

RESUMEN EJECUTIVO

Análisis de Ciclo de Vida de la gestión de envases de PET, latas y bricks mediante SIG y SDDR en España

Diciembre 2010

Coordinación

Dr. Jordi Oliver i Solà

Dr. Carles Martínez Gasol

Investigadora

MSc. Eva Seigné Itoiz

Revisión externa

Dr. Joan Rieradevall i Pons

Dr. Xavier Gabarrell i Durany

Realizado por:



Revisado por:



Realizado para:



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE ENVASES DE PET, LATAS Y BRICKS MEDIANTE SIG Y SDDR EN ESPAÑA

La ley de envases y de residuos de envases 11/1997 de 24 de abril (LERE) establecía que las empresas envasadoras debían adherirse a un Sistema Integrado de Gestión (SIG) o articular un Sistema de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR) propio para cumplir con los objetivos de recuperación de los envases ligeros fijados en dicha ley. Como resultado de la LERE la gran mayoría de las empresas se adhirieron al SIG de envases ligeros gestionado por Ecoembes.

En el contexto de la revisión de la LERE y los objetivos de reciclado establecidos por la Directiva EU 2004/12CE, se ha realizado el presente estudio con el objetivo principal de aportar datos de calidad del comportamiento ambiental de la implementación del SDDR adaptado a España, tomando el modelo alemán como referencia para los envases de PET, latas y bricks.

Otro objetivo específico es la cuantificación ambiental en 7 categorías de impacto del sistema SIG vigente en España (únicamente para las tres fracciones de envases: PET, latas y bricks, que entrarían en el SDDR propuesto) para determinar si la sustitución del SIG por el SDDR para estas tres fracciones de envases supondría un potencial beneficio ambiental en el contexto del territorio español.

1. SISTEMAS DE RECOGIDA DE ENVASES

1.1. Sistema depósito, devolución y retorno (SDDR)

En el sistema SDDR, los residuos de envases PET, latas y bricks se recogen de forma manual, en los pequeños comercios, y automáticamente, en el caso de grandes superficies comerciales que disponen de máquinas específicas de retorno de envases. Los residuos de estos envases que no son recogidos selectivamente son gestionados junto con la fracción resto. Los recogidos manualmente son transportados hasta unas plantas de selección de envases donde se separan según la tipología de material. En las máquinas de retorno se separan según tipología de material y se transportan hasta los centros logísticos de cada supermercado.

Tanto desde las plantas de selección (recogida manual) como desde los centros logísticos (máquinas de retorno), los residuos ya clasificados son transportados a centros de reciclaje. En ambos casos, la fracción residual de esta etapa se dirige bien a vertederos controlados o bien a plantas de incineración donde se valoriza energéticamente.

1.2. Sistema integrado de gestión (SIG)

En el SIG, los envases de PET, latas y bricks se recogen selectivamente mediante contenedores específicos (contenedor amarillo) y a través de los contenedores de resto. Los envases ligeros recogidos selectivamente se transportan hasta una planta de selección. La fracción resto, también la surgida en la planta de selección, se gestiona en vertederos controlados o se valoriza energéticamente en las plantas de incineración.

En el análisis no se ha considerado la recuperación de envases de PET, latas y bricks en una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) por no disponerse de información de calidad. Aún así, no considerar esta etapa no afecta la comparativa final entre el SDDR y el SIG, puesto que para un mismo porcentaje de recogida en RSU los impactos en ambos sistemas serían los mismos.

2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología que permite sistematizar la adquisición y generación de información para establecer criterios objetivos en la toma de decisiones hacia un desarrollo sostenible. Además, esta herramienta permite detectar de forma eficaz las oportunidades de mejora de todo el sistema, no limitándose únicamente a la instalación o producto objeto de estudio, sino ampliando el análisis en etapas anteriores y posteriores.

El presente estudio de ACV sigue la estructura determinada por la normativa internacional ISO 14.040:2006, *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and framework*.

Entre las etapas definidas en la fase de análisis de impacto en la metodología del ACV se evalúan las etapas de clasificación y caracterización. Se han considerado los factores de caracterización definidos por el *Centre of Environmental Science of Leiden University*: método *CML 2 baseline 2000 v2.1*.

Las categorías de impacto analizadas son:

- Agotamiento de los recursos abióticos (AD, kg Sb eq.),
- Acidificación (AC, kg SO₂ eq.),
- Eutrofización (EP, Kg PO₄⁻³ eq.),
- Calentamiento global (GW, kg CO₂ eq.),
- Agotamiento de la capa de ozono (ODP, CFC-11 eq.),
- Toxicidad humana (HT, kg 1,4-DB eq.) y
- Formación de oxidantes fotoquímicos (PO, kg C₂H₄).

2.1. Unidad Funcional

La unidad funcional para este estudio es:

Poner a disposición del reciclador una tonelada de envases de PET, latas y bricks considerando la eficiencia del SIG en España y un SDDR con niveles de automatización de la recogida selectiva adaptados del modelo alemán.

