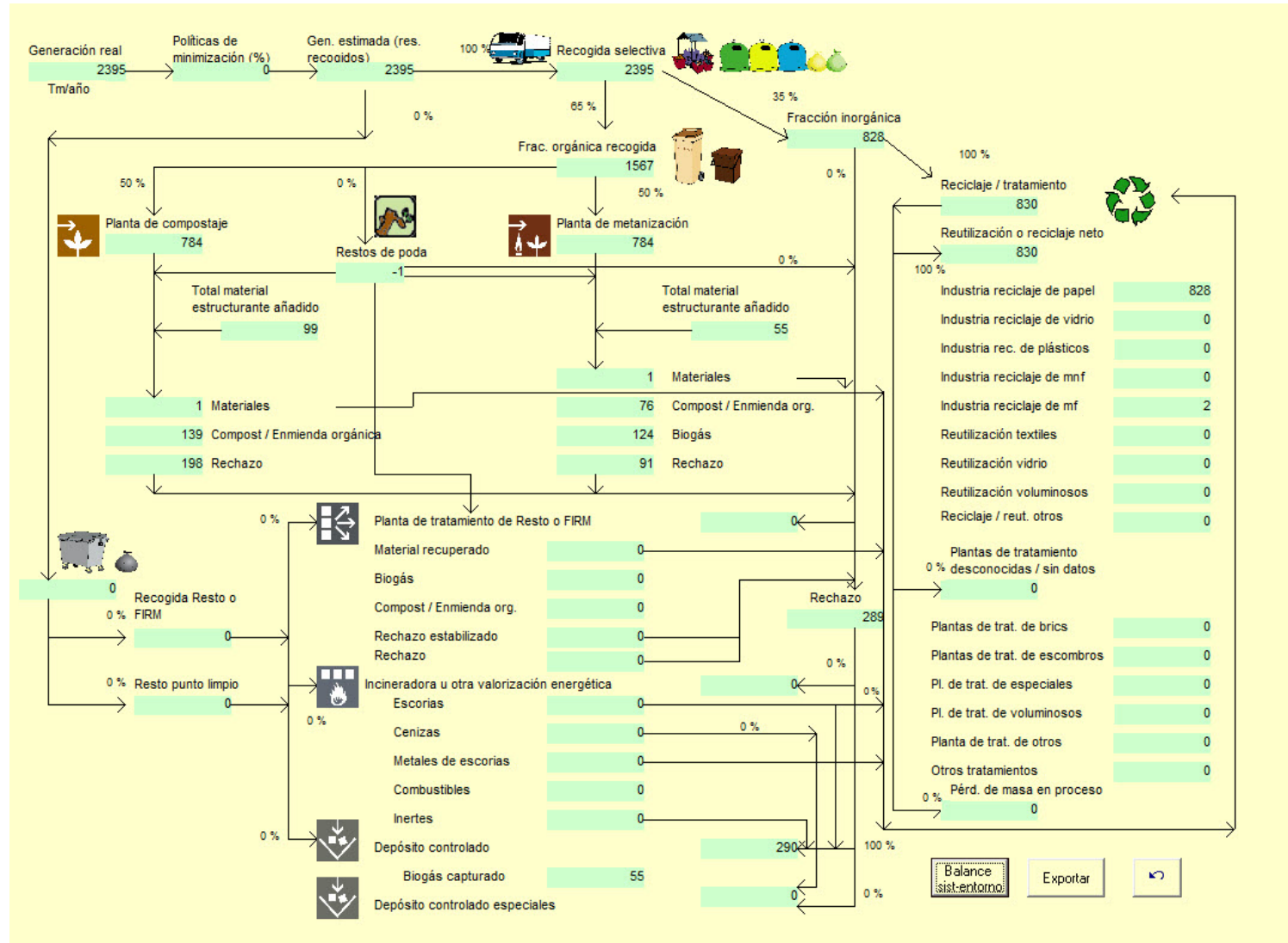


FIGURA 5. Esquema del proceso del ámbito comercial con recogida específica

Nota: únicamente se han considerado en el subámbito las recogidas específicas no compartidas de este ámbito (papel-cartón y F. orgánica comercial).

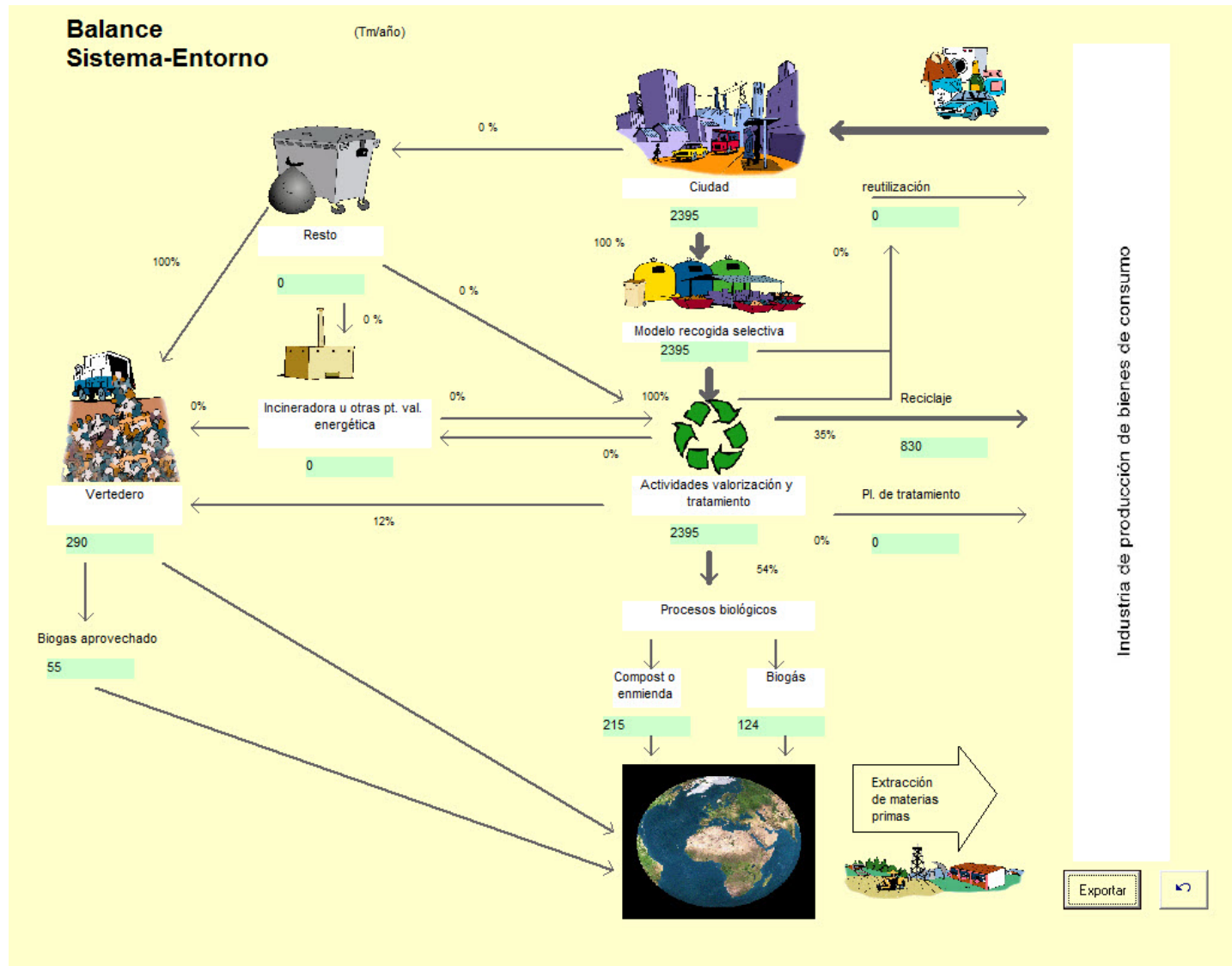


FIGURA 6. Esquema Balance Sistema-Entorno del ámbito comercial

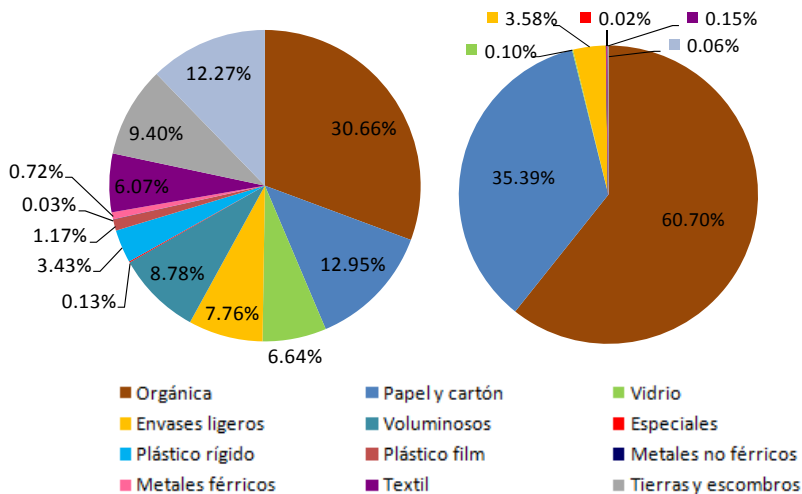
**b) Producción y composición de los residuos**

A partir de los residuos recogidos y de sus composiciones se obtiene la generación total de residuos que permite calcular el índice de generación por habitante y la generación de cada fracción específica que corresponde a la bolsa tipo municipal.

Índice de producción por habitante	
<b>Domiciliarios</b> Kg subámb./hab../día	1,434
<b>Comercios con recogida específica</b> Kg subámbito/núm. establecimientos/día	1,038
<b>Total municipio</b> Kg total municipio/hab. /día	<b>1,489</b>

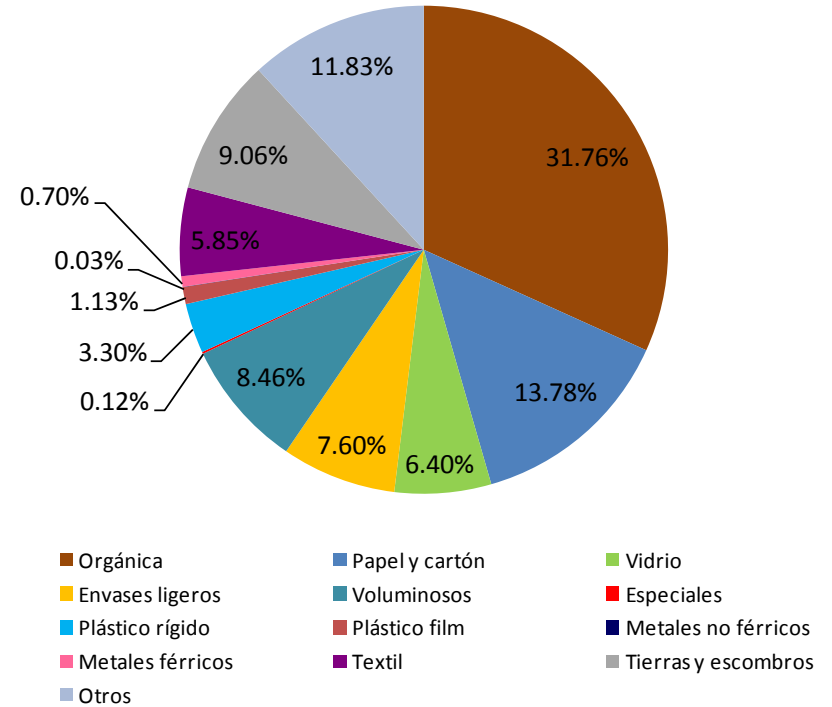
**TABLA 3. Producción de residuos**

La producción de residuos por habitante y día resulta muy similar al valor medio español para el 2009 (1,499 kg/hab./día, MARM).



**FIGURA 7. Bolsa tipo domiciliaria / Bolsa tipo ámbito comercial**

La bolsa tipo del subámbito comercial está formada por un 61% de FORS, un 35% de papel-cartón y otros materiales en pequeñas cantidades que forman parte de los impropios de la FORS. La bolsa tipo municipal final es la siguiente:



**FIGURA 8. Bolsa tipo municipal**

En la composición de los residuos, destaca una proporción de Fracción Orgánica algo inferior si se compara con otras composiciones de otros ámbitos. Los valores para el vidrio son normales, pero en cambio destaca la reducción en las proporciones de papel-cartón y envases, y el porcentaje importante de textil, voluminosos y escombros. También tiene un peso notable la fracción otros que incluye básicamente los residuos no valorizables de los puntos limpios.

### c) Niveles de recogida separada

A partir de los resultados del balance de residuos recogidos y su contenido en impropios se obtienen los siguientes indicadores relacionados con los niveles de recogida separada (ver definiciones en Anexo 3.1) expresados para el global del municipio:

Recogida Separada	Recogida separada bruta Tm	% sobre generado	% impropios <sup>6</sup>	Recogida separada neta Tm	% sobre generado
<b>FORS</b>	7.143,57	34,4%	6,4%	6.750,97	32,5%
<b>Envases ligeros</b>	1.335,09	26,9%	16,7%	1.112,17	22,4%
<b>Papel-cartón</b>	3.439,91	38,2%	3,4%	3.322,54	36,9%
<b>Vidrio<sup>7</sup></b>	2.044,42	48,9%	2,5%	1.724,52	41,3%
<b>Metales no envase</b>	110,81	23,5%	-	110,81	23,5%
<b>Plástico no envase</b>	205,84	9,6%	-	205,84	9,6%
<b>Voluminosos</b>	5137,10	93,0%	-	5.137,10	93,0%
<b>Peligrosos</b>	75,78	95,7%	-	75,78	95,7%
<b>Textil</b>	82,53	2,16%	-	82,53	2,16%
<b>Tierras y escombros</b>	4.536,39	76,68%	-	4.536,39	76,68%
<b>Otros<sup>8</sup></b>	2.437,47	31,6%	-	2.437,47	31,6%
<b>TOTAL</b>	<b>2.6548,90</b>	<b>40,65%</b>	<b>-</b>	<b>2.5342,52</b>	<b>38,80%</b>

TABLA 4. Indicadores de recogida separada bruta, neta y nivel de impropios

Los niveles de recogida separada son destacables para un modelo de recogida en contenedores, gracias a la introducción de las recogidas comerciales diferenciadas y de la recogida separada de Fracción Orgánica la cual favorece la creación de sinergias que refuerzan el resto de recogidas.

