

Evaluación de costes de introducción de un sistema de depósito, devolución y retorno en España: Apéndices técnicos

Informe para Retorna

Autores:

Dr. Dominic Hogg, Dr. Debbie Fletcher, Maxine von Eye, Timothy Elliott y Leila Bendali

Enero de 2012

Informe para:

Miquel Roset, Retorna

Elaborado por:

Debbie Fletcher

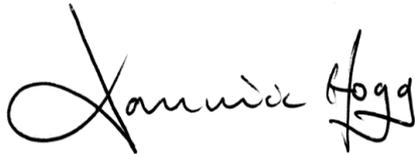
Maxine von Eye

Timothy Elliott

Andy Grant

Aprobado por:

Dominic Hogg

A handwritten signature in black ink that reads "Dominic Hogg". The signature is written in a cursive style with a large, looping initial 'D'.

(Director del proyecto)

Datos de contacto

Eunomia Research & Consulting Ltd

37 Queen Square

Bristol

BS1 4QS

Reino Unido

Tel.: +44 (0)117 9172250

Fax: +44 (0)8717 142942

Sitio web: www.eunomia.co.uk

Aviso de descargo de responsabilidad

Eunomia Research & Consulting ha actuado con la diligencia debida a la hora de elaborar este informe para garantizar que todos los hechos y análisis en él presentados sean lo más fieles posibles dentro del ámbito del proyecto. Sin embargo, no se proporciona ninguna garantía respecto a la información presentada, y Eunomia Research & Consulting no se hace responsable de las decisiones o las acciones adoptadas a partir del contenido de este informe.

Índice

A.1.0	Modelo de análisis financiero	5
A.1.1	Materiales que deben incluirse en el sistema de depósito, devolución y retorno.....	6
A.1.2	Referencia	7
A.1.2.1	Modelo de recogida de residuos domésticos en contenedores específicos ...	8
A.1.2.2	Papeleras, barrido de calles y basura arrojada al entorno	16
A.1.2.3	Puntos de recogida de residuos domésticos de mayor tamaño (Puntos Limpios).....	17
A.1.2.4	Productos comercializados totales / Residuos totales / Residuos comerciales e industriales.....	17
A.1.2.5	Cifras de referencia resumidas.....	18
A.1.3	Introducción de un SDDR	18
A.2.0	Sistema actual de contenedores para envases domésticos.....	23
A.2.1	Modelo de recogida.....	23
A.2.1.1	Supuestos sobre los contenedores de recogida	23
A.2.1.2	Supuestos sobre los vehículos	26
A.2.1.3	Supuestos sobre el personal	28
A.2.1.4	Otros supuestos de costes.....	29
A.2.1.5	Supuestos de tiempo	29
A.2.1.6	Ingresos por material y eliminación.....	31
A.3.0	El modelo del sistema de depósito, devolución y retorno	34
A.3.1	El depósito y los índices de devolución.....	39
A.3.2	Manipulación, recogida, logística y procesamiento.....	40
A.3.2.1	Panorama de la venta al por menor y diseño del sistema	41
A.3.2.2	Costes de transporte.....	48
A.3.2.3	Costes de logística de los envases	57
A.3.2.4	Costes de los centros de recuento	60
A.3.2.5	Costes de manipulación para el minorista	62
A.3.2.6	Costes de las máquinas de devolución de envases (MDE).....	62
A.3.2.7	Coste del espacio ocupado en el establecimiento de los minoristas	63
A.3.2.8	Costes de mano de obra	65
A.3.2.9	Coste total para los minoristas (espacio y mano de obra).....	67
A.3.3	Costes corrientes para el sistema central	67

A.3.4	Ingresos por material	70
A.3.5	Tasa administrativa	70
A.3.6	Costes de instalación	71
A.4.0	Modelo de costes adicionales.....	75
A.4.1.1	Sistema de contenedores actual.....	75
A.4.1.2	Puntos de recogida de residuos domésticos de mayor tamaño (Puntos Limpios).....	78
A.4.1.3	Recogida comercial.....	78
A.4.1.4	Papeleras / Barrido de calles	78