2.1.1. Flujos de referencia

Las tres fracciones de envases estudiadas suponen el 45% en peso del total de residuos de envases ligeros generados en España; distribuidos de la siguiente manera:

- PET: 21%
- Latas: 16%
- Bricks: 8%

De todos los impactos ambientales asociados al SIG de envases ligeros existente en España se ha contabilizado solamente la parte proporcional, en peso, correspondiente a estas tres fracciones de envases.

Respecto a la unidad funcional, la distribución de las fracciones de envases PET, latas y bricks queda distribuida según:

- PET: 47%
- Latas: 36%
- Bricks: 17%

La cantidad de residuos (kg) de PET, latas y bricks recogidos selectivamente y que se deberán gestionar para ambos sistemas viene determinada por: el porcentaje de recogida selectiva (de 10% a 100%) y la eficiencia de las plantas de selección de envases españolas (67% en el caso del SIG, ver apartado 4.1 del documento de la memoria).

Estas variables condicionan la cantidad total de residuos de envases recogidos selectivamente necesarios para satisfacer la unidad funcional.

La tabla 1 del resumen ejecutivo presenta la cantidad total de PET, latas y bricks expresada en toneladas a gestionar en ambos sistemas en dos casos extremos de porcentaje de recogida selectiva.

Tabla 1. *Cantidad de envases de PET, latas y bricks a gestionar en cada sistema de gestión para satisfacer la unidad funcional definida*

% recogida selectiva	10	100
SDDR. Toneladas a gestionar	10.000	1.000
SIG. Toneladas a gestionar	14.874	1.487

2.2. Sistema estudiado: SDDR adaptado del modelo alemán

El sistema de gestión de envases SDDR adaptado del modelo alemán se caracteriza por tener un nivel de automatización en la recogida selectiva del 80%. El 20% restante se recupera mediante un proceso manual.

Dentro de los límites del sistema SDDR se incluyen:

2.2.1. Fase de recogida de envases (selectiva y conjunta con fracción resto)

- La producción de las máquinas específicas de retorno de envases teniendo en cuenta el proceso de producción y materiales, la vida útil y el consumo energético.

- Contenedores (superior, lateral y posterior) para los envases de PET, latas y bricks depositados con la fracción resto: material, proceso de producción y vida útil.
- De las etapas del ciclo de vida correspondientes a la parte de residuos de envases ligeros que serán recogidos junto con la fracción resto, se han contabilizado los impactos proporcionales a la gestión de las tres fracciones de residuos de envases considerados (PET, latas y bricks).

2.2.2. Escenario de logística de recogida y transporte del SDDR de los residuos de envases de PET, latas y bricks (recogida selectiva y conjunta con fracción resto)

- Siguiendo las categorías establecidas por Ecoembes, se han definido tres tipologías de municipios que condicionan la logística asociada al transporte de residuos en ambos sistemas:
 - Rural (<5.000 hab): 13,12 % de los municipios.
 - Semiurbano (5.000-50.000 hab): 34,35% de los municipios.
 - Urbano (>50.000 hab): 52,54% de los municipios.
- Las tipologías de municipios condicionan la logística de la recogida en:
 - Los consumos de diesel asociados a cada unas de las etapas de recogida según tipología de municipio.
 - Número de contenedores de resto.
 - Número de comercios y grandes superficies.
 - Número de máquinas específicas de retorno de envases instaladas y comercios que realizan el retorno manual.

- Densidad: Se ha considerado la densidad de las tres fracciones de envases con compactación en la gestión con máquinas específicas de retorno y sin compactación en la recogida manual. Y también la densidad de la fracción resto para los residuos de envases no recogidos selectivamente .
- Transportes considerados: transporte hasta los centros logísticos, plantas de selección, las diferentes plantas de tratamiento finalistas y el transporte hasta la puerta del centro reciclador.
- Diferentes tipologías de camión considerando: volumen, consumo del camión, carga transportada y producción del camión.

2.2.3. Gestión Final de los envases

- Se ha considerado que un 95% de los envases de PET, latas y bricks recogidos con la fracción resto serán depositados en vertedero el 5% restante se incinerarán, siguiendo el perfil español.
- Los consumos energéticos de la incineración, la selección de envases o el vertedero controlado están incluidos en los límites del sistema.

2.2.4. Etapas excluidas dentro de los límites del sistema

- La etapa de reciclado de los envases ligeros en las plantas de recuperación queda excluida del sistema de estudio pero en cambio se incluye el transporte hasta la puerta del reciclador
- La etapa de mantenimiento de los contenedores, el consumo de la maquinaria en las plantas de tratamientos, el transporte hasta las plantas de transferencia y el consumo dentro de las mismas quedan excluidas del sistema.