Para el vidrio y el papel, los niveles de recogida separada son elevados pero no permiten la consecución de los objetivos de la normativa de envases (60% de reciclado). Para los envases ligeros se debe aumentar los resultados de captura de esta fracción (especialmente de plásticos) ya que la recogida separada actual es poco destacada, aunque por materiales, permite alcanzar los objetivos de la

<sup>6</sup> Proporción de materiales no solicitados en los sistemas de recogida en contenedores.

<sup>7</sup> Incluye el vidrio envase y no envase.

<sup>8</sup> Incluye los neumáticos, el aceite vegetal y los materiales clasificados como Otros.

normativa para los plásticos (obj. de reciclado de plástico 22,5% y metales 50%)<sup>9</sup>. El nivel de impropios de los envases ligeros se podría considerar un valor aceptable para recogidas en contenedores.

Para el resto de fracciones minoritarias, la recogida de voluminosos tiene mucho éxito, con una captura superior al 90% de esta fracción. La recogida de peligrosos obtiene unos niveles muy elevados a diferencia del textil que se recoge separadamente en poca cantidad.

### d) Indicadores de primer destino

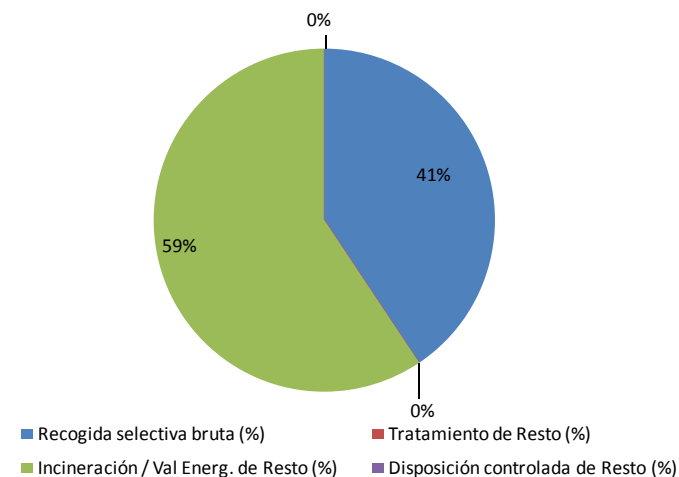


FIGURA 9. Indicadores de Primer destino

Los indicadores de primer destino muestran cómo se recogen los residuos y cuáles son los destinos iniciales que se les asigna (ver definiciones en Anexo 3.1). El análisis de la gestión actual muestra unos indicadores de primer destino con un 41% de los residuos gestionados a través de la recogida separada y un 59%, correspondiente a la Fracción Resto, destinados a incineración.

<sup>9</sup> La nueva Directiva 98/2008 establece como objetivo una valorización (reciclaje y reutilización) del 50% de los materiales para el 2020, por tanto, por el momento no se alcanza el cumplimiento de este objetivo.



#### d) Indicadores de destino final

Los indicadores de destino final (ver definiciones en [Anexo 3.1](#)) muestran los resultados de gestión de todo el proceso de tratamiento de los residuos, especificando si se obtienen materiales recuperados (materiales para reciclar -valorización material primaria o secundaria), pérdidas de masa de residuos durante los tratamientos (valorización energética o fabricación de CDR), o bien, si los residuos se destinan a depósitos controlados (de forma directa o indirecta como rechazos de plantas).

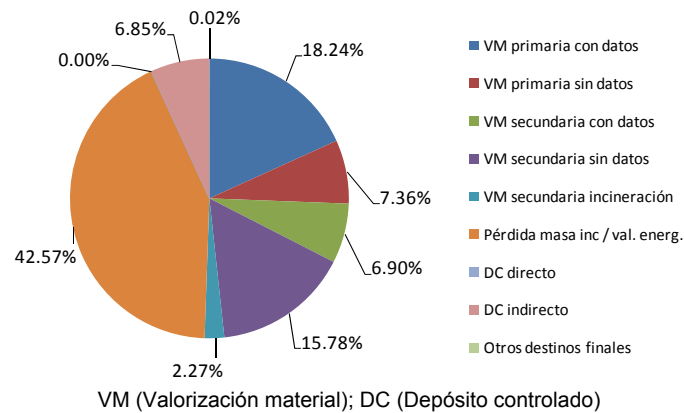


FIGURA 10. Indicadores de destino final

Como destino final mayoritario, con un 43%, aparece la pérdida de masa resultante del procesos de incineración de la Fracción Resto y de los materiales no valorizables del punto limpio. La disposición controlada tiene un carácter indirecto con el vertido de los rechazos generados principalmente en la planta de tratamiento (y la deposición de las cenizas de incineración posteriormente a su inertización). Según esto, la gestión favorece la desviación de materiales del vertedero y el cumplimiento de la directiva de vertederos en cuanto a reducción del vertido de materiales biodegradables.

La valorización material primaria finalmente corresponde a un 26% de los residuos gestionados, que sumada a un 25% de valorización material secundaria derivada de la recuperación de materiales del resto (2,3% de metales de escoria esencialmente, ya que durante una temporada la planta de selección previa al proceso de incineración estuvo fuera de servicio por modificaciones del complejo, y 16% de escorias que se destinan a valorización aunque no se dispone de datos de la gestión), se obtiene una valorización total de un 50,52% que resultar un valor destacable.

Cabe añadir que la recuperación de metales del proceso de incineración permite aumentar los valores de recuperación de la recogida separada, de manera que para los metales permite alcanzar los objetivos de la normativa de envases.

#### 2.3.3. Balance energético

El cálculo y la evaluación del coste/generación energética que se produce desde que los generadores acuden al punto de recogida hasta que los residuos acaban en su destino final se ha diferenciado en 5 etapas del proceso de gestión de los residuos

- **Consumo energético de disposición de los residuos en el punto de recogida**, calculado a partir de las entradas que se hacen en vehículo privado al punto limpio y la distancia media de éste al centro del municipio.
- **Coste energético de la recogida de los residuos**, donde se realiza una estimación del consumo asociado a la recogida de los residuos generados a partir de los datos reales disponibles de consumos de cada servicio.
- **Coste/generación energética de los tratamientos y disposición final**, donde se cuantifica el consumo y la generación energética una vez los residuos entran a las pertinentes plantas de tratamiento (planta de selección envases, planta incineradora, planta de tratamiento de orgánica...) a partir del consumo/generación de combustibles y electricidad por tonelada tratada de las plantas consideradas;
- **Consumo energético de los transportes intermedios**, donde se determina el combustible utilizado por las flotas encargadas de efectuar los transportes entre dos plantas y las transferencias, a partir de una matriz de distancias<sup>10</sup>.
- **Crédito energético o Ahorro debido al reciclaje**, donde se calcula el ahorro energético que supone la recuperación de los materiales para ser reciclados<sup>11</sup>.
- Para más información sobre la metodología consultar el [Anexo 3.2](#).

De esta manera, se determina para cada una de las etapas del proceso de gestión de los residuos municipales, el consumo y la generación energética, en relación a los combustibles y electricidad<sup>12</sup>, diferenciando los balances correspondientes a cada ámbito de gestión considerado.

<sup>10</sup> Incorpora los traslados de rechazos desde las principales plantas de tratamiento hasta su destino final en el vertedero.

<sup>11</sup> Los datos de MJ/Tm recuperada que se ahorra por el reciclaje de materiales proceden de BUWAL 250 (1998). Este ahorro energético corresponde a la diferencia de consumo entre la producción de una tonelada de papel, vidrio, textil, metal, plástico a partir de materias primas vírgenes o a partir de materiales reciclados. Hay que recordar que no se contabiliza por falta de datos el ahorro por reciclaje de obtener compost.

<sup>12</sup> Tal y como se puede observar, dentro del balance energético global no se ha tenido en cuenta el coste energético derivado de la etapa de producción de bienes y productos consumidos que posteriormente se convierten en residuos.

Hay que tener presente que todos los datos están expresados en función del consumo/generación energéticos derivados de la gestión de la cantidad de residuos anuales que se producen (no corresponden a un consumo o generación de energía anual).

	Consumo gasolina (L)	Consumo diesel (L)	Consumo GN (Nm³)	Consumo eléctrico (kWh)	Gen. biogás como GN (Nm³)	Gen. electricidad (kWh)
Punto limpio fijo	14.244,25	16.826,02				
Contenedores Acera - Resto		134.367,45				
Contenedores Acera - FORS		37.102,25				
Contenedores Acera - Papel y cartón		23.864,74				
Contenedores Acera - Vidrio		12.233,50				
Contenedores acera - Envases ligeros		23.864,74				
Total recogida y primer destino	14.244,25	248.258,702				
Transporte entre plantas		12.657,98				
Planta transferencia		359,61		8.298,64		
Planta de compostaje		8.529,16		6.915,54		
Planta selección envases	53,40	133,51		53.056,48		
Planta peligrosos		407,00		6.829,35		
Incineradora			7.410,63	3.379.248,37		21.120.302,34
Vertedero 3		1.681,74		6.983,28	1.231,43	10.595,54
Vertedero 1		280,93		14.027,73	70.796,98	27.316,49
Complejo tto_digestión				588.168,82		603.397,15
<b>TOTAL</b>	<b>14.297,65</b>	<b>272.308,63</b>	<b>7.410,63</b>	<b>4.063.528,20</b>	<b>72.028,41</b>	<b>21.761.611,52</b>

TABLA 5. Balance energético inicial ámbito domiciliario<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Por las características de las recogidas no se ha podido contabilizar los siguientes consumos: medicamentos, pilas, latas, textil, poda municipal y voluminosos. Los transportes entre plantas incluyen los transportes de los principales rechazos de planta a vertedero y la transferencia de la recogida de FORS. Para más información sobre los datos de consumo/generación ver Anexo 3.2.

	Consumo diesel (L)	Consumo eléctrico (kWh)	Gen. biogás como GN (Nm³)	Gen. electricidad (kWh)
Puerta a puerta – FORS	28.077,89			
Puerta a puerta – Papel y cartón	28.077,36			
Total recogida y primer destino	56.155,25			
Transporte entre plantas	4.256,91			
Planta transferencia	122,26	2.821,32		
Planta de compostaje	2.899,69	2.351,10		
Vertedero 1	101,37	4.892,23	24.684,82	9.524,46
Complejo tto-digestión		197.693,77		202.552,89
<b>TOTAL</b>	<b>63.535,48</b>	<b>207.758,42</b>	<b>24.684,82</b>	<b>212.077,35</b>

TABLA 6. Balance energético inicial ámbito comercial con recogida específica<sup>14</sup>

Con el fin de obtener un balance energético global, para todo el municipio de manera que se integran todos los ámbitos en una sola tabla, que se pueda comparar, se aplican a los valores de consumos/generación de las tablas anteriores, los porcentajes de eficiencia en la producción, transporte y suministro de los combustibles y de la electricidad. En este último caso se considera el perfil eléctrico español para calcular la eficiencia promedio de consumo/producción de electricidad a partir de las diferentes fuentes. Asimismo, se incluye en el balance el ahorro por reciclaje resultante de la recuperación de materiales<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Para más información sobre los datos de consumo/generación ver Anexo 3.2. Los transportes entre plantas incluyen los transportes de los principales rechazos de planta a vertedero y la transferencia de la recogida de FORS.

<sup>15</sup> No se incluye el ahorro energético derivado del uso de compost generado debido a la falta de datos comparativos en este sentido respecto de la producción y uso de fertilizantes químicos u otras enmiendas orgánicas. Los materiales que más contribuyen a aumentar el crédito energético son los plásticos y los metales, puesto que, su factor de ahorro energético por tonelada es muy importante, cosa que compensa también la costosa recogida de estos envases ligeros.