A.1.0 Modelo de análisis financiero

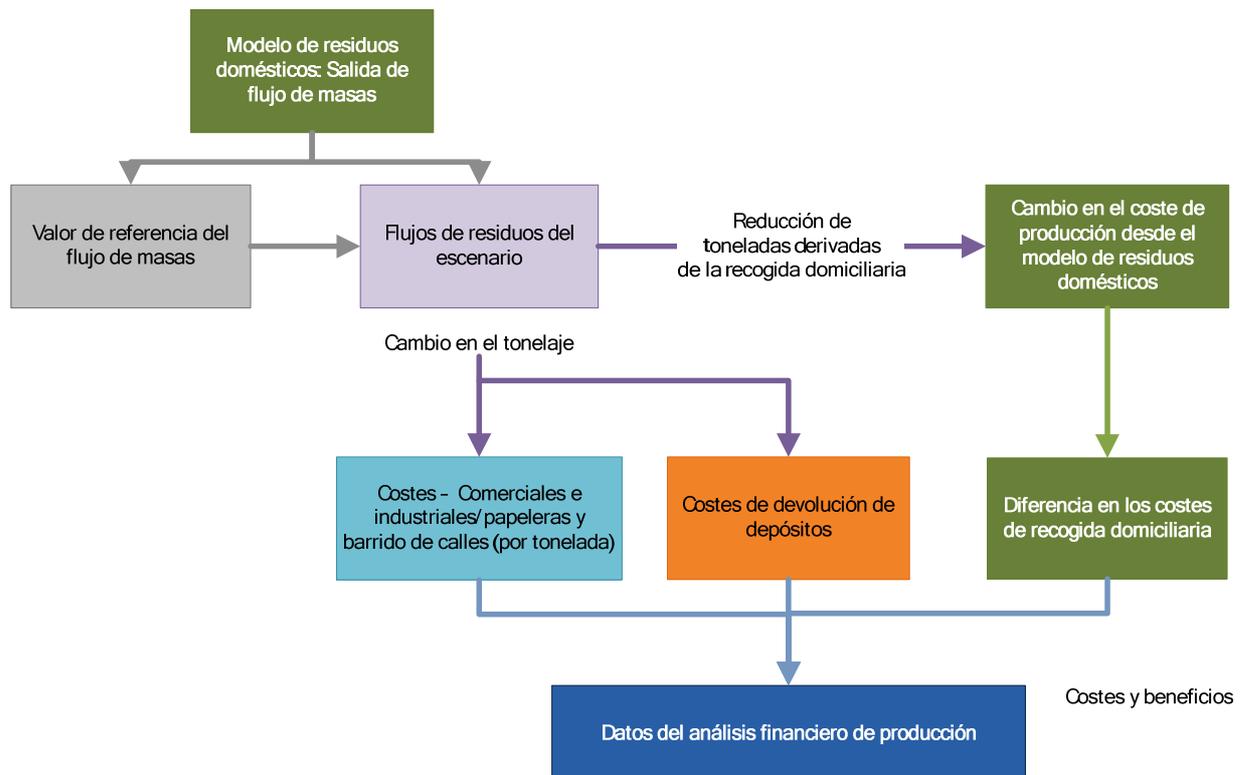
El modelo de análisis financiero ha sido desarrollado por Eunomia como modelo hecho a medida.

La estructura global del modelo se puede ver en la Figura A-1. Sus elementos clave son:

- 1) Unos valores de referencia para cada uno de los materiales clave, que incluirá la modelización de la recogida de residuos domésticos mediante contenedores en la calle.
- 2) Modelización de los escenarios de flujos de residuos.
- 3) Modelización de un sistema de depósito, devolución y retorno (SDDR).
- 4) Cálculo de los resultados finales.

En el resto de esta sección se ofrecen, en primer lugar, datos sobre los materiales que hemos incluido en el ámbito del SDDR, ya que constituirán el núcleo del modelo de flujo de masas. A continuación, se abordan los supuestos de flujos de masas de residuos utilizados para modelizar los valores de referencia, así como los cambios clave que posteriormente se producirán en los flujos de masas de residuos como resultado de la introducción de un modelo de devolución de depósitos en España.

Figura A-1: Esquema del modelo de análisis coste-beneficio en España



A.1.1 Materiales que deben incluirse en el sistema de depósito, devolución y retorno

Los materiales que se ha decidido incluir en el ámbito del SDDR son los siguientes materiales de envases de bebidas de un solo uso (no rellenables):

- 1) Botellas de plástico fabricadas principalmente con PET (tereftalato de polietileno) y HDPE (polietileno de alta densidad), por ejemplo, botellas de bebidas carbonatadas, agua mineral o zumos, pero excluyendo las botellas de leche.
- 2) Latas metálicas, tanto de acero como de aluminio, por ejemplo, refrescos con gas, latas de cerveza, bebidas energéticas, etc.
- 3) Botellas de vidrio, por ejemplo, botellas de cerveza, de refrescos, etc., pero excluyendo las botellas de vino y de licores.
- 4) Bricks de bebidas, por ejemplo, refrescos sin gas, incluyendo marcas como Tetrapak©.