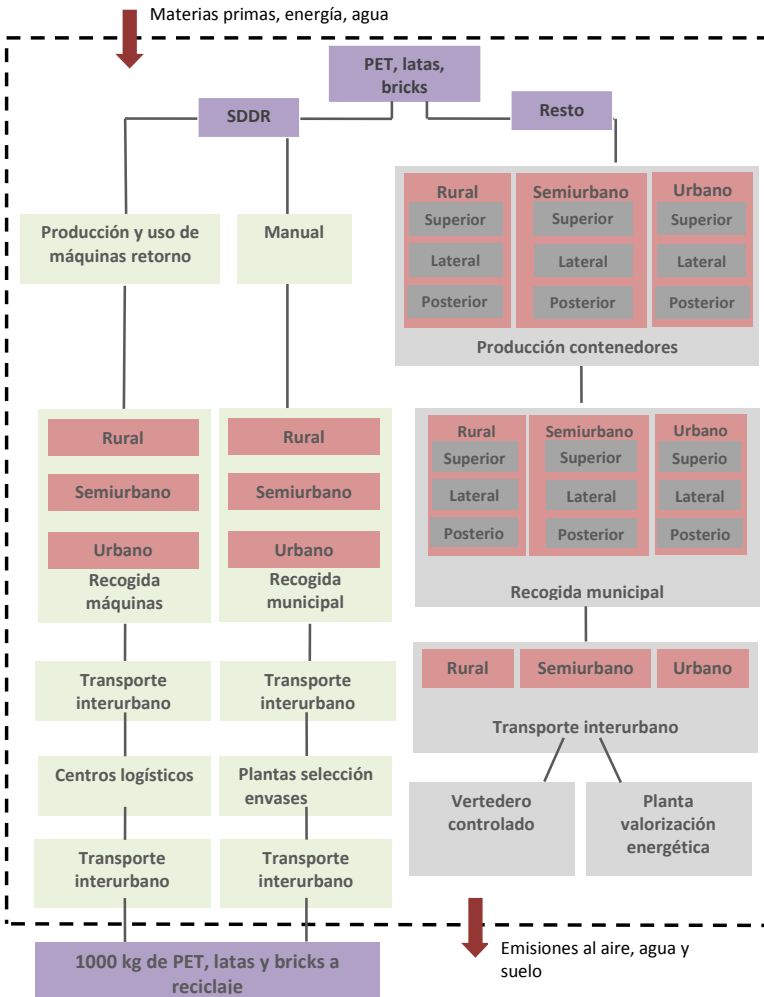


Figura 1: Límites del sistema de gestión de PET, latas y bricks considerados en el SDDR adaptado del modelo alemán

2.3. Sistema estudiado: SIG español

De todos los impactos ambientales asociados al SIG de envases ligeros existente en España se ha contabilizado la parte proporcional a los tres residuos de envases ligeros considerados: PET, latas y bricks.

En los límites del sistema SIG se incluyen:

2.3.1. Fase de recogida de envases (selectiva y conjunta con fracción resto)

- La producción de los contenedores de envases ligeros (trasera, lateral e iglú) y de resto (superior, lateral y posterior) necesarios para la recogida municipal teniendo en cuenta el material utilizado y el proceso de producción.
- Las recogidas municipales serán específicas según el contenedor considerado y dentro de los límites del sistema se encuentra el consumo de diesel asociado a esta etapa.

2.3.2 Escenario de logística de recogida y transporte interurbano del SIG español para los envases de PET, latas y bricks (recogida selectiva y recogida conjunta con fracción resto)

- Siguiendo las categorías establecidas por Ecoembes, se han definido tres tipologías de municipio que condicionan la logística asociada al transporte de residuos en ambos sistemas:
 - Rural (<5.000 hab): 13,12 % de los municipios.
 - Semiurbano (5.000-50.000 hab): 34,35% de los municipios.
 - Urbano (>50.000 hab): 52,54% de los municipios.
- Estas tipologías de municipio condicionan la logística de recogida en:
 - Los consumos de diesel asociados a cada unas de las etapas de recogida según tipología de municipio.
 - Número de contenedores de resto.

- Número de contenedores de recogida selectiva.
- Transportes considerados: transporte hasta los centros logísticos, plantas de selección, las diferentes plantas de tratamiento finalistas y el transporte hasta la puerta del centro reciclador.
- Densidad de las tres fracciones de envases en la recogida selectiva, y de la fracción resto.
- Diferentes tipologías de camión considerando: volumen, consumo del camión, carga transportada y producción del camión.

2.3.3. Gestión Final de los envases

- Se ha considerado que un 95% de los envases de PET, latas y bricks recogidos con la fracción resto serán depositados en vertedero el 5% restante se incinerarán, siguiendo el perfil español.
- Los consumos energéticos de la incineración, la selección de envases o el vertedero controlado también forman parte de los límites del sistema.

2.3.4. Etapas excluidas dentro de los límites del sistema

- La etapa de reciclado de los envases ligeros en las plantas de recuperación queda excluida del sistema de estudio pero en cambio se incluye el transporte hasta la puerta del reciclador.
- Se ha considerado la compactación de las dos fracciones pero no el transporte hasta las plantas de transferencia ni tampoco el consumo de las compactadoras por falta de datos de calidad.
- Además, quedan excluidos del sistema la etapa de mantenimiento de los contenedores y el consumo de la maquinaria en las plantas de tratamiento.