		Balance gasolina (MJ)	Balance diesel (MJ)	Balance GN (MJ)	Biogás como GN (MJ)	Balance eléctrico (MJ)	Balance energético neto (MJ)	Residuos gestionados (Tm/año)	Indicador (MJ/Tm)
Recogidas	Punto limpio fijo	707.688	786.711				1.494.399	11.991	125
	Contenedores Acera - Resto		6.282.431				6.282.431	38.769	162
	Contenedores Acera - Papel y cartón		1.115.810				1.115.810	2.286	488
	Contenedores Acera - Vidrio		571.984				571.984	1.768	323
	Contenedores Acera - Envases ligeros		1.115.810				1.115.810	1.335	836
	Contenedores Acera - FORS		1.734.738				1.734.738	4.610	376
	Recogida comercial PaP - Papel y cartón		1.312.774				1.312.774	828	1.586
	Recogida comercial PaP – FORS		1.312.798				1.312.798	1.567	838
	<b>Total recogida y primer destino</b>	<b>707.688</b>	<b>14.233.057</b>				<b>14.940.745</b>	<b>65.318</b>	<b>229</b>
Plantas y destino final	Transporte entre plantas		790.866				790.866	6.673	119
	Planta de transferencia		22.530			86.186	108.716	6.178	18
	Planta de compostaje		534.363			71.822	606.185	3.089	196
	Planta selección envases ligeros	2.653	6.242			411.219	420.114	1.335	315
	Planta peligrosos		19.030			52.931	71.961	55	1.308
	Complejo tto-digestión					-155.690	-155.690	3.089	-50
	Incineradora			365.828		-137.503.576	-137.137.793	41.170	-3.331
	Vertedero 3		78.631		-32.136	-27.997	18.498	1.734	11
	Vertedero 1		17.875		-2.229.263	-138.898	-2.350.287	1.092	-2.152
	<b>TOTAL 1</b>	<b>710.342</b>	<b>15.702.593</b>	<b>365.828</b>	<b>-2.261.399</b>	<b>-137.203.993</b>	<b>- 122.686.630</b>	<b>650318</b>	<b>-1.878</b>
	<b>Crédito energético por reciclaje</b>						<b>-84.105.151</b>	<b>8.043</b>	<b>-10.457</b>
	<b>TOTAL 2</b>						<b>-206.791.781</b>	<b>65.318</b>	<b>-3.166</b>

TABLA 7. Balance energético final municipal

El balance energético final resulta negativo debido a que la recuperación de energía derivada de la producción de electricidad y el uso de biogás en sustitución del gas natural en el vertedero<sup>16</sup>, la producción de energía de la digestión de la FORS<sup>17</sup> y en especial en el proceso de incineración, supera el coste energético conjunto de la recogida y transportes (corresponde al mayor consumo registrado) y del consumo de las plantas de tratamiento y selección. Al añadir el crédito energético derivado de la recuperación de materiales el balance final resulta aún más negativo, ya que este ahorro de energía es tan importante como para compensar para sí mismo los costes de gestión.

<sup>16</sup> La producción de biogás deriva la disposición de materiales biodegradables contenidos en los rechazos de las plantas, especialmente los de tratamiento biológico.

<sup>17</sup> El balance del Complejo de tratamiento no resulta muy negativo puesto que se efectúa una importante compensación de los costes energéticos del proceso mediante el aprovechamiento energético del biogás generado.

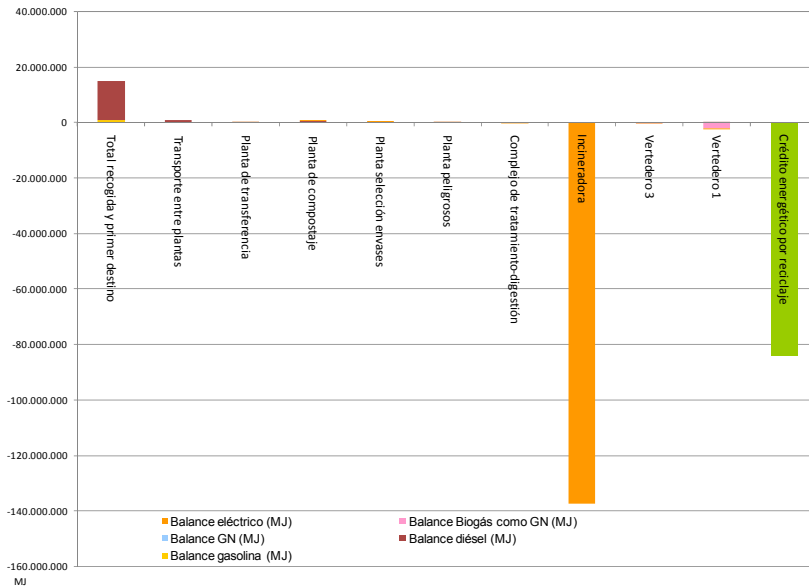


FIGURA 11. Balance energético final del modelo

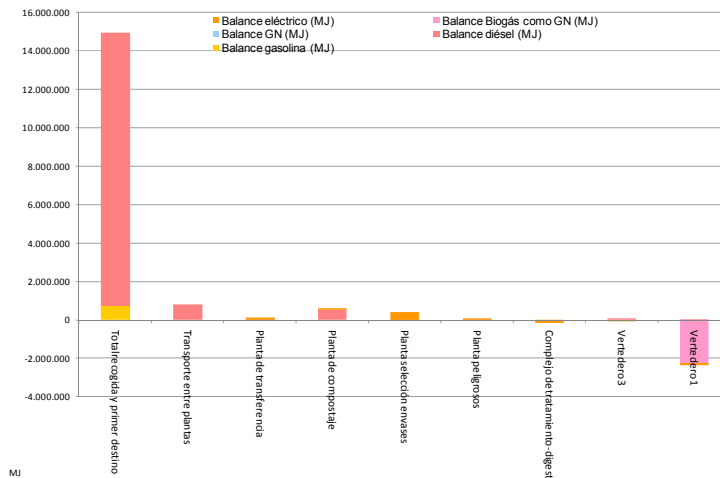


FIGURA 12. Balance energético final del modelo sin incineradora ni crédito energético

El consumo energético asociado a la recogida y primer destino, se puede desagregar en los costes energéticos específicos vinculados a casa uno de los servicios de recogida de las diferentes fracciones. En el siguiente gráfico y tabla se presentan estos resultados expresados mediante valores absolutos (litros consumidos) y el indicador de MJ por tonelada recogida, que permite analizar la eficiencia de cada servicio y comparar su impacto relativo.

Indicador de consumo total (MJ/t recogida)	Punto limpio	Resto	FORS	Papel-Cartón	Vidrio	EELL	FORS comer.	Papel comer.
	125	162	376	488	323	836	838	1.586

TABLA 8. Indicador de consumo de los servicios de recogida

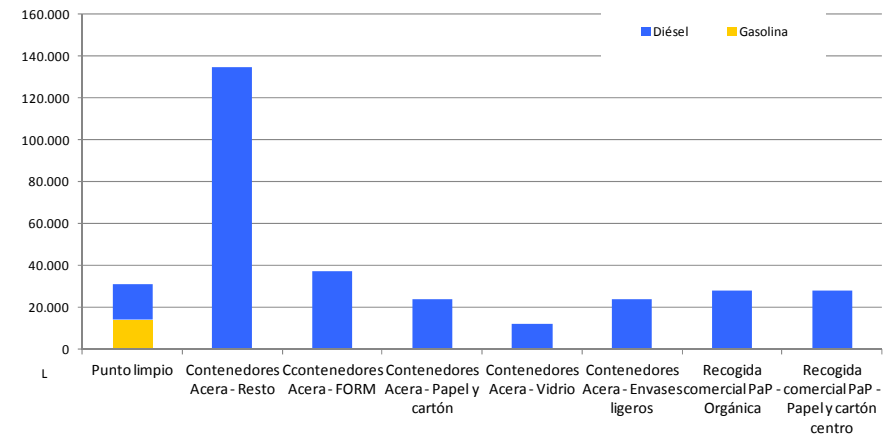


FIGURA 13. Balance energético de la recogida

- El servicio de recogida en general se considera eficiente ya que obtiene un consumo por tonelada de tan solo 229MJ/Tm recogida, aunque cabe recordar que hay algunos servicios complementarios que no se ha podido considerar (los valores más comunes suelen estar entre 600-1200 MJ/Tm en función de la configuración de las recogidas y el urbanismo).
- La fracción que comporta un coste global más importante es la recogida de la Fracción Resto debido a las grandes cantidades gestionadas, aun así, es un servicio energéticamente eficiente según indica su indicador por tonelada gestionada.

- La recogida de la FORS en contenedores, también muestra un coste total destacado y superior al resto de fracciones separadas, pero en cambio el gasto energético por tonelada gestionada es moderado.
- La fracción envases ligeros y el papel tienen consumos similares pero por las mismas características de los materiales que conforman los envases (mucho volumen y poco peso) se dan servicios poco eficientes en cuanto a MJ/Tm. Adicionalmente el vidrio comporta el menor consumo absoluto y su indicador resulta bastante reducido.
- Las recogidas a demanda específicas como la de los voluminosos (y también otros como la de las pilas), aunque no se han podido contabilizar, suelen comportar gastos energéticos destacados por la misma configuración del servicio.
- De forma general, las recogidas comerciales al prestarse en la modalidad puerta a puerta tienen asociado un consumo por tonelada elevado, especialmente el servicio de papel y cartón comercial e industrial.

### 2.3.4. Impactos ambientales

Toda gestión de residuos de competencia municipal lleva asociado un conjunto de impactos sobre el medio exportados de muy diversas maneras. En este caso los impactos de mayor magnitud que se tienen en cuenta son:

- Impacto sobre medio atmosférico: emisiones directas e indirectas de gases a la atmósfera.
- Impacto sobre el medio acuático: vertido y/o lixiviación de sustancias contaminantes sobre ríos, acuíferos y el mar.
- Impactos sobre el suelo: emisiones en el medio terrestre, ya sea suelo agrícola, forestal, industrial ...

Estas tipologías de impacto pueden tener un origen en los procesos por los cuales pasan los residuos (emisiones de las plantas de tratamiento, incineración, disposición, utilización del compost, escorias, etc.), o pueden estar asociados al consumo de electricidad y combustible durante la recogida y tratamiento<sup>18</sup>.

También se han tenido en cuenta las emisiones *ahorradas* debido a la producción propia en algunos tratamientos de electricidad y las derivadas de la recuperación de

<sup>18</sup> Como en el balance energético, dentro del balance global de emisiones no se han considerado las emisiones generadas en el proceso de producción de bienes y servicios, que finalmente se convierten en residuos.

materiales. En cuanto a la obtención de compost, únicamente se dispone de datos del ahorro de emisiones en el aire asociado al uso de compost en sustitución de los fertilizantes químicos y/o otras enmiendas orgánicas.

### a) Inventario, clasificación y caracterización

El inventario de las emisiones al aire y agua resultantes de la gestión de residuos se detalla en las tablas del Anexo 3.3. Las fuentes de los datos utilizados para el cálculo del inventario también se detallan en el mencionado Anexo 3.3.

Estas emisiones se han caracterizado empleando metodología de Análisis de Ciclo de Vida<sup>19</sup>. Los impactos de las emisiones a la atmósfera, medio acuático y suelo pueden resumirse, pues, en toda una serie de parámetros que indican o estiman el impacto potencial que cada especie puede causar. Se definen ocho potenciales de impacto indicativos y de tipo global, regional o local:

#### I. Impactos ecológicos.

- Potencial de Calentamiento Global (PCG).
- Potencial de Acidificación (PA).
- Potencial de Eutrofización (PE).
- Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos (POFQ).
- Potencial de Ecotoxicidad en el agua dulce (fresh water) (PEC fw).
- Potencial de Ecotoxicidad en el agua marina (marine water) (PEC mw).
- Potencial de Ecotoxicidad terrestre (PEC t).

#### II. Impactos sobre la salud humana.

- Potencial de Toxicidad Humana (PTH).

Las especies incluidas en cada una de las categorías de impacto son las que producen directamente una carga ambiental en esta categoría.

Cabe recordar que las unidades de las emisiones a partir de las cuales se han calculado los potenciales de impacto son Tm (no Tm/año) correspondientes a las emisiones que se producen en las diferentes etapas de gestión por cada tonelada/año de residuo generado<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> Metodología de agregación de emisiones desarrollada por el Centro de Estudios Ambientales de Leiden (CML 2001 y revisiones posteriores) y aplicada en el SIMUR. Ver más información sobre la metodología en el Anexo 3.3

<sup>20</sup> No se pueden contabilizar como Tm/año para algunos procesos de tratamiento y especialmente para los vertederos, donde durante años se irá emitiendo biogás.

A continuación se muestra la tabla con el perfil ambiental agregado de los dos ámbitos considerados:

Potenciales de impacto	PCG total <sup>21</sup>	PCG no renovable	POFQ	PE	PA	PTH	PEC fw	PEC mw	PEC t
Unidades	Tm CO <sub>2</sub> equiv.	Tm CO <sub>2</sub> equiv.	Tm C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> equiv.	Tm PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> equiv.	Tm SO <sub>2</sub> equiv.	Tm 1,4-diclorobenzeno equiv.	Tm 1,4-diclorobenzeno equiv.	Tm 1,4-diclorobenzeno equiv.	Tm 1,4-diclorobenzeno equiv.
Punto limpio fijo	9,64E+01	9,64E+01	7,73E-02	1,74E-01	8,38E-01	6,47E+00	9,30E-01	4,48E+03	1,33E-02
Contenedores Acera - Resto	4,19E+02	4,19E+02	2,96E-01	9,56E-01	4,38E+00	2,65E+01	3,99E+00	1,73E+04	3,64E-02
Contenedores Acera - Papel y cartón	7,45E+01	7,45E+01	5,27E-02	1,70E-01	7,78E-01	4,70E+00	7,09E-01	3,08E+03	6,47E-03
Contenedores Acera - Vidrio	3,82E+01	3,82E+01	2,70E-02	8,70E-02	3,99E-01	2,41E+00	3,63E-01	1,58E+03	3,31E-03
Contenedores Acera - Envases ligeros	7,45E+01	7,45E+01	5,27E-02	1,70E-01	7,78E-01	4,70E+00	7,09E-01	3,08E+03	6,47E-03
Contenedores Acera - FORS	1,16E+02	1,16E+02	8,19E-02	2,64E-01	1,21E+00	7,31E+00	1,10E+00	4,78E+03	1,01E-02
Puerta a puerta comercial - Papel y cartón	8,76E+01	8,76E+01	6,19E-02	2,00E-01	9,15E-01	5,53E+00	8,34E-01	3,62E+03	7,61E-03
Puerta a puerta comercial - FORS	8,76E+01	8,76E+01	6,19E-02	2,00E-01	9,15E-01	5,53E+00	8,34E-01	3,62E+03	7,61E-03
<b>Total recogida y primer destino</b>	<b>9,94E+02</b>	<b>9,94E+02</b>	<b>7,12E-01</b>	<b>2,22E+00</b>	<b>1,02E+01</b>	<b>6,31E+01</b>	<b>9,47E+00</b>	<b>4,16E+04</b>	<b>9,12E-02</b>
Transporte entre planta	5,28E+01	5,28E+01	3,73E-02	1,20E-01	5,51E-01	3,33E+00	5,02E-01	2,18E+03	4,58E-03
Planta de transferencia	5,85E+00	5,85E+00	1,84E-03	4,65E-03	3,10E-02	3,71E-01	7,32E-02	1,47E+03	3,01E-03
Planta de compostaje	1,03E+03	3,93E+01	2,59E-02	8,23E-02	3,85E-01	2,48E+00	3,89E-01	2,65E+03	5,50E-03
Planta selección envases ligeros	2,13E+01	2,13E+01	4,15E-03	6,99E-03	7,82E-02	1,36E+00	2,86E-01	6,74E+03	1,38E-02
Planta peligrosos	3,94E+00	3,94E+00	1,37E-03	3,65E-03	2,26E-02	2,50E-01	4,82E-02	9,17E+02	1,88E-03

<sup>21</sup> Potencial de Calentamiento Global (PCG), Kg/Tm CO<sub>2</sub> equivalente. Para el cálculo del Potencial de Calentamiento Global se ha diferenciado entre emisiones de CO<sub>2</sub> total (CO<sub>2</sub> renovable y CO<sub>2</sub> no renovable) y emisiones de CO<sub>2</sub> de origen no renovable (emisiones de CO<sub>2</sub> que proviene de fuentes consideradas de origen fósil que contabilizan en el protocolo de Kioto). El CO<sub>2</sub> de origen renovable considera las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de fuentes consideradas de origen orgánico que generan un balance de CO<sub>2</sub> neutro y por lo tanto no contabilizan en el cálculo de emisiones que contribuyen al cambio climático (descomposición de la materia orgánica para generar compost y bioestabilizado, el CO<sub>2</sub> emitido al vertedero directamente o proveniente del biogás quemado en las antorchas o motores, CO<sub>2</sub> emitido en el proceso de incineración de materia orgánica, papel, etc.).