A pesar de que, en sentido estricto, no exista ningún motivo por el que, en teoría, no se puedan recoger otros envases o embalajes en estos sistemas, el modelo se ha diseñado para los envases de bebidas por los motivos siguientes:

- Los envases de bebidas son más susceptibles de ser consumidos fuera de casa que otros tipos de envases para alimentos y, por lo tanto, de terminar en la basura;¹
- Existe un gran número de envases de bebidas que se podrían tratar mediante un diseño de sistema de recogida único (el año pasado en España se comercializaron más de 18.000 millones de ellos);
- Habría que invertir más en tecnología para que las máquinas de devolución de envases (MDE) o los centros de recuento pudieran reconocer envases y embalajes de otro tipo, y aún más importante, con otras formas.
- Permite un modelo específico para el sector, lo que reduce el número de partes implicadas y facilita la gestión del sistema;
- Los problemas de higiene, sobre todo en el caso de las botellas de plástico para leche y otros envases para alimentos, son una de las razones por las que estos envases no se han incluido entre los SDDR existentes.²

Las botellas de vino y de licores también quedan excluidas, ya que suelen consumirse durante un período de tiempo más prolongado, no es tan habitual que se

¹ <http://www.bottlebill.org/about/benefits/curbside.htm>

² ERM (2008) *Review of Packaging Deposits System for the UK*, Informe final elaborado para Defra, diciembre de 2008.

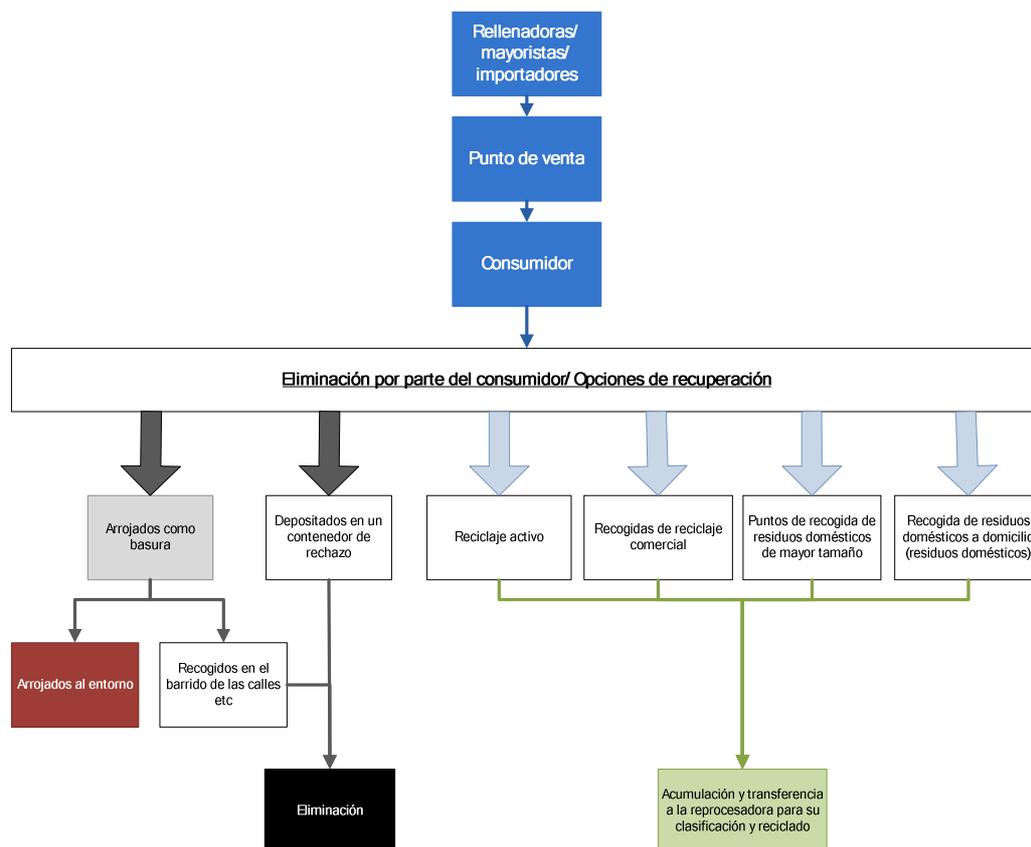
consuman en la calle o yendo de un lado a otro y, por lo tanto, es menos probable que terminen en la basura.