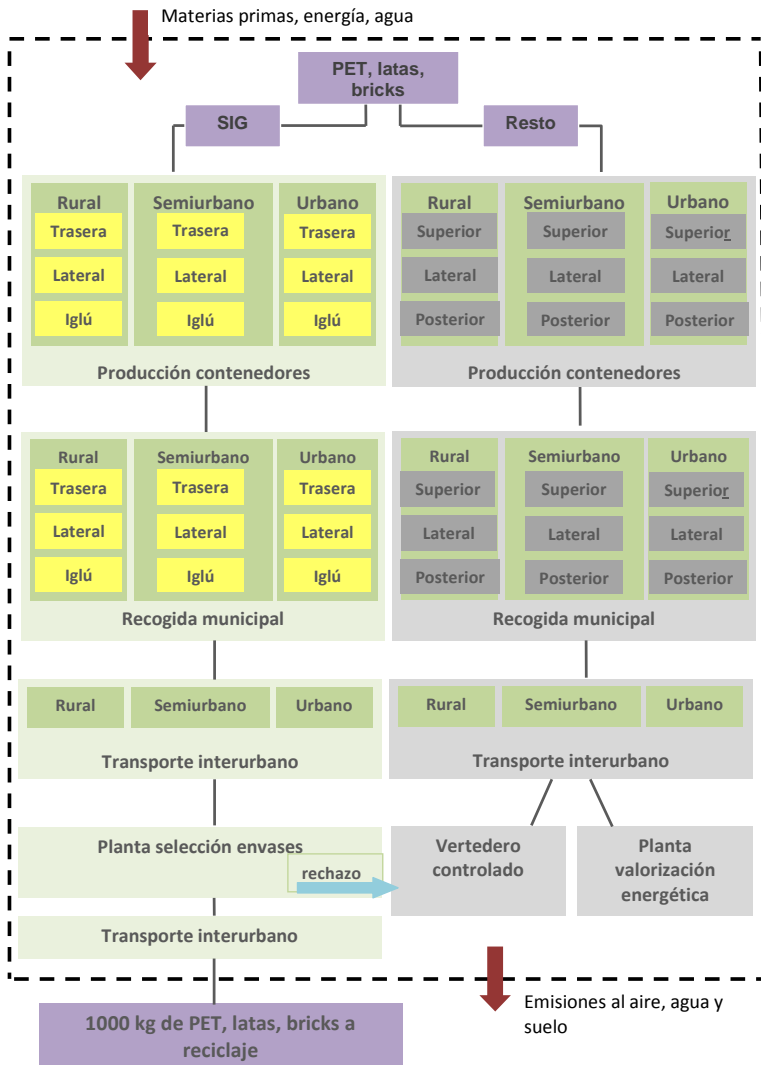


Figura 2: Límites del sistema de gestión de PET, latas y bricks considerados en el SIG

3. RESULTADOS DEL ACV POR SUBETAPAS DEL SDDR Y SIG CON UNA RECOGIDA SELECTIVA DEL 55%

Para valorar los impactos ambientales de las diferentes etapas del ciclo de vida es necesario fijar un porcentaje de recogida selectiva igual para los dos sistemas comparados.

Dicho porcentaje no afecta de forma relevante los resultados aquí presentados, sin embargo para evitar arbitrariedad, se ha tomado como referencia los valores establecidos por la Directiva 2004/12/CE, donde se exige un reciclaje mínimo de los residuos de envases del 55%.

Para el SDDR los resultados obtenidos varían sensiblemente según el porcentaje de residuos recuperados manualmente o a través de máquinas automáticas, este capítulo presenta los valores adaptando la realidad alemana a España (20% de recogida manual y un 80% a través de máquinas).

La tabla 2 presenta el impacto ambiental asociado a la gestión de PET, latas y bricks para SDDR y SIG en España, y las figuras 4 y 5 muestran las contribuciones relativas de las diferentes subetapas del SDDR y del SIG para cada una de las categorías de impacto. Los resultados muestran que para todas las categorías de impacto el sistema SIG tiene mayores impactos que el sistema SDDR considerado. El impacto evitado varía entre el 32,8% para EP y 63,0% para PO.

Tabla 1. Caracterización de los resultados del ACV, para las fracciones PET, latas y bricks, con una recogida selectiva del 55%.

Categoría de Impacto	SDDR¹	SIG	% reducción impacto
AD (kg Sb eq.)	1,90E+00	2,90E+00	34,5%
AC (kg SO ₂ eq.)	1,52E+00	2,34E+00	35,0%
EP (Kg PO ₄ ⁻³ eq)	2,54E-01	3,78E-01	32,8%
GW (kg CO ₂ eq)	3,32E+02	5,22E+02	36,4%
ODP kg (CFC-11 eq)	4,63E-05	7,96E-05	41,8%
HT (kg 1,4-DB eq)	9,38E+01	1,43E+02	34,4%
PO (kg C ₂ H ₄)	1,10E-01	2,97E-01	63,0%

¹20% manual y 80% automático

En las figuras 3 y 4, se identifica que la etapa con mayor contribución a los impactos ambientales en ambos sistemas de gestión es la etapa del transporte interurbano de los residuos de PET, latas y bricks recogidos selectivamente (azul claro y azul oscuro).