Potenciales de impacto	PCG total <sup>21</sup>	PCG no renovable	POFQ	PE	PA	PTH	PEC fw	PEC mw	PEC t
Complejo tratamiento-digestión	1,15E+03	-7,86E+00	-1,40E-03	3,96E-03	-2,76E-02	5,22E+00	4,03E+00	5,75E+03	-4,92E-03
Incineradora	3,63E+04	1,58E+04	2,69E-01	3,11E+00	5,89E-01	1,08E+03	1,68E+01	2,02E+06	5,77E+01
Vertedero 3	1,52E+02	1,13E+02	3,23E-02	1,90E-02	5,10E-02	8,04E-01	1,33E-01	6,30E+03	-4,20E-04
Vertedero 1	3,60E+02	1,88E+02	5,22E-02	5,82E-03	-5,88E-03	1,73E-01	-3,49E-01	8,63E+03	-4,46E-03
<b>SUBTOTAL</b>	<b>4,03E+04</b>	<b>1,73E+04</b>	<b>1,13E+00</b>	<b>5,57E+00</b>	<b>1,19E+01</b>	<b>1,16E+03</b>	<b>3,14E+01</b>	<b>2,10E+06</b>	<b>5,79E+01</b>
<b>Crédito de emisiones por reciclaje</b>	<b>-4,80E+03</b>	<b>-4,80E+03</b>	<b>2,18E+00</b>	<b>4,05E+00</b>	<b>2,97E+01</b>	<b>4,94E+04</b>	<b>6,07E+04</b>	<b>4,07E+07</b>	<b>2,28E+02</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3,55E+04</b>	<b>1,25E+04</b>	<b>1,04E+00</b>	<b>1,53E+00</b>	<b>1,79E+01</b>	<b>4,82E+04</b>	<b>6,07E+04</b>	<b>3,86E+07</b>	<b>1,70E+02</b>
<b>INDICADORES</b>	<b>544,07</b>	<b>190,66</b>	<b>-15,96</b>	<b>23,41</b>	<b>-273,47</b>	<b>-738,36</b>	<b>-929,59</b>	<b>-590,65</b>	<b>-2,61</b>
	<b>Kg/Tm</b>	<b>Kg/Tm</b>	<b>g/Tm</b>	<b>g/Tm</b>	<b>g/Tm</b>	<b>Kg/Tm</b>	<b>Kg/Tm</b>	<b>Tm/Tm</b>	<b>Kg/Tm</b>

TABLA 9. Perfil ambiental de la gestión de los residuos municipal

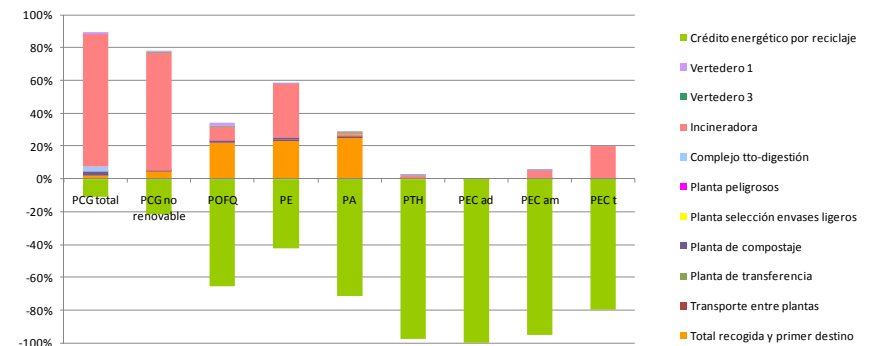


FIGURA 14. Perfil ambiental de la gestión de los residuos del municipio (contribuciones relativas)

En los resultados obtenidos para el balance de emisiones de la gestión de residuos destaca las emisiones relacionadas con el proceso de incineración, seguido de las aportadas por el consumo de combustible en la recogida de residuos. Por el contrario, existe una importante reducción de emisiones derivadas del reciclaje de

materiales, que permite compensar los balances de la mayor parte de los potenciales.

El proceso que contribuye de forma más notoria en emisiones a los potenciales de impacto es el de incineración por la importancia de este tratamiento dentro de la gestión de los residuos. De este modo las emisiones del proceso de incineración afectan positivamente a todos los potenciales. Así, destaca la aportación al PCG especialmente, al POFQ, PE y al PECt en términos relativos (la afectación al PA es muy sensible al perfil eléctrico utilizado, y en este caso, con el perfil nacional no se observa una gran repercusión).

La reducción en concepto de reciclaje es de una magnitud importante, sobre todo en los potenciales de PTH, PA, PECad y PECam, PECt, gracias al reciclaje neto de papel, vidrio, plásticos y metales, favorecido por la recogida separada de estos materiales, por la recuperación de materiales del Resto en la planta de selección y por la valorización de metales de escorias recuperados después del proceso de incineración. La reducción de todos los potenciales de impacto derivados del ahorro de emisiones por el reciclaje viene favorecido por la no producción de nuevos materiales con un proceso de producción generalmente más impactante.

La recogida de residuos destaca en la emisión de dióxido de carbono y monóxido de carbono, que contribuyen de forma muy importante en el POFQ y las emisiones de los carburantes también impactan positivamente sobre el PA y PE. Las emisiones del proceso de compostaje afectan positivamente en el PE, aún así, esta afectación no se consigue apreciar a la gráfica por la importante contribución de la incineradora<sup>22</sup>.

El vertido de residuos en el depósito controlado tiene una contribución al potencial de calentamiento global (PCG no renovable) y al POFQ, en ambos casos, debido las emisiones de metano a la atmósfera, aunque en este caso su peso no es destacado ya que el modelo dispone de incineradora.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente no biogénico de todo el proceso de gestión son de 17.255 Tm y, a pesar de que el reciclaje conlleva el ahorro de 4.802 Tm, éstas todavía no son suficientes para contrarrestar las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente emitidas. Por tanto, la contribución final al calentamiento global del planeta resulta ser de unas 12.453 Tm de CO<sub>2</sub> equivalente no renovable.

El simulador de forma complementaria también calcula el PCG total, que informa de todas las emisiones de CO<sub>2</sub> (además de las no renovables generadas en el modelo, incluye también las renovables). Este indicador tiene un valor más elevado que el PCG no renovable ya que además incorpora las emisiones de CO<sub>2</sub> directo a la

<sup>22</sup> El uso del compost puede tener cierta incidencia sobre los suelos, pero no se ha incluido las emisiones potenciales en la simulación ya que a la vez proporciona unos beneficios tal y como se explica Anexo 3.3.

atmósfera y de la quema de biogás en el vertedero, las emisiones de los tratamientos biológicos y el CO<sub>2</sub> derivado de la incineración de flujos biodegradables.

De la misma manera, el PE es otro de los potenciales que no quedan compensados, aunque su valor es muy bajo, a causa de la contribución de la incineradora y de las recogidas que en este caso son muy importantes. Para el resto de potenciales, en cambio, los resultados son negativos de forma que se compensan los impactos derivados de la gestión, básicamente por la contribución negativa del ahorro de emisiones debidas del elevado reciclaje de materiales resultante de este modelo de gestión.

### b) Normalización de los potenciales

Para poder comparar los potenciales entre sí, se hace necesario normalizar los datos obtenidos, es decir, se deben ponderar en función de su contribución relativa en relación a un marco territorial determinado, en este caso, el resto de la Unión Europea<sup>23</sup>.

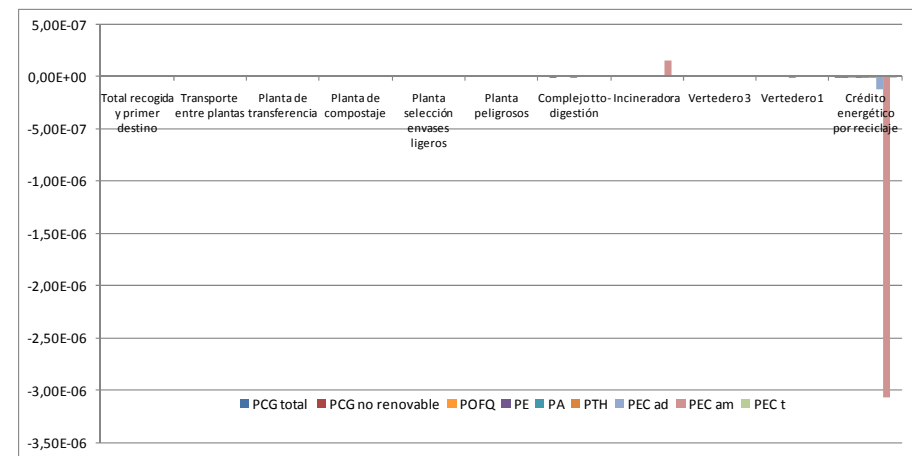


FIGURA 15. Potenciales de impacto normalizados

<sup>23</sup> EU25+3, 2000 (Sleeswijk et al., 2007)

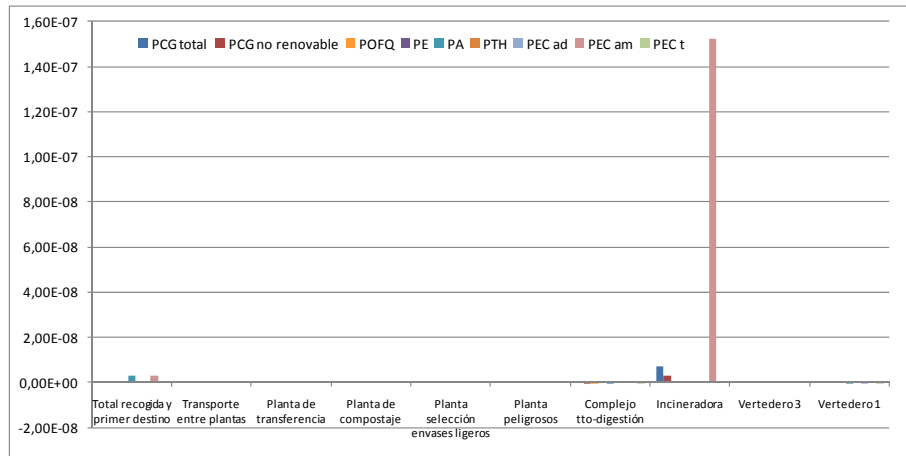


FIGURA 16. Potenciales de impacto normalizados (sin ahorro por reciclaje)

La recogida por su importancia en consumo de combustibles también contribuye de forma muy notable en el potencial de acidificación.

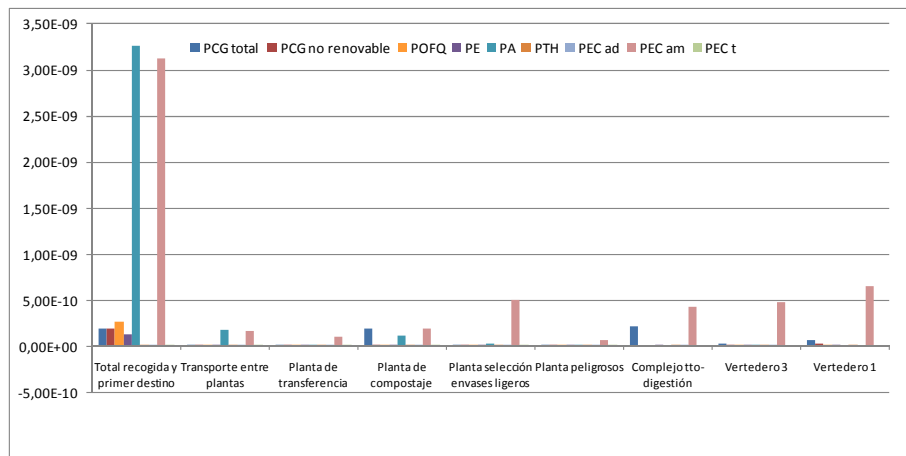


FIGURA 17. Potenciales de impacto normalizados (sin ahorro por reciclaje ni incineradora)

Con los potenciales normalizados se observa la importancia de la contribución del ahorro por reciclaje en la reducción de los potenciales de impacto y, sobre todo, en el potencial de ecotoxicidad en el agua marina (PECam) y dulce (PECad). En este sentido, también destaca la contribución de la recogida y especialmente la planta incineradora en el PECam, por la emisión de ácido fluorhídrico (HF) resultado de la combustión.