El sistema propuesto se centra en los envases no rellenables, ya que un SDDR fomentaría tanto la recogida de los envases no rellenables adquiridos fuera de casa como los consumidos en el hogar. Centrarse en los envases no rellenables explota el potencial de incremento de los índices de reciclaje (y, por lo tanto, el mejor uso de los recursos y la disminución de la extracción de recursos primarios), permite la reducción de los niveles de basura arrojada y el aumento de la calidad del material recogido para su reciclaje a través del mecanismo de depósito.

A.1.2 Referencia

A la hora de elaborar el modelo de análisis coste-beneficio, el primer paso fue tener en cuenta los flujos de materiales en España, dónde se originan los residuos, qué porcentaje de los mismos se recicla y qué porcentaje acaba teniéndose que eliminar. La Figura A-2 muestra los posibles flujos de materiales en nuestro universo de envases (antes del SDDR).

Figura A-2: Posibles flujos de materiales de envases (antes del SDDR)



A efectos de los supuestos del modelo, los datos utilizados son lo más actuales posibles, y el modelo se basa, siempre que es posible, en cifras de 2010. Para garantizar una comparación lo más directa posible entre los efectos de la introducción del SDDR y los valores de referencia, ambos escenarios corresponden al mismo año (es decir, 2010). Esto permite eliminar la necesidad de establecer

hipótesis respecto a la inflación y la incertidumbre sobre cambios futuros de factores como el coste de eliminación. A pesar de todo, también se lleva a cabo un análisis de sensibilidad sobre factores como los costes de eliminación de residuos, a fin de estudiar el impacto financiero de la posible introducción/aumento de la tasa sobre el vertido en toda España.

A.1.2.1 Modelo de recogida de residuos domésticos en áreas de aportación

En este apartado se describe cómo se han obtenido los flujos de masas de referencia para el modelo de recogida de residuos domésticos en áreas de aportación.

Población

El modelo de recogida de residuos domésticos se basa en los residuos que se generan por persona en España y en las diferencias en la logística de recogida según las distintas distribuciones de la población: urbana, semi-urbana o rural. Así pues, en la Tabla A-1 se indica la población total de cada comunidad autónoma y el porcentaje de población perteneciente a cada uno de los tres grupos de clasificación. En la Tabla A-2 se muestra un resumen de las estadísticas en las que se basa este modelo; es decir, la población total de las áreas urbanas, las áreas semi-urbanas y las áreas rurales.

Tabla A-1: Población y datos de clasificación de las 19 Comunidades Autónomas de España

Comunidad Autónoma	Población	Hogares	Urbanos	Semi-urbanos	Rurales
Andalucía	8.202.220	2.417.179	51%	38%	10%
Aragón	1.326.918	443.243	61%	21%	17%
Asturias	1.080.138	389.402	59%	35%	7%
Islas Baleares	1.072.844	305.478	42%	53%	5%
País Vasco	2.157.112	741.408	48%	43%	9%
Islas Canarias	2.075.968	552.497	53%	44%	3%
Cantabria	582.138	182.656	42%	37%	21%
Castilla-León	2.557.330	889.275	54%	26%	20%
Castilla-La Mancha	2.043.100	610.272	32%	41%	28%
Cataluña	7.364.078	2.315.856	56%	36%	8%
Ceuta	77.389	19.399	100%	0%	0%
Extremadura	1.097.744	366.926	29%	40%	30%

Comunidad Autónoma	Población	Hogares	Urbanos	Semi-urbanos	Rurales
Galicia	2.784.169	900.605	36%	47%	17%
La Rioja	317.501	101.439	52%	31%	17%
Madrid	6.271.638	1.873.792	85%	13%	2%
Melilla	71.448	17.926	100%	0%	0%
Murcia	1.426.109	378.252	56%	43%	1%
Navarra	620.377	188.772	35%	39%	26%
Comunidad Valenciana	5.029.601	1.492.792	47%	46%	8%
Total	46.157.822	14.187.169	54%	35%	10%

Tabla A-2: Resumen de las estadísticas de población y número de hogares de España

	Urbanos	Semi-urbanos	Rurales	Total
Población total	24.997.781	16.345.647	4.814.394	46.157.822
Número total de hogares	7.662.221	5.011.057	1.513.891	14.187.169