Además, en el SDDR a pesar de que únicamente el 20% de los residuos se recogen manualmente, la contribución de esta etapa (azul claro figura 3) supone entre el 24 y el 40% de los impactos del transporte interurbano de los residuos recogidos selectivamente de todas las categorías de impacto analizadas. Esto es debido a que no se efectúa una compactación en origen como con la recogida automática.

Sin embargo, la recogida manual en origen ya sea manual o automatizada, tiene consecuencias positivas en posteriores etapas del ciclo de vida. Especialmente en las plantas de selección del SDDR, donde no se produce rechazo y el material recuperado es de mayor calidad que en el caso del SIG.

Figura 3.
Contribución
relativa de las
diferentes
etapas del
SDDR al
impacto total
para las
distintas
categorías de
impacto

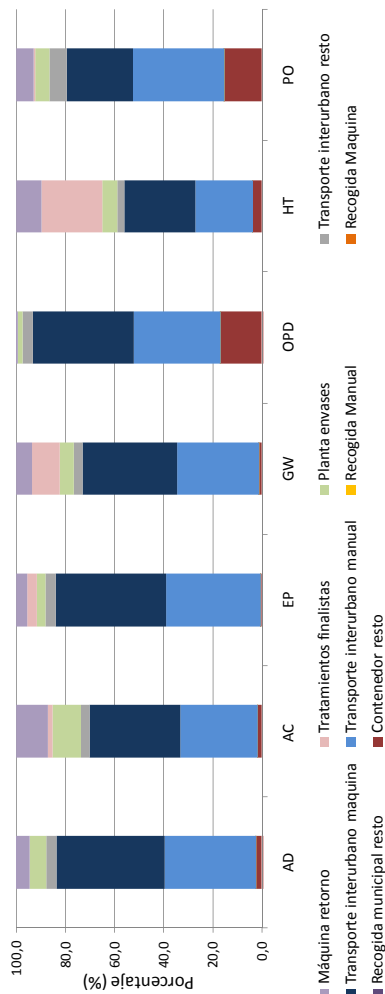
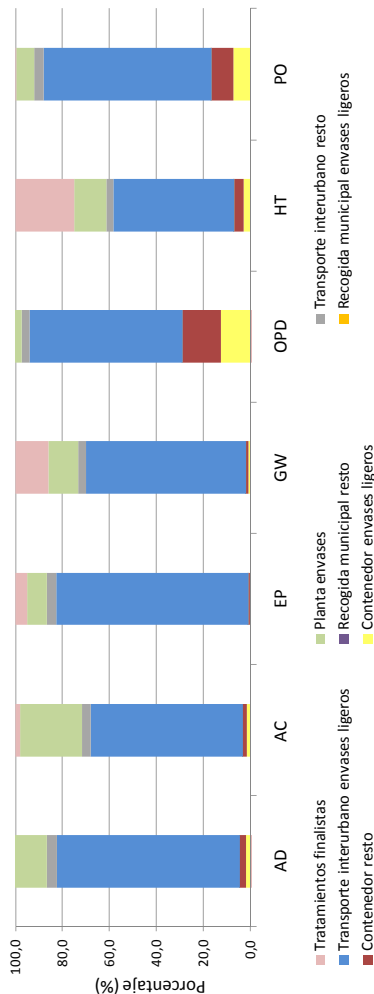


Figura 4.
Contribución
relativa de las
diferentes
etapas del SIG
al impacto
total para las
distintas
categorías de
impacto



4. RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN ENTRE EL SDDR ADAPTADO DEL MODELO ALEMÁN Y EL SIG ESPAÑOL PARA LA CATEGORÍA DE POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL

En este apartado se presentan de forma detallada los resultados obtenidos para la categoría de calentamiento global (kg CO₂ eq). Sin embargo, en el documento de la memoria se detalla también la información para el resto de categorías analizadas (Anexo II).

Los resultados presentados (figura 5 y tabla 3) contemplan distintos porcentajes de recogida selectiva entre 10% y 100%, así como diferentes escenarios para el SDDR según el porcentaje de recogida mediante sistema manual o máquinas específicas de retorno de envases:

- SDDR1: recogida selectiva de 20% manual y 80% máquinas específicas de retorno de envases;
- SDDR2: recogida selectiva 50% manual y 50% máquinas específicas de retorno de envases;
- SDDR3: recogida selectiva 80% manual y 20% máquinas específicas de retorno de envases.

Si se analiza la figura 5 se observa que en los escenarios SDDR1 y SDDR2, para todos los porcentajes de recogida selectiva, el SIG tiene mayores emisiones de CO₂ eq. por tonelada de PET, latas y bricks entregada al reciclador. El impacto evitado es máximo cuando los valores de recogida selectiva son bajos (menor al 40%) en ambos sistemas.

Sin embargo, para el escenario SDDR3 donde la recogida manual considerada es del 80%, sucede que a partir de recogidas selectivas superiores al 40% los impactos ambientales del SIG por tonelada son menores que los del SDDR.