### 3. Anexo

#### 3.1. Anexo balance de masa

Recogida puntos limpios (kg)	
Baterías	11.089
Electrodomésticos con CFC	2.120
Electrodomésticos con CFC (A1)	0
Electrónica (A3 i A4)	162.760
Envases de plástico	72.900
Envases de vidrio	3.220
Chatarra	101.850
Fluorescentes (A5)	3.631
Maderas	2.855.780
Grandes electrodomésticos (A2)	2.580
Metales	8.961
Aceites minerales usados	4.100
Aceites vegetales usados	11.650
Papel y cartón	325.720
Pilas	5.591
Pladur	400.680
Plástico duro	205.840
Neumáticos	24.500
Poda	965.809
Rechazo	2.401.320
Residuos peligrosos	55.000
Ropa usada	29.980
Escombros i residuos de la construcción	4.135.710
Textil	0
Vidrio plano	276.240
Voluminosos en buen estado	400
<b>TOTAL</b>	<b>12.067.431</b>

TABLA 10. Recogida Puntos Limpios

Definición de los indicadores de recogida separada	
Recogida separada neta (RSN)	La recogida separada neta que contabiliza sólo las fracciones solicitadas en los sistemas de recogida separada, excluyendo los impropios que las acompañan.
Recogida separada bruta (RSB)	La recogida separada bruta tiene en cuenta el total recogido en los sistemas de recogida separada y, por lo tanto, incluye la fracción solicitada y los impropios que la acompañan.

TABLA 11. Definición de los indicadores de recogida separada

Balance de masa de las plantas de tratamiento	
Planta de selección de envases	Datos de explotación del 2008 (eficiencias de recuperación aportadas). El rechazo se destina al vertedero 3. Se consideran equivalentes al funcionamiento de 2010.
Complejo tratamiento-digestión FORS	Datos de explotación del 2008. El rechazo se destina al vertedero 1. Se desarrollo un pretratamiento de la FORS entrada con la selección y recuperación de metales férricos (eficiencia de recuperación aportadas) y posteriormente una digestión de la Fracción Orgánica contenida en el residuo (parámetros del proceso aportados). Se consideran equivalentes al funcionamiento de 2010.
Planta de compostaje	Datos de explotación del 2008. El rechazo se destina al vertedero 2. Se desarrollo un pretratamiento de la FORS entrada con la selección y recuperación de metales férricos (eficiencia de recuperación aportadas) y posteriormente una digestión de la Fracción Orgánica contenida en el residuo (parámetros del proceso aportados). Se consideran equivalentes al funcionamiento de 2010.
Incineradora	Datos de explotación del 2008. Resultados de porcentajes de cenizas (destino a inertización y vertedero), escorias (destino a planta de reciclaje) y metales de escorias (destino a planta de reciclaje). Cabe apuntar que el complejo estaba en obras por lo que no se desarrollaba el pretratamiento con recuperación de materiales. Se consideran equivalentes al funcionamiento de 2010.
Vertedero 1,2,3	El simulador calcula una estimación de producción de biogás en función del material biodegradable entrado al vertedero según los resultados de gestión del modelo: cantidad de rechazos generados o flujos directos a vertedero y su contenido en material biodegradable según tipo de planta y proceso.  Los valores utilizados son: 250 m3 biogás/Tm material biodegradable fresco y 100 m3 biogás/Tm material biodegradable estabilizado (White et. al., 2001).
Otras instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Papel y vidrio recogida separada: se estima que los materiales que pasan a reciclaje corresponden a las cantidades recogidas descartando los impropios correspondientes. El rechazo se destina al vertedero 3.</li> <li>– Planta de selección de textil y voluminosos: datos de 2010.</li> <li>– Planta selección peligrosos: datos de explotación de la planta de 2008. Se consideran equivalentes al funcionamiento de 2010.</li> <li>– No se han obtenido los datos sobre las plantas clasificadas en la modelización como “desconocidas”.</li> </ul>

TABLA 12. Fuentes de los datos de las plantas de tratamiento

Definición de los indicadores de primer destino	
Indicadores de primer destino	El primer destino corresponde a cómo se recogen los residuos y cuáles son los destinos iniciales que se les asigna. Como primer destino encontramos la Recogida Separada Bruta (residuos recogidos separadamente incluyendo los impropios que les acompañan). A esta se destina principalmente a las plantas de selección, reciclaje y tratamiento de residuos peligrosos. El otro primer destino de los residuos es la Recogida de Resto. Ésta se divide en la Fracción Resto que se destina directamente a depósito controlado, la que va a incineración y la que recibe tratamiento previo..

TABLA 13. Definición de los indicadores de primer destino

Definición de los indicadores de destino final utilizados	
Valorización material primaria (VMP)	Contabiliza la cantidad recuperada de materiales que entra en procesos de reciclaje de cada una de las fracciones, a partir de la recogida separada que le es propia (para los envases depende de la eficiencia de selección de las plantas). También contabiliza la cantidad efectivamente reciclada de materia orgánica y poda en el proceso de compostaje/digestión de la Fracción Orgánica recogida separadamente.
Valorización material secundaria (VMS)	Contabiliza los materiales recuperados que tienen como destino el reciclaje mediante las plantas de tratamiento de la Fracción Resto y la selección y recuperación en las plantas de impropios reciclables que acompañan a las fracciones. Contabiliza también la cantidad efectivamente reciclada de materia orgánica en el proceso de compostaje/digestión de los biorresiduos contenidos en el Resto.
Valorización material sin datos	Incluye todos aquellos materiales procedentes de la recogida separada que se destinan a plantas de tratamiento y/o reciclaje ya que parte de los cuales son recuperables (brics, residuos peligrosos, algunos voluminosos, textiles,...) pero no se dispone de datos de qué parte exactamente se recicla, reutiliza o va a un tratamiento finalista.
Perdidas de masa	Las pérdidas de masa en el proceso se refieren tanto a los procesos de incineración u otras valorizaciones energéticas y a la producción de CDR.
Residuos a depósito controlado	Incluye los residuos que como destino final se depositan en vertederos. Estos residuos provienen del vertido indirecto de los rechazos de las diferentes plantas de tratamiento de residuos recogidos separadamente o de las plantas de Resto, o bien, del vertido directo de residuos sin tratar.

TABLA 14. Definición de los indicadores de destino final utilizados

### 3.2. Anexo balance energético

Metodología de cálculo del balance energético	
Consumo energético de la recogida de residuos y transportes a planta	Se han utilizado los consumos reales de la recogida y el transporte para el 2010 proporcionados por la empresa de recogida. Por las características de las recogidas no se ha podido contabilizar los siguientes consumos: medicamentos, pilas, latas, textil, poda municipal y voluminosos (se gestionan con los servicios de limpieza viaria).
Consumo/generación energética de los tratamientos y disposición final	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planta transferencia de FORS: se ha considera un consumo de combustible y electricidad estándar.</li> <li>- Planta de envases: datos reales de consumo de combustible y electricidad de 2008, equivalentes a 2010.</li> <li>- Complejo tto-digestión: datos reales de consumo de combustible y electricidad, y aprovechamiento del biogás generado en el procesos de digestión para la producción de electricidad de 2008, equivalentes a 2010.</li> <li>- Planta compostaje: datos reales de consumo de combustible y electricidad de 2008, equivalentes a 2010.</li> <li>- Planta incineradora: datos reales de autoconsumo y generación de electricidad de 2008, equivalentes a 2010.</li> <li>- Vertedero:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Estimación de la generación de biogás durante el ciclo de vida de las toneladas estimadas de material biodegradable procedentes del rechazo de cada planta (y aportadas directamente) depositado en el vertedero durante el 2010.</li> <li>a. Los consumos de combustible y electricidad de las instalaciones proceden de datos de explotación de 2008, equivalentes a 2010. No se dispone de datos del vertedero de residuos peligrosos.</li> <li>b. Aprovechamiento energético del biogás:                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>-Vertedero 2: la instalación no está preparada para la captación y aprovechamiento del biogás por lo que todo se escapa a la atmosfera.</li> <li>-Vertedero de 1 y 3: la captación y aprovechamiento de biogás corresponde a datos de explotación. Este se aprovecha para la generación de electricidad y en sustitución de GN.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Planta selección peligrosos: datos reales de consumo de combustible y electricidad de la planta de 2008. Se consideran equivalentes al funcionamiento de 2010.</li> <li>- El consumo de las plantas de reciclaje, al contabilizar en el balance energético el ahorro por reciclaje no es necesario añadirlo puesto que estos valores se tienen en cuenta en el cálculo de la diferencia entre utilizar materias primas vírgenes o materiales reciclados (incluye los costes energéticos del proceso de reciclado de estos materiales, incluye selección papel y vidrio).</li> </ul>

Metodología de cálculo del balance energético	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se han obtenido los datos sobre las plantas clasificadas en la modelización como “desconocidas”, ni para las plantas de selección de textil y voluminosos.</li> </ul>
<b>Consumo energético de los transportes entre plantas</b>	<p>Se estima a partir de los km entre plantas (matriz de desplazamientos) y una capacidad y consumo estándar del vehículo. Incluye los transportes de los principales rechazos de planta a vertedero y la transferencia de la recogida de FORs:</p> <p>Planta transferencia incineradora → Complejo tto-digestión 25 km (50% FORs)                      Planta transferencia incineradora → Pt. compostaje 135 km (50% FORs)                      Complejo tto-digestión → Vertedero 1, 48 km                      Pt. compostaje → Vertedero 2, 38 km                      Pt. Vidrio → Vertedero 3, 36km                      Pt. Papel-cartón → Vertedero 3, 33km</p>
<b>Crédito energético o Ahorro derivado del reciclaje</b>	<p>Para completar el balance energético de la gestión de los residuos municipales, es necesario tener en cuenta que la recuperación de los materiales de los desechos también supone un ahorro, debido a la reducción de producción de materias primas, puesto que estos materiales recuperados son reinsertados en el proceso productivo.</p> <p>Los datos de MJ/Tm recuperada que se ahorra por el reciclaje de materiales proceden de White et al., 2001 (elaboradas a partir de BUWAL 250, 1998). Este ahorro energético corresponde a la diferencia de consumo entre la producción de una tonelada de papel, vidrio, textil, metal, plástico a partir de materias primas vírgenes o a partir de materiales reciclados. Hay que recordar que no se contabiliza el ahorro por reciclaje de obtener compost (no existen datos contrastados disponibles).</p>
<b>Eficiencias de producción de energía aplicadas</b>	<p>Con el fin de obtener un balance energético global que se pueda comparar, se aplican los porcentajes de eficiencia de producción y suministro de los combustibles (BUWAL 250, 1998) a los datos del balance energético inicial.</p> <p>En el caso de la electricidad se aplica un rendimiento promedio por kWh utilizado/generado en función del perfil eléctrico estatal, 2010 (REE) y de las eficiencias de extracción, producción y transporte de cada fuente de generación de electricidad (BUWAL 250, 1998).</p> <p>PCI de los combustibles (BUWAL 250, 1998).</p>