Modelo de flujos de masas

Se calcula que en España se generan de media 1,49 kg de residuos por persona y día. Esta cifra se basa en diversas fuentes, como EuroStat, que habla de 547 kg por persona y año en 2009, o Gallardo, que habla de 1,26 kg por persona y día de residuos depositados en los puntos de recogida de las áreas urbanas.^{3, 4} Partiendo de las estadísticas de residuos de cada comunidad autónoma, se calculó la media de los habitantes de las áreas urbanas, semi-urbanas y rurales, como se muestra en la Tabla A-3. Se asume que dichas estadísticas engloban todos los residuos municipales, incluido el barrido de calles, las papeleras, puntos limpios y algunos residuos comerciales. Por este motivo, rebajamos un 25% la cantidad total de

³ Eurostat (2009) Country Profiles, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/guip/mapAction.do?mapMode=dynamic&indicator=tsien120#tsien120>

⁴ Gallardo, A., Bovea, M. D., Colomer, F. J., Prades, M. and Carlos, M. (2010) Comparison of Different Collection Systems for Sorted Household Waste in Spain, *Waste Management*, Vol.30, 2430-2439.

residuos para equilibrar los flujos de masas procedentes de los puntos de recogida domiciliaria con los procedentes de otras fuentes. Así pues, se estima que mediante este sistema de recogida de residuos se recoge una media de 1,12 kg por persona y día.

Tabla A-3: Cantidad total de residuos generados (en kg) por persona y día

	Urbanos	Semi-urbanos	Rurales	Media
Media total de residuos (kg/persona/día)	1,52	1,49	1,38	1,49
Media de residuos recogidos a través de los puntos de recogida (kg/persona/día)	1,14	1,12	1,04	1,12

La composición de los residuos de cualquier país es algo difícil de calcular. Gallardo (2010) calculó la composición de los residuos en España analizando datos procedentes de 45 municipios de más de 50.000 habitantes, que representaban un total aproximado de 8,5 millones de habitantes. Los resultados de dicho análisis se resumen en la segunda columna de la Tabla A-4; para su comparación, en la tercera columna se muestra la composición de los residuos del Reino Unido. Tal como se puede apreciar, los datos son bastante parecidos.

La composición básica no es lo suficiente detallada para incluir el material de envasado propio de un SDDR; por lo tanto, es necesario realizar ajustes para separar este componente del flujo de residuos. Los supuestos realizados para ajustar la composición fueron las siguientes:

- El total de residuos por persona de la Tabla A-3 multiplicado por el total de población de la Tabla A-2 arroja unos residuos totales de 25.175.219 toneladas al año.
- Aplicando la composición de Gallardo de la segunda columna de la Tabla A-4, se obtienen las toneladas por año de cada tipo de material que podría considerarse un "potencial" material para el sistema de depósito.
- El siguiente paso fue determinar qué proporción de cada tipo de potencial material de SDDR eran realmente envases de bebidas y qué proporción eran envases de otro tipo.
- Se utilizaron datos de la empresa Canadean® (especialista en información sobre el sector de la bebida) para determinar la cantidad de material con depósito comercializado (en la Tabla A-5 se dan los pesos medios utilizados para calcular las cantidades a partir de los datos unitarios de Canadean).

Cabe señalar que, en función del material, se añadieron entre 2 y 5 g por el tapón del envase.⁵

- A continuación, se utilizó la cantidad total de envases comercializados en el mercado español, mostrado en la Tabla A-6, para determinar la fracción de envases de bebidas de cada "potencial" material con depósito, separando así los materiales de SDDR de la composición global. La composición ajustada final se muestra en la última columna de la Tabla A-4.

Tabla A-4: Composición de los residuos domésticos generados en España

Material	Composición ⁶	Composición ajustada*
Vidrio – Otros	7%	4,0%
Vidrio - Bebidas, excepto vino*		2,9%
Bricks – Otros	1%	1,1%
Bricks – Bebidas		0,2%
Metal – Otros	4%	3,0%
Metal - Latas de aluminio*		0,1%
Metal - Latas de acero*		0,5%
Materia orgánica	42%	41,9%
Plástico - Botellas de PET*		0,6%
Plástico – Otros	10%	9,6%
Papel y cartón	20%	19,7%
Caucho	1%	0,5%
Arena, piedra, tierra	3%	3,4%
Textiles	2%	2,2%
Madera	1%	0,6%

⁵ Canadean (2010) *Global Packaging Service 2010 Cycle: Germany and Spain*.

⁶ Gallardo, A., Bovea, M. D., Colomer, F. J., Prades, M. y Carlos, M. (2010) *Comparison of Different Collection Systems for Sorted Household Waste in Spain*, Waste Management, Vol. 30, 2430-2439.

Material	Composición ⁶	Composición ajustada*
Varios	9%	9,0%
Rechazo	1%	0,6%
Total	100%	100%
Notas		
*Aquí la composición se desglosa para identificar el porcentaje