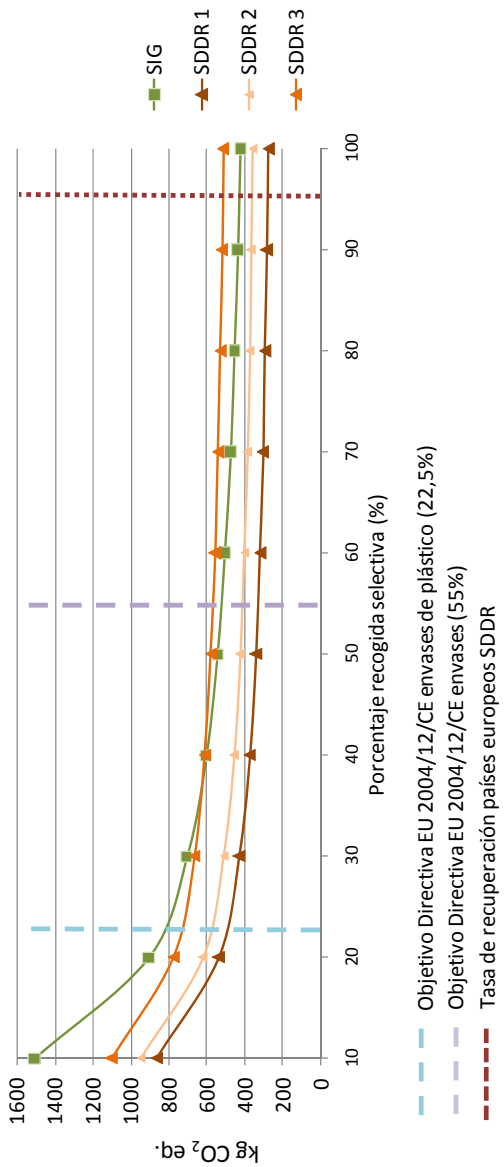


Figura 5. Comparación ambiental entre el SDDR 1, SDDR 2, SDDR 3 y el SIG para porcentajes de recogida selectiva entre el 10% y el 100%. Calentamiento global (GW)

Tabla3. Impacto de cada sistema de gestión para la categoría ambiental de calentamiento global para diferentes porcentajes de recogida selectiva.

Recogida selectiva (%)	Nivel de Automatización (80%-20%)				Impacto evitado		
	SDDR 1 (kg CO ₂ eq.)	SDDR 2 (kg CO ₂ eq.)	SDDR 3 (kg CO ₂ eq.)	SIG (kg CO ₂ eq.)	(kg CO ₂ eq.) (SIG-SDDR 1)	(kg CO ₂ eq.) (SIG-SDDR 2)	(kg CO ₂ eq.) (SIG-SDDR 3)
10	866,5	1.003,50	1.140,40	1.508,70	642,2	505,2	368,3
20	539,6	676,5	813,4	905,9	366,3	229,4	92,5
30	430,6	567,5	704,5	705	274,4	137,5	0,5
40	376,1	513	650	604,6	228,5	91,6	-45,4
50	343,4	480,4	617,3	544,3	200,9	63,9	-73
60	321,6	458,6	595,5	504,1	182,5	45,5	-91,4
70	306,1	443	579,9	475,4	169,3	32,4	-104,5
80	294,4	431,3	568,3	453,9	159,5	22,6	-114,4
90	285,3	422,2	559,2	437,2	151,9	15	-122
100	287	415	551,9	423,8	136,8	8,8	-128,1

4.1. Análisis de los resultados

4.1.1. SDDR1

Los resultados obtenidos en el SDDR 1 muestran que la recogida selectiva con este sistema presenta menos emisiones de CO₂ eq. que el SIG independientemente del porcentaje de recogida selectiva.

El impacto evitado, en comparación con el SIG, es máximo cuando la recogida selectiva en ambos sistemas es del 10% suponiendo el ahorro de 642,2 kg de CO₂ eq. por cada tonelada de PET, latas y bricks recuperada para su reciclaje.

4.1.2. SDDR2

En el escenario SDDR 2 el SIG presenta mayores emisiones de CO₂ eq. para todos los porcentajes de recogida selectiva. El comportamiento ambiental sigue la misma tendencia que en el SDDR 1 pero como la cantidad de residuos que se recogen manualmente y no se compactan para el transporte es superior, el SDDR 2 tiene mayores impactos ambientales y el impacto evitado respecto al SIG disminuye (ver figura 5). Para recogidas selectivas bajas (10%-40%) el valor máximo de impacto evitado de 505,2 kg de CO₂ eq. mientras que para la recogida selectiva del 100% el impacto evitado es de tan solo 8,8 kg de CO₂ eq.

4.1.3. SDDR3

En el caso del escenario SDDR 3, a partir de recogidas selectivas superiores al 40% los impactos ambientales del SIG son menores que los del SDDR 3. Para una recogida selectiva del 100%, la gestión de los residuos de PET, latas y bricks con el SIG supondría el ahorro máximo de 128,1 kg de CO₂ eq. Esta inversión en el comportamiento ambiental es debida a un incremento de residuos de PET, latas y bricks no compactados en origen.

5. CONCLUSIONES

Los resultados del ACV comparativo indican que la implantación de un SDDR en España, con unos porcentajes de recogida manual y automática similares a los alemanes (20% manual, 80% automática) supone un ahorro de impactos ambientales para todas las categorías de impacto respecto al actual SIG español para PET, latas y bricks.