TABLA 15. Metodología y criterios de cálculo del balance energético

### 3.3. Anexo impactos ambientales

#### 3.3.1. Inventario de emisiones

Tm	Partículas	CO	CO <sub>2</sub> total	CO <sub>2</sub> no renovable	CH <sub>4</sub>	NOx	N <sub>2</sub> O	SOx	HCl	HF	H <sub>2</sub> S	HC	HC clorados	Dioxinas y Furanos (TEQ)	As	NH <sub>3</sub>	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Hg	Ni	Zn
Punto limpio fijo	2,80E-02	1,20E+00	9,33E+01	9,33E+01	1,18E-01	1,32E+00	1,56E-03	1,46E-01	2,94E-04	3,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	7,72E-10	0,00E+00	0,00E+00	3,60E-06	2,21E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-07	4,69E-05	1,71E-07	6,15E-05	2,80E-05
Contenedores Acera - Resto	1,67E-01	2,22E+00	4,05E+02	4,05E+02	4,93E-01	7,29E+00	9,79E-03	6,11E-01	8,28E-04	8,66E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,33E-09	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-05	3,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,32E-07	2,17E-05	4,05E-07	1,95E-04	1,30E-04
Contenedores Acera - FORS	4,61E-02	6,14E-01	1,12E+02	1,12E+02	1,36E-01	2,01E+00	2,70E-03	1,69E-01	2,29E-04	2,39E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,42E-10	0,00E+00	0,00E+00	3,04E-06	1,09E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,16E-08	5,98E-06	1,12E-07	5,39E-05	3,58E-05
Contenedores Acera - Papel y cartón	2,97E-02	3,95E-01	7,20E+01	7,20E+01	8,76E-02	1,29E+00	1,74E-03	1,08E-01	1,47E-04	1,54E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,13E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-06	7,00E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,89E-08	3,85E-06	7,20E-08	3,47E-05	2,31E-05
Contenedores Acera - Vidrio	1,52E-02	2,02E-01	3,69E+01	3,69E+01	4,49E-02	6,64E-01	8,91E-04	5,56E-02	7,54E-05	7,88E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-06	3,59E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,02E-08	1,97E-06	3,69E-08	1,78E-05	1,18E-05
Contenedores acera - Envases ligeros	2,97E-02	3,95E-01	7,20E+01	7,20E+01	8,76E-02	1,29E+00	1,74E-03	1,08E-01	1,47E-04	1,54E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,13E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-06	7,00E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,89E-08	3,85E-06	7,20E-08	3,47E-05	2,31E-05
Total recogida y primer destino	3,16E-01	5,03E+00	7,91E+02	7,91E+02	9,67E-01	1,39E+01	1,84E-02	1,20E+00	1,72E-03	1,80E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,78E-09	0,00E+00	0,00E+00	2,26E-05	9,00E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,82E-07	8,43E-05	8,69E-07	3,98E-04	2,52E-04
Transporte entre plantas	1,57E-02	2,09E-01	3,82E+01	3,82E+01	4,65E-02	6,87E-01	9,22E-04	5,75E-02	7,80E-05	8,16E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-06	3,71E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,13E-08	2,04E-06	3,82E-08	1,84E-05	1,22E-05
Planta transferencia	2,02E-03	6,84E-03	4,14E+00	4,14E+00	9,45E-03	2,60E-02	5,22E-05	8,42E-03	2,23E-04	2,37E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-09	0,00E+00	0,00E+00	5,24E-06	3,50E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-07	3,76E-07	6,87E-08	2,41E-06	7,59E-07
Planta de compostaje	1,19E-02	1,42E-01	7,66E+02	2,83E+01	3,81E-02	4,68E-01	6,43E-04	4,44E-02	2,38E-04	2,51E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-09	0,00E+00	0,00E+00	5,04E-06	2,70E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-07	1,64E-06	8,21E-08	1,40E-05	8,58E-06
Planta selección envases ligeros	1,02E-02	1,13E-02	2,01E+01	2,01E+01	5,27E-02	5,02E-02	1,78E-04	4,43E-02	1,41E-03	1,50E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,53E-09	0,00E+00	0,00E+00	3,33E-05	1,67E-07	0,00E+00	0,00E+00	9,05E-07	2,22E-06	4,33E-07	1,24E-05	2,80E-06
Planta peligrosos	1,80E-03	7,46E-03	3,74E+00	3,74E+00	8,19E-03	2,74E-02	5,11E-05	7,43E-03	1,84E-04	1,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-09	0,00E+00	0,00E+00	4,32E-06	3,20E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-07	3,28E-07	5,69E-08	2,15E-06	7,32E-07
Incineradora	-2,49E+00	5,85E+00	3,67E+04	1,63E+04	-1,73E+01	2,39E+01	-5,55E-02	-9,43E+00	3,36E-01	4,90E-02	0,00E+00	0,00E+00	-2,85E-06	9,39E-10	2,00E-03	-1,11E-02	2,07E-03	2,47E-05	8,65E-04	4,14E-04	4,72E-04	1,93E-03	-3,55E-03	-8,80E-04
Vertedero 3	1,47E-03	3,89E-02	4,23E+01	3,74E+00	4,75E+00	8,99E-02	1,11E-04	5,04E-03	8,70E-04	1,48E-04	2,42E-03	2,50E-02	5,65E-04	1,13E-11	0,00E+00	-2,13E-06	1,07E-07	8,00E-09	0,00E+00	-5,74E-08	1,94E-07	-2,39E-08	1,62E-06	2,35E-06
Vertedero 1	-1,92E-03	4,98E-02	1,24E+02	-4,04E+00	6,24E+00	1,07E-02	-2,13E-05	-8,14E-03	1,38E-03	1,71E-04	3,20E-03	3,53E-02	1,14E-03	4,63E-11	0,00E+00	-8,32E-06	5,87E-08	1,06E-08	0,00E+00	-2,26E-07	-3,83E-07	-1,07E-07	-2,62E-06	8,13E-07
Complejo tto-digestión	-2,88E-03	-1,63E-03	8,57E+02	-5,60E+00	-1,49E-02	-1,19E-02	-4,78E-05	-1,25E-02	-4,04E-04	-4,31E-05	0,00E+00	0,00E+00	-2,45E-09	0,00E+00	0,00E+00	-9,56E-06	-4,48E-08	0,00E+00	0,00E+00	-2,60E-07	-5,84E-07	-1,24E-07	-3,47E-06	-7,55E-07
SUBTOTAL	-2,14E+00	1,14E+01	3,96E+04	1,71E+04	-5,24E+00	3,91E+01	-3,52E-02	-8,09E+00	3,42E-01	4,97E-02	5,62E-03	6,03E-02	1,70E-03	9,96E-10	2,00E-03	-1,11E-02	2,08E-03	2,47E-05	8,65E-04	4,15E-04	5,63E-04	1,93E-03	-3,10E-03	-6,01E-04
Crédito de emisiones por reciclaje (valores ahorro si son positivos)	2,04E+00	3,01E+01	4,59E+03	4,59E+03	1,63E+01	8,32E+00	1,54E-02	1,98E+01	4,11E-03	-4,08E-02	9,84E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,31E-12	1,24E-01	-1,83E-01	2,52E-04	-9,64E-05	-5,21E-04	0,00E+00	-8,50E-02	-1,45E-05	2,95E-03	2,69E-04
TOTAL	-4,18E+00	-1,87E+01	3,50E+04	1,26E+04	-2,19E+01	3,08E+01	-5,06E-02	-2,79E+01	3,37E-01	9,04E-02	-4,21E-03	6,03E-02	1,70E-03	9,87E-10	-1,22E-01	1,72E-01	1,83E-03	-1,21E-04	1,39E-03	4,15E-04	8,56E-02	1,95E-03	-6,06E-03	-8,69E-04

TABLA 16. Inventario emisiones al aire-Subámbito domiciliario

# Diagnóstico de la gestión de residuos de competencia municipal. Caso 1: modelo 5 contenedores.

## Aplicación del programa SIMUR

Tm	DBO	DQO	Sólidos en suspensión	COT	AOX	HC Clorados	Dioxinas y Furanos (TEQ)	Fenoles	Al	Amonio	As	Ba	Cd	Cloruro	Cr	Cu	Cianuro	Fe	Pb	Hg	Ni	Nitrato	Fosfato	Sulfato	Sulfuro	Fluoruro	Zn
Punto limpio fijo	1,25E-04	4,09E-03	8,06E-02	1,32E-02	5,47E-06	1,24E-06	0,00E+00	1,86E-04	5,37E-04	3,05E-03	2,17E-06	3,57E-03	1,56E-06	7,52E-01	1,72E-05	5,16E-06	5,50E-06	1,06E-03	4,77E-06	1,47E-08	6,58E-06	9,20E-04	4,61E-05	2,95E-02	4,38E-05	0,00E+00	1,80E-05
Contenedores Acera - Resto	5,55E-04	1,82E-02	3,52E-01	5,88E-02	2,43E-05	5,41E-06	0,00E+00	8,17E-04	1,63E-03	1,35E-02	8,08E-06	1,56E-02	6,85E-06	3,30E+00	6,82E-05	1,91E-05	2,44E-05	3,47E-03	1,67E-05	6,09E-08	2,53E-05	4,06E-03	1,60E-04	1,16E-01	1,94E-04	0,00E+00	7,21E-05
Contenedores Acera - FORS	1,53E-04	5,02E-03	9,72E-02	1,57E-02	6,70E-06	1,49E-06	0,00E+00	2,28E-04	4,49E-04	3,74E-03	2,23E-06	4,30E-03	1,89E-06	9,10E-01	1,88E-05	5,27E-06	6,73E-06	9,57E-04	4,61E-06	1,68E-08	6,98E-06	1,12E-03	4,43E-05	3,21E-02	5,36E-05	0,00E+00	1,99E-05
Contenedores Acera - Papel y cartón	9,86E-05	3,23E-03	6,25E-02	1,01E-02	4,31E-06	9,60E-07	0,00E+00	1,45E-04	2,89E-04	2,41E-03	1,44E-06	2,77E-03	1,22E-06	5,85E-01	1,21E-05	3,39E-06	4,33E-06	6,15E-04	2,97E-06	1,08E-08	4,49E-06	7,22E-04	2,85E-05	2,06E-02	3,45E-05	0,00E+00	1,28E-05
Contenedores Acera - Vidrio	5,06E-05	1,65E-03	3,21E-02	5,17E-03	2,21E-06	4,92E-07	0,00E+00	7,44E-05	1,48E-04	1,23E-03	7,36E-07	1,42E-03	6,24E-07	3,00E-01	6,21E-06	1,74E-06	2,22E-06	3,15E-04	1,52E-06	5,55E-09	2,30E-06	3,70E-04	1,46E-05	1,06E-02	1,77E-05	0,00E+00	6,57E-06
Contenedores acera - Envases ligeros	9,86E-05	3,23E-03	6,25E-02	1,01E-02	4,31E-06	9,60E-07	0,00E+00	1,45E-04	2,89E-04	2,41E-03	1,44E-06	2,77E-03	1,22E-06	5,85E-01	1,21E-05	3,39E-06	4,33E-06	6,15E-04	2,97E-06	1,08E-08	4,49E-06	7,22E-04	2,85E-05	2,06E-02	3,45E-05	0,00E+00	1,28E-05
Total recogida y primer destino	1,08E-03	3,54E-02	6,87E-01	1,11E-01	4,73E-05	1,05E-05	0,00E+00	1,59E-03	3,34E-03	2,64E-02	1,61E-05	3,04E-02	1,34E-05	6,43E+00	1,35E-04	3,80E-05	4,75E-05	7,03E-03	3,35E-05	1,20E-07	5,01E-05	7,92E-03	3,22E-04	2,30E-01	3,78E-04	0,00E+00	1,42E-04
Transporte entre plantas	5,23E-05	1,71E-03	3,32E-02	5,35E-03	2,29E-06	5,09E-07	0,00E+00	7,70E-05	1,53E-04	1,28E-03	7,61E-07	1,47E-03	6,45E-07	3,10E-01	6,42E-06	1,80E-06	2,30E-06	3,26E-04	1,57E-06	5,74E-09	2,38E-06	3,83E-04	1,51E-05	1,10E-02	1,83E-05	0,00E+00	6,79E-06
Planta transferencia	1,88E-06	5,63E-05	1,96E-03	8,33E-04	8,27E-08	2,80E-08	0,00E+00	3,02E-06	9,59E-04	5,11E-05	1,93E-06	1,29E-04	7,60E-08	1,78E-02	9,72E-06	4,75E-06	2,70E-07	3,14E-04	5,63E-06	3,31E-09	4,84E-06	3,19E-05	5,67E-05	8,34E-03	8,50E-07	0,00E+00	9,76E-06
Planta de compostaje	3,56E-05	1,16E-03	2,32E-02	4,17E-03	1,56E-06	3,54E-07	0,00E+00	5,26E-05	8,98E-04	8,72E-04	2,10E-06	1,06E-03	4,83E-07	2,17E-01	1,23E-05	5,13E-06	1,72E-06	4,74E-04	5,72E-06	6,49E-09	5,58E-06	2,75E-04	5,71E-05	1,41E-02	1,26E-05	0,00E+00	1,25E-05
Planta selección envases ligeros	3,31E-06	7,41E-05	7,00E-03	4,44E-03	1,47E-07	9,41E-08	0,00E+00	6,43E-06	6,10E-03	1,14E-04	1,22E-05	5,83E-04	3,78E-07	6,17E-02	6,11E-05	3,01E-05	1,34E-06	1,95E-03	3,57E-05	2,02E-08	3,05E-05	1,40E-04	3,60E-04	5,15E-02	2,38E-06	0,00E+00	6,13E-05
Planta peligrosos	2,01E-06	6,14E-05	1,90E-03	7,33E-04	8,81E-08	2,75E-08	0,00E+00	3,16E-06	7,90E-04	5,33E-05	1,59E-06	1,19E-04	6,82E-08	1,73E-02	8,05E-06	3,93E-06	2,43E-07	2,61E-04	4,65E-06	2,78E-09	4,00E-06	2,96E-05	4,68E-05	6,96E-03	8,60E-07	0,00E+00	8,09E-06
Incineradora	1,63E-04	3,15E-03	4,23E-01	2,86E-01	7,24E-06	5,64E-06	0,00E+00	3,40E-04	3,89E-01	6,06E-03	7,76E-04	3,58E-02	2,35E-05	3,64E+00	3,89E-03	1,92E-03	8,35E-05	1,24E-01	2,28E-03	1,31E-06	1,94E-03	8,58E-03	2,29E-02	3,27E+00	1,35E-04	0,00E+00	3,90E-03
Vertedero 3	7,23E-06	1,10E-01	5,11E-03	2,26E-02	2,31E-04	7,71E-08	0,00E+00	1,08E-05	6,82E-04	2,82E-03	6,28E-06	2,65E-04	7,06E-06	2,81E-01	1,56E-05	1,88E-05	1,88E-05	2,91E-04	6,37E-06	2,95E-09	9,87E-06	3,88E-02	4,10E-05	2,82E-02	9,59E-06	0,00E+00	2,58E-05
Vertedero 1	-1,58E-06	5,09E-02	-6,23E-03	5,38E-03	1,07E-04	-8,14E-08	0,00E+00	-3,97E-06	-6,52E-03	1,15E-03	-1,08E-05	-5,64E-04	2,83E-06	5,41E-02	-6,13E-05	-2,51E-05	7,16E-06	-2,06E-03	-3,71E-05	-2,14E-08	-2,97E-05	1,78E-02	-3,85E-04	-4,49E-02	1,36E-06	0,00E+00	-5,68E-05
Complejo tto-digestión	2,82E-05	5,46E-04	7,22E-02	4,83E-02	1,26E-06	9,60E-07	0,00E+00	5,88E-05	6,76E-02	1,05E-03	1,35E-04	6,22E-03	4,09E-06	6,34E-01	6,76E-04	3,33E-04	1,45E-05	2,16E-02	3,96E-04	2,23E-07	3,38E-04	1,49E-03	3,99E-03	5,69E-01	2,34E-05	0,00E+00	6,78E-04
SUBTOTAL	1,37E-03	2,03E-01	1,25E+00	4,89E-01	3,98E-04	1,82E-05	0,00E+00	2,14E-03	4,63E-01	3,98E-02	9,41E-04	7,55E-02	5,25E-05	1,17E+01	4,75E-03	2,33E-03	1,77E-04	1,55E-01	2,73E-03	1,67E-06	2,36E-03	7,54E-02	2,75E-02	4,15E+00	5,82E-04	0,00E+00	4,79E-03
Crédito de emisiones por reciclaje (valores ahorro si son positivos)	-2,24E+00	1,16E+02	6,88E+00	-7,31E+00	1,19E+00	-9,46E-04	0,00E+00	1,72E-03	3,07E+00	3,76E-02	6,26E-03	2,66E-01	2,82E-04	1,51E+02	-1,20E+00	-1,40E-03	3,77E+00	-7,20E-02	1,56E-02	3,19E-02	1,87E+01	-2,08E+00	-5,64E-02	-1,99E+01	1,15E+01	1,56E-02	-4,30E-04
<b>TOTAL</b>	<b>2,24E+00</b>	<b>-1,16E+02</b>	<b>-6,88E+00</b>	<b>7,31E+00</b>	<b>-1,19E+00</b>	<b>9,46E-04</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>4,22E-04</b>	<b>-2,61E+00</b>	<b>2,20E-03</b>	<b>-5,32E-03</b>	<b>-1,90E-01</b>	<b>-2,29E-04</b>	<b>-1,39E+02</b>	<b>1,20E+00</b>	<b>3,73E-03</b>	<b>-3,77E+00</b>	<b>2,27E-01</b>	<b>-1,28E-02</b>	<b>-3,19E-02</b>	<b>-1,87E+01</b>	<b>2,15E+00</b>	<b>8,39E-02</b>	<b>2,41E+01</b>	<b>-1,15E+01</b>	<b>-1,56E-02</b>	<b>5,22E-03</b>

**TABLA 17. Inventario emisiones al agua-Subámbito domiciliario**

Tm	Partículas	CO	CO <sub>2</sub> total	CO <sub>2</sub> no renovable	CH <sub>4</sub>	NOx	N <sub>2</sub> O	SOx	HCl	HF	H <sub>2</sub> S	HC	HC clorados	Dioxinas y Furanos (TEQ)	As	NH <sub>3</sub>	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Hg	Ni	Zn
Puerta a puerta – FORS	3,49E-02	4,65E-01	8,47E+01	8,47E+01	1,03E-01	1,52E+00	2,04E-03	1,28E-01	1,73E-04	1,81E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,86E-10	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-06	8,23E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,93E-08	4,53E-06	8,47E-08	4,08E-05	2,71E-05
Puerta a puerta - papel y cartón	3,49E-02	4,65E-01	8,47E+01	8,47E+01	1,03E-01	1,52E+00	2,04E-03	1,28E-01	1,73E-04	1,81E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,86E-10	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-06	8,23E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,93E-08	4,53E-06	8,47E-08	4,08E-05	2,71E-05
Total recogida y primer destino	6,98E-02	9,29E-01	1,69E+02	1,69E+02	2,06E-01	3,05E+00	4,09E-03	2,55E-01	3,46E-04	3,62E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,72E-10	0,00E+00	0,00E+00	4,60E-06	1,65E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-07	9,06E-06	1,69E-07	8,16E-05	5,42E-05
Transporte entre plantas	5,29E-03	7,04E-02	1,28E+01	1,28E+01	1,56E-02	2,31E-01	3,10E-04	1,93E-02	2,62E-05	2,74E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,37E-11	0,00E+00	0,00E+00	3,49E-07	1,25E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-08	6,87E-07	1,28E-08	6,19E-06	4,11E-06
Planta transferencia	6,86E-04	2,32E-03	1,41E+00	1,41E+00	3,21E-03	8,83E-03	1,78E-05	2,86E-03	7,57E-05	8,07E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,56E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,78E-06	1,19E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,84E-08	1,28E-07	2,34E-08	8,20E-07	2,58E-07
Planta de compostaje	4,05E-03	4,82E-02	2,60E+02	9,61E+00	1,29E-02	1,59E-01	2,19E-04	1,51E-02	8,03E-05	8,53E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,28E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,71E-06	9,19E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,72E-08	5,58E-07	2,79E-08	4,75E-06	2,92E-06
Vertedero 1	-6,64E-04	1,74E-02	4,32E+01	-1,40E+00	2,18E+00	3,91E-03	-7,16E-06	-2,82E-03	4,81E-04	5,95E-05	1,12E-03	1,23E-02	3,96E-04	1,62E-11	0,00E+00	-2,90E-06	2,06E-08	3,68E-09	0,00E+00	-7,87E-08	-1,33E-07	-3,72E-08	-9,08E-07	2,87E-07
Complejo tto-digestión	-9,20E-04	-5,19E-04	2,91E+02	-1,79E+00	-4,76E-03	-3,79E-03	-1,53E-05	-3,97E-03	-1,29E-04	-1,38E-05	0,00E+00	0,00E+00	-7,81E-10	0,00E+00	0,00E+00	-3,05E-06	-1,43E-08	0,00E+00	0,00E+00	-8,28E-08	-1,86E-07	-3,96E-08	-1,11E-06	-2,41E-07
SUBTOTAL	7,83E-02	1,07E+00	7,78E+02	1,90E+02	2,41E+00	3,45E+00	4,61E-03	2,86E-01	8,80E-04	1,01E-04	1,12E-03	1,23E-02	3,96E-04	1,62E-11	0,00E+00	2,50E-06	1,88E-06	3,68E-09	0,00E+00	8,33E-08	1,01E-05	1,57E-07	9,13E-05	6,16E-05
Crédito de emisiones por reciclaje (valores ahorro si son positivos)	-4,98E-01	-3,75E-02	-1,56E+02	-1,56E+02	-3,72E-03	-2,48E-01	5,60E-03	1,94E+00	-1,27E-02	-1,48E-03	-3,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,15E-12	0,00E+00	-7,02E-02	-4,49E-07	-1,14E-07	-6,14E-07	0,00E+00	-1,40E-06	-2,88E-06	-1,07E-04	-5,23E-05
TOTAL	5,76E-01	1,10E+00	9,34E+02	3,46E+02	2,78E+00	3,89E+00	-9,91E-04	-1,66E+00	1,36E-02	1,58E-03	4,18E-03	-1,23E-02	3,96E-04	1,40E-11	0,00E+00	7,02E-02	2,33E-06	1,17E-07	6,14E-07	8,33E-08	1,15E-05	3,04E-06	1,99E-04	1,14E-04

TABLA 18. Inventario emisiones al aire-Subámbito comercial

Tm	DBO	DQO	Sólidos en suspensión	COT	AOX	HC Clorados	Dioxinas y Furanos (TEQ)	Fenoles	Al	Amonio	As	Ba	Cd	Cloruro	Cr	Cu	Cianuro	Fe	Pb	Hg	Ni	Nitrato	Fosfato	Sulfato	Sulfuro	Fluoruro	Zn
Puerta a puerta – FORS	1,16E-04	3,80E-03	7,36E-02	1,19E-02	5,07E-06	1,13E-06	0,00E+00	1,71E-04	3,40E-04	2,83E-03	1,69E-06	3,25E-03	1,43E-06	6,89E-01	1,42E-05	3,99E-06	5,09E-06	7,24E-04	3,49E-06	1,27E-08	5,28E-06	8,49E-04	3,35E-05	2,43E-02	4,06E-05	0,00E+00	1,51E-05
Puerta a puerta - Papel y cartón	1,16E-04	3,80E-03	7,36E-02	1,19E-02	5,07E-06	1,13E-06	0,00E+00	1,71E-04	3,40E-04	2,83E-03	1,69E-06	3,25E-03	1,43E-06	6,89E-01	1,42E-05	3,99E-06	5,09E-06	7,24E-04	3,49E-06	1,27E-08	5,28E-06	8,49E-04	3,35E-05	2,43E-02	4,06E-05	0,00E+00	1,51E-05
Total recogida y primer destino	2,32E-04	7,59E-03	1,47E-01	2,37E-02	1,01E-05	2,26E-06	0,00E+00	3,42E-04	6,79E-04	5,66E-03	3,38E-06	6,51E-03	2,86E-06	1,38E+00	2,85E-05	7,97E-06	1,02E-05	1,45E-03	6,98E-06	2,55E-08	1,06E-05	1,70E-03	6,70E-05	4,86E-02	8,11E-05	0,00E+00	3,01E-05
Transporte entre plantas	1,76E-05	5,76E-04	1,12E-02	1,80E-03	7,69E-07	1,71E-07	0,00E+00	2,59E-05	5,19E-05	4,29E-04	2,56E-07	4,93E-04	2,17E-07	1,04E-01	2,16E-06	6,04E-07	7,72E-07	1,10E-04	5,29E-07	1,93E-09	8,01E-07	1,29E-04	5,08E-06	3,68E-03	6,15E-06	0,00E+00	2,28E-06
Planta transferencia	6,41E-07	1,92E-05	6,67E-04	2,83E-04	2,81E-08	9,52E-09	0,00E+00	1,03E-06	3,26E-04	1,74E-05	6,55E-07	4,40E-05	2,58E-08	6,04E-03	3,30E-06	1,62E-06	9,19E-08	1,07E-04	1,91E-06	1,13E-09	1,65E-06	1,09E-05	1,93E-05	2,84E-03	2,89E-07	0,00E+00	3,32E-06
Planta de compostaje	1,21E-05	3,94E-04	7,89E-03	1,42E-03	5,29E-07	1,21E-07	0,00E+00	1,79E-05	3,05E-04	2,97E-04	7,14E-07	3,61E-04	1,64E-07	7,37E-02	4,17E-06	1,74E-06	5,84E-07	1,61E-04	1,94E-06	2,21E-09	1,90E-06	9,36E-05	1,94E-05	4,78E-03	4,28E-06	0,00E+00	4,27E-06
Vertedero 1	-5,31E-07	1,84E-02	-2,16E-03	2,00E-03	3,86E-05	-2,82E-08	0,00E+00	-1,36E-06	-2,27E-03	4,15E-04	-3,73E-06	-1,96E-04	1,03E-06	2,03E-02	-2,13E-05	-8,65E-06	2,60E-06	-7,18E-04	-1,29E-05	-7,47E-09	-1,03E-05	6,42E-03	-1,34E-04	-1,55E-02	5,17E-07	0,00E+00	-1,97E-05
Complejo tto-digestión	9,49E-06	1,84E-04	2,43E-02	1,62E-02	4,23E-07	3,23E-07	0,00E+00	1,98E-05	2,27E-02	3,54E-04	4,54E-05	2,09E-03	1,37E-06	2,13E-01	2,27E-04	1,12E-04	4,88E-06	7,26E-03	1,33E-04	7,51E-08	1,14E-04	5,01E-04	1,34E-03	1,91E-01	7,87E-06	0,00E+00	2,28E-04
SUBTOTAL	2,71E-04	2,71E-02	1,89E-01	4,55E-02	5,05E-05	2,86E-06	0,00E+00	4,05E-04	2,18E-02	7,17E-03	4,67E-05	9,30E-03	5,67E-06	1,79E+00	2,44E-04	1,15E-04	1,91E-05	8,36E-03	1,32E-04	9,83E-08	1,18E-04	8,85E-03	1,32E-03	2,36E-01	1,00E-04	0,00E+00	2,48E-04
Crédito de emisiones por reciclaje (valores ahorro si son positivos)	-2,73E-01	3,95E+01	-2,51E+00	-2,43E+00	4,00E-01	-3,17E-06	0,00E+00	-2,98E-04	-3,81E-02	-1,24E-02	-7,19E-05	-7,77E-03	-4,58E-06	-1,31E+01	-4,02E-01	-1,93E-04	1,11E+00	-3,39E-02	-3,07E-04	3,75E-05	2,19E-02	-6,92E-01	-1,91E-02	-6,76E+00	1,35E-02	1,84E-05	-4,09E-04
TOTAL	2,73E-01	-3,94E+01	2,70E+00	2,48E+00	-4,00E-01	6,03E-06	0,00E+00	7,02E-04	5,99E-02	1,96E-02	1,19E-04	1,71E-02	1,02E-05	1,49E+01	4,03E-01	3,09E-04	-1,11E+00	4,22E-02	4,39E-04	-3,74E-05	-2,17E-02	7,01E-01	2,05E-02	6,99E+00	-1,34E-02	-1,84E-05	6,57E-04

TABLA 19. Inventario emisiones al agua-Subámbito comercial

Metodología de cálculo del balance de emisiones-Impactos ambientales	
<b>Emisiones derivadas del consumo de combustible de las recogidas y desplazamientos intermedios</b>	Se han contabilizado las emisiones al aire y al agua derivadas del consumo de combustible de las recogidas de residuos y de los transportes intermedios a partir de factores de emisión por cantidad de combustible consumido (BUWAL 250, 1998).
<b>Emisiones de proceso de las plantas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emisiones planta incineradora: datos de explotación de 2008, equivalentes a 2010. El CO<sub>2</sub> biogénico y el total se han estimado a partir de la composición de residuos entrados y de factores de emisión por tipo de fracción (White et al., 2001).</li> <li>Emisiones directas del vertedero: Se han considerado emisiones al aire estándares en función de la producción de biogás: biogás emitido a la atmósfera y biogás quemado (White et al., 2001). Se han considerado emisores a agua (caudal tratado y composición) a partir de los datos de explotación de los vertederos. En el caso del Vertedero 3, por falta de datos se han equiparado a las del Vertedero 1.</li> <li>Emisiones de las plantas con proceso biológicos: Únicamente se han considerado las emisiones directas de CO<sub>2</sub> de los tratamientos biológicos (metanización o compostaje, White et al., 2001.), por falta de disponibilidad de más datos específicos. Estas emisiones se consideran CO<sub>2</sub> renovable que no contabilizaría en las afectaciones al Calentamiento Global por ser de origen biogénico y computarse con un balance de carbono neutro. El uso del compost puede tener cierta incidencia sobre los suelos, pero no se ha incluido las emisiones potenciales en la simulación (según su composición) ya que a la vez las enmiendas orgánicas aportan otros muchos importantes beneficios para el suelo (aportación de materia orgánica, biofertilidad, mejora de la estructura, retención de carbono, disminución de la erosión, etc.). Además, la sustitución de fertilizantes químicos y/u otras enmiendas orgánicas comporta beneficios ambientales derivados de uno el ahorro energético y de emisiones. Aún así, la aplicación de compost en el suelo agrícola y la utilización de bioestabilizado puede comportar cierta contaminación difusa por su contenido en metales, así, para minimizar este impacto es necesario obtener compost de buena calidad a partir de recogidas separadas con niveles aceptables de impropios, para su uso como enmienda orgánica, especialmente para usos agrícolas.</li> </ul>