Las etapas con mayor impacto, en el SDDR son el transporte interurbano de residuos de PET, latas y bricks recogidos selectivamente. Sin embargo, la compactación en origen de los residuos que realizan las máquinas automáticas de retorno favorece notablemente la disminución de los impactos en las etapas de transporte.

Tanto es así que para la categoría de calentamiento global, cuando la recogida selectiva mediante máquinas en el SDDR es superior al 40%, los resultados obtenidos muestran que para la categoría de calentamiento global (kg de CO₂ eq.) y para todos los porcentajes de recogida selectiva, el SDDR tiene mejor comportamiento ambiental en la gestión de los envases de PET, latas y bricks que el SIG en España.

La figura 6 sintetiza los principales valores de emisiones de CO₂eq. según varían los porcentajes de recogida selectiva (bajo, medio y alto) y el grado de automatización del SDDR implantado.

Los escenarios de SDDR con recogida selectiva altamente automatizada generan impactos derivados de la producción y consumo energético de las máquinas específicas de retorno de envases que se ven compensados por los impactos evitados de la logística del transporte interurbano manual debido a que los envases se compactan y se transporta poco aire en cada camión y viaje.

Calentamiento global (GW, kg CO₂ eq.)

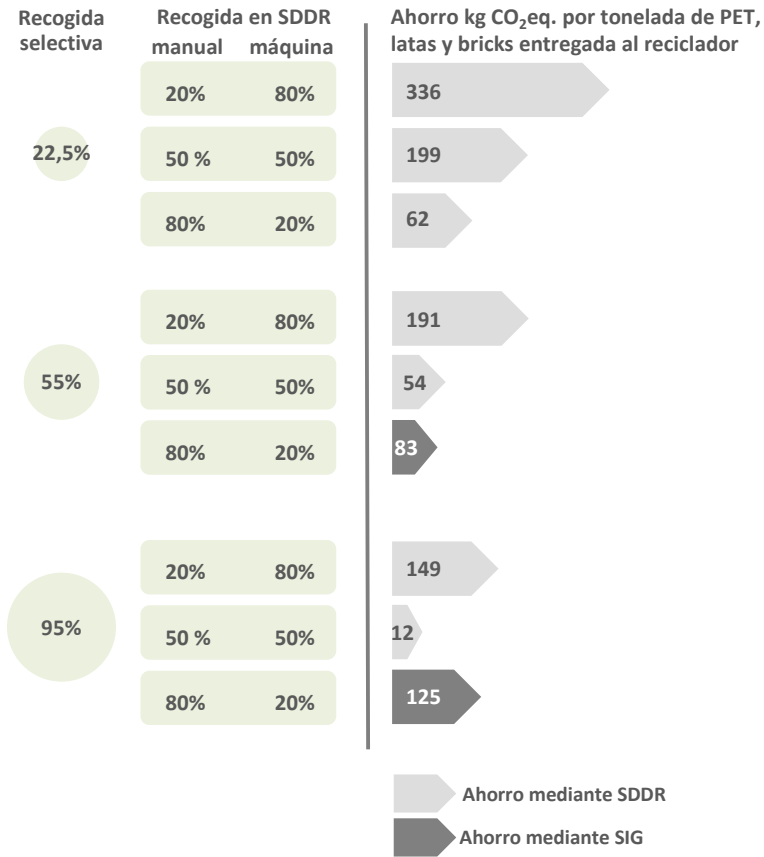


Figura 6. Ahorro de emisiones de CO₂ eq. en la comparación ambiental entre el SDDR con diferentes % de recogida selectiva y el SIG Español por tonelada de PET, latas y bricks recuperada para su reciclaje.

EQUIPO DEL PROYECTO

Inèdit

- Web: www.ineditinnova.com
- Redacci3n:
 - MSc. Eva Sevigné Itoiz
- Coordinaci3n:
 - Dr. Jordi Oliver i Solà
 - Dr. Carles M. Gasol

ICTA-UAB

- Web: www.uab.cat/icta y www.sostenipra.cat
- Revisi3n externa:
 - Dr. Joan Rieradevall i Pons
 - Dr. Xavier Gabarrell i Durany

Fundaci3n Catalana per la Prevenci3n de Residus i Consum Responsable

- Web: www.residusiconsum.org
- Personal:
 - Victor Mitjans i Sanz

ANEXO I. CONSIDERACIÓN SOBRE LA AFECTACIÓN DE LA RECOGIDA DE ENVASES SOBRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA

La gravedad del problema de la contaminación atmosférica local ha llevado a las Administraciones Públicas a un esfuerzo regulador. Las principales normas reguladoras son:

- *Directiva 1996/61/CE de Prevención y Control Integrado de la Contaminación (IPPC).*
- *Directiva 1996/62/CE, directiva “madre” sobre control y gestión de la calidad del aire. De ella han surgido las directivas “hijas” que regulan cada contaminante de forma específica: 1999/30/CE*, 2000/69/CE*, 2002/3/CE*, 107/2004/CE.*

Las empresas de logística con el objetivo de reducir costes, ofrecer un servicio eficiente y reducir sus emisiones a la atmósfera han aplicado técnicas de optimización como es la logística inversa (Pilar L. et al 2006)

Entendiendo logística inversa por la gestión de la cadena de suministros del traslado de materiales desde el usuario o consumidor hacia el fabricante o hacia los puntos de recogida, para su reutilización, reciclado o eventualmente destrucción (Pilar L. et al. 2004).