Metodología de cálculo del balance de emisiones-Impactos ambientales	
<b>Emisiones derivadas del consumo de combustible y electricidad de las plantas</b>	Se han contabilizado las emisiones al aire y al agua (BUWAL 250, 1998) derivadas del consumo de combustible y electricidad de las plantas a partir de factores de emisión por cantidad de combustible y kWh consumidos (mediana ponderada de emisiones de cada fuente de producción (BUWAL 250, 1998) en función de su peso en el mix eléctrico estatal).
<b>Ahorro de emisiones por generación de energía eléctrica</b>	En las plantas con producción de electricidad a partir de procesos de digestión, incineración y en vertederos con recuperación energética del biogás, se han introducido las emisiones ahorradas al generar electricidad propia en el balance de emisiones según los factores de emisión por kWh (mediana ponderada de emisiones de cada fuente de producción (BUWAL 250, 1998) en función de su peso en el mix eléctrico estatal).
<b>Crédito de emisiones por reciclaje</b>	Se incluye el ahorro de emisiones al aire y al agua por la recuperación de materiales (White et al, 2001, elaboradas a partir de BUWAL 250, 1998). Estos factores corresponden a la diferencia de emisiones generadas entre la producción de una tonelada de papel, vidrio, plástico, etc. a partir de materias primas vírgenes o a partir de materiales reciclados. En cuanto a la obtención de compost, únicamente se dispone de datos del ahorro de emisiones al aire asociado al uso de compost en relación a los fertilizantes químicos y/u otras enmiendas orgánicas (Patyk, 1996). Es necesario comentar que el ahorro por el reciclaje de algunos materiales no reduce de forma tan marcada los potenciales a los cuales afecta puesto que los ACV consideran por ejemplo en el caso del papel que si se recicla papel no es necesaria la plantación de un bosque que durante su crecimiento capta CO <sub>2</sub> , aún así, este idea es cuestionable puesto que puede haber otra plantación que sustituya al bosque que también contribuya a la fijación del dióxido de carbono evitando, así, el calentamiento global.

TABLA 20. Metodología y criterios de cálculo del balance de emisiones

### 3.3.2. Metodología de cálculo de los potenciales de impacto

Mediante el modelo de simulación de gestión de residuos se obtiene una tabla con más de 150 especies emitidas al aire y al agua. Con el fin de facilitar su comprensión y la comparativa, se ha optado por emplear la metodología de Análisis de Ciclo de vida (ACV) para la caracterización de estas emisiones. En concreto se ha utilizado la metodología desarrollada por el CML, Institute of Environmental Sciences. Leiden University, Versión 3, agosto de 2007:

#### a) Clasificación

En esta etapa se agrupan los contaminantes detectados, el gasto energético, etc. y se clasifican agrupándolos en diferentes categorías de impacto. Se debe tener en cuenta que una misma carga ambiental puede asignarse a más de una categoría.

Podemos resumir estas categorías de impacto en tres (impactos sobre los recursos, impactos ecológicos e impactos sobre la salud humana), que a la vez se subdividen en otras más específicas. Las consideradas en este estudio son:

#### I. Impactos ecológicos.

- Potencial de Calentamiento Global (PCG).
- Potencial de Acidificación (PA).
- Potencial de Eutrofización (PE).
- Potencial de Formación de Ozono Fotoquímico (POFQ).
- Potencial de Ecotoxicidad al agua dulce (PECad).
- Potencial de Ecotoxicidad al agua marina (PEC am).
- Potencial de Ecotoxicidad terrestre (PEC t).

#### II. Impactos sobre la salud humana.

- Potencial de Toxicidad Humana (PTH).

Las especies incluidas en cada una de las categorías de impacto son las que producen directamente una carga ambiental en esta categoría, es decir, no se contabilizan impactos secundarios que estas especies puedan tener en el medio o en la salud humana (por ejemplo, consideramos calentamiento global pero no los efectos de este sobre el nivel del mar, etc.).

El hecho que algunas especies se encuentren en más de una categoría de impactos, puede llevar a pensar que algunos impactos se están teniendo en cuenta más de una vez, lo cual es necesario matizar. Cuando una sustancia interviene en diferentes procesos, puede hacerlo o bien “en serie” (primero actúa en un proceso y después puede actuar en otro) o bien “en paralelo” (una molécula sólo puede actuar en una categoría de impacto). En el primer caso, es necesario que la especie en cuestión esté en las dos categorías de impacto a las que contribuye, en el segundo caso, se tendría que ponderar cómo afecta a cada una de las categorías. De todas formas, esto es muy difícil de calcular de forma fiable, por lo cual se tiende hacia esta doble contabilidad sin que esto parezca afectar gravemente los resultados finales. Además, al ACV le interesan los **impactos potenciales**.

Por lo tanto, al valorar los resultados de la caracterización, hace falta tener en cuenta que los impactos calculados no son otros que los impactos potenciales, puesto que estos no representan forzosamente la realidad local. Son potenciales por dos razones:

- Se han deducido a partir de las emisiones del sistema a través del cuál se piensa que tienen estos efectos, pero todos los efectos no son conocidos, ni sus posibles combinaciones.
- Están calculados en periodos elegidos de 100, 500 incluso 1000 años. ¿Qué representa a corto plazo para la población local o incluso a largo plazo para la población global?

No están medidos todos los impactos, entre otros quedan fuera del análisis, los ruidos ambientales, impactos sobre el paisaje, la utilización de los suelos, los riesgos ambientales,

#### b) Caracterización

En esta etapa se hace una cuantificación de estos impactos en función de los efectos reconocidos y cuantificables. Es decir, una vez tenemos cada especie del inventario clasificada e incorporada según su impacto en las diferentes categorías escogidas, se agregan cuantificándolas según el peso específico de cada especie dentro de cada categoría de impacto, y sumando después las diferentes contribuciones.

Se considera que la respuesta de cada contaminante al impacto considerado es lineal, así, se calcula la contribución potencial de la sustancia considerada “j” al impacto “y:”

$$C_{ij} = E_j W_{ij}$$

Siendo:

$C_{ij}$  el impacto asociado a cada contaminante.

$E_j$  emisión cuantificada de la especie  $j$ .

$W_{ij}$  factor de caracterización de cada contaminante  $j$  al impacto  $y$ .



Los factores de caracterización (Wij) que se han considerado han sido los definidos por el CML (Version 3, august 2007).

En la TABLA 21 se describen de forma detallada los potenciales de impacto considerados, sus unidades y la fuente a partir de la cual están elaborados los factores de caracterización de las diferentes sustancias contaminantes.

### c) Normalización

A partir de los potenciales en valores absolutos que no son comparables entre sí, se realiza una normalización que permite evaluar la significación del perfil ambiental obtenido con la caracterización. La normalización consiste en medir el peso relativo de cada potencial en función de las emisiones totales que se dan en el ámbito de referencia considerado. En otras palabras, el proceso de normalización consiste en dividir la contribución del sistema a cada categoría de impacto respecto a la contribución total de un área geográfica determinada en un tiempo determinado. El método del CML utilizado propone varios niveles de normalización: Holanda, Europa, Mundo, tomando como valores de referencia las emisiones totales de cada impacto producidas en estos ámbitos.

En este sentido, se ha optado por la normalización de impactos a nivel de Europa (EU25+3, 2000 (Sleeswijk et al., 2007)).

	Unidad	Descripción	Especies que contribuyen
Potencial de Calentamiento Global (PCG)	kg/TM CO <sub>2</sub> equivalente	Indica el impacto potencial de cada modelo sobre el calentamiento del planeta. Los factores de ponderación están expresados como Potencial de Calentamiento Global (PCG) para un horizonte de 100 años (GWP100). El modelo de caracterización ha estado desarrollado por el "Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)".	Atm. : CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ; N <sub>2</sub> O
Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos (PFOQ)	gr/TM C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> equivalente	Indica el impacto potencial de cada modelo sobre la generación de ozono troposférico. La formación de oxidantes fotoquímicos suele contemplar sólo la formación de ozono, aun cuando hay otros compuestos oxidantes que se forman en atmósferas contaminadas (NO <sub>x</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y oxidantes orgánicos como aldehídos, peróxidos, nitratos, etc.).	Atm.: CO, NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> , SO <sub>x</sub>

	Unidad	Descripción	Especies que contribuyen
Potencial de Eutrofización (PE)	gr/TM PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> equivalente	Indica el impacto potencial de cada modelo sobre la eutrofización del medio acuático. El proceso de eutrofización es bastante complejo, puesto que los nutrientes depositados al suelo llegarán en mayor o menor medida a ecosistemas fluviales, el crecimiento de la biomasa en los sistemas estará limitada por uno u otro nutriente, etc. El nitrógeno y el fósforo principalmente, son los nutrientes limitantes en muchos ecosistemas acuáticos, por ello se considera que las emisiones de estos compuestos (incluidas las emisiones atmosféricas que a la larga van a parar al agua) afectan a esta categoría. También las emisiones con carga orgánica (expresada en este caso como DQO) se tienen en cuenta, puesto que empobrece el sistema de O <sub>2</sub> disuelto. Se calcula a partir del procedimiento estequiométrico de Heijungs (1992).	Atm.: NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> Aigua: NH <sub>3</sub> , DQO, nitrats
Potencial de Acidificación (PA)	gr/TM SO <sub>2</sub> equivalente	Indica el impacto potencial de cada modelo en la generación de lluvia ácida. El Potencial de Acidificación (PA) se calcula mediante el método desarrollado por Huijbregts, 1999. El PA se define como la capacidad de liberar protones al medio, con la consecuente bajada del pH (Heijungs et. al., 1992). Esta liberación de protones será mayor o menor, para los compuestos de nitrógeno, en función del medio receptor (Finveden et. al., 1992), por lo que se dan unos potenciales máximos y mínimos para construir dos escenarios (el mejor o el peor posible). En este estudio hemos escogido valores intermedios.	Atm: NO <sub>x</sub> , N <sub>2</sub> O, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub>
Potencial de Toxicidad Humana (PTH)	kg/TM /TM 1,4-diclorobenceno equivalente	Indica el impacto potencial de cada modelo sobre la toxicidad humana. Los factores de caracterización para el Potencial de Toxicidad Humana (PTH) incluyen los destinos, medios de exposición y efectos de las sustancias tóxicas sobre la salud humana para un escenario infinito en el tiempo. En esta aproximación la contribución a la toxicidad humana se calcula separadamente por emisiones al aire y agua, de manera que se puedan agregar después. Se asume que una emisión se dispersa completamente en un mundo modelo y que no existen mecanismos de degradación de estas sustancias. Además, excepto en el caso del suelo, no se consideran divisiones entre diferentes compartimentos de cada medio. Los factores se calculan sólo como el producto de una serie de constantes y un parámetro de efecto.	Atm.: NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , HCl, HF, H <sub>2</sub> S, Hidrocarburos, Dioxinas/Furanos, NH <sub>3</sub> , As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn Aigua: Dioxinas/Furanos, fenoles, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn Suelo: AS, Cd, Cr III, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

	Unidad	Descripción	Especies que contribuyen
Potencial de Ecotoxicidad en agua dulce PEC <sub>ad</sub>	kg /TM 1,4-diclorobenzeno equivalente	Indica el impacto potencial de cada modelo sobre los ecosistemas acuáticos continentales. Se calcula del mismo modo que el PTH (modelo USAS-LCA), mediante destinos, medianos de exposición y efectos de las sustancias tóxicas.	Atm.: HF, Dioxinas/Furanos, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn Agua: Dioxinas/Furanos, fenoles, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn Suelo: AS, Cd, Cr III, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Potencial de Ecotoxicidad en agua marina PEC <sub>am</sub>	TM /TM 1,4-diclorobenzeno equivalente	Indica el impacto potencial de cada modelo sobre los ecosistemas acuáticos marinos. Se calcula del mismo modo que el PTH (modelo USAS-LCA), mediante destinos, medianos de exposición y efectos de las sustancias tóxicas.	Atm.: HF, Dioxinas/Furanos, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn Agua: Dioxinas/Furanos, fenoles, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn Suelo: AS, Cd, Cr III, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Potencial de Ecotoxicidad terrestre PEC <sub>t</sub>	kg/TM 1,4-diclorobenzeno equivalente	Indica el impacto potencial de cada modelo sobre los ecosistemas terrestres. Se calcula del mismo modo que el PTH (modelo USAS-LCA), mediante destinos, medianos de exposición y efectos de las sustancias tóxicas.	Atm.: HF, Dioxinas/Furanos, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn Agua: Dioxinas/Furanos, fenoles, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn Suelo: AS, Cd, Cr III, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

TABLA 21. Resumen de indicadores de impacto ambiental