En un escenario de aplicación de logística inversa en un SDDR, los vehículos de distribución de producto son también los responsables de la recogida de los envases de PET, latas y bricks en el viaje de vuelta al fabricante o distribuidor, optimizando sus trayectos y cargas.

Por lo tanto un SDDR con esta estrategia no incrementaría el número de vehículos en las tramas urbanas (Pilar L. et al. 2004) y consecuentemente tampoco las emisiones responsables de la contaminación atmosférica en las ciudades.

Además, la implementación de un SDDR para PET, latas y bricks que conviviera con el SIG podría suponer la reducción de la frecuencia de recogida de los contenedores amarillos, ya que estos contendrían menos material, disminuyendo el número de camiones de recogida selectiva necesarios en SIG.

Escenarios de recogida y efecto en las principales emisiones contaminantes en áreas urbanas

A continuación se presentan tres posibles escenarios de recogida de envases PET, latas y bricks en trama urbana. Considerando los siguientes escenarios:

- SDDR automático y recogida con logística inversa
- SDDR manual y recogida con logística inversa
- SIG

ESCENARIOS DE RECOGIDA DE PET, LATAS y BRICKS con SDDR en trama Urbana.

- Recogida de 1 tonelada de envases de PET (47%), latas (36%) y bricks (17%) con **SDDR automático y logística inversa** en 1 km de trama urbana

Consumo de diesel considerado (l/tonelada · km):	0.036
Compactación de los envases recogidos (kg / m ³):	120
<i>Principales emisiones (kg/litro de diésel)</i>	
CO ₂	1.36E-01
CO	3.50E-04
NO _x	9.70E-04
NO ₂	6.90E-06
NH ₃	8.60E-07
SO ₂	2.58E-05
COV	4.42E-04
CH ₄	1.08E-05
Benceno	8.60E-06
Pb	6.25E-10
Partículas < 2,5 µm	7.85E-05
Partículas > 2,5 µm < 10 µm	1.34E-05
Partículas > 10 µm	2.24E-05

- Recogida de 1 tonelada de envases de PET (47%), latas (36%) y bricks (17%) con **SDDR manual y logística inversa** en 1 km

Consumo de diesel considerado (l/tonelada · km):	0.301
Compactación de los envases recogidos (kg / m ³):	12
<i>Principales emisiones(kg/litro de diésel)</i>	
CO ₂	1.14E+00
CO	2.94E-03
NOx	8.15E-03
NO ₂	5.80E-05
NH ₃	7.25E-06
SO ₂	2.17E-04
COV	3.72E-03
CH ₄	9.05E-05
Benceno	7.25E-05
Pb	5.25E-09
Partículas < 2,5 µm	6.60E-04
Partículas > 2,5 µm < 10 µm	1.12E-04
Partículas > 10 µm	1.88E-04

- Recogida de 1 tonelada de envase de PET (47%), latas (36%) y bricks (17%) con **SIG** en 1 km

Consumo de diesel considerado (l/tonelada · km):	0.37296
Compactación de los envases recogidos (kg / m ³):	25
<i>Principales emisiones(kg/litro de diésel)</i>	
CO ₂	1.40E+00
CO	3.61E-03
NO _x	1.00E-02
NO ₂	7.10E-05
NH ₃	8.88E-06
SO ₂	2.66E-04
COV	4.56E-03
CH ₄	1.11E-04
Benceno	8.88E-05
Pb	6.43E-09
Partículas < 2,5 µm	8.13E-04
Partículas > 2,5 µm < 10 µm	1.38E-04
Partículas > 10 µm	2.31E-04

Como se observa de los resultados obtenidos en los tres escenarios, la recogida de envases PET, latas y bricks con SDDR automático y logística inversa presentaría la menor cantidad de emisiones a la atmósfera de ambientes urbanos.

La mayor compactación de los envases y la estrategia de logística inversa permiten la menor emisión de contaminantes a la atmósfera para realizar la recogida de los envases.

El SDDR manual, a pesar de no disponer de los envases compactados presenta menos emisiones por la estrategia de logística inversa.

Finalmente el SIG para realizar la misma función, recoges los envases, en la misma distancia presenta más emisiones por aplicar logística directa.

Bibliografía

Pilar L. González-Torre, Belarmino Adenso-Díaz (2006) Reverse logistics practices in the glass sector in Spain and Belgium. *International Business Review*, Volume 15, Issue 5, October 2006, Pages 527-546.

Pilar L. González-Torre, B. Adenso-Díaz, Hakim Artiba (2004) Environmental and reverse logistics policies in European bottling and packaging *International Journal of Production Economics*, Volume 88, Issue 1, 8 March 2004, Pages 95-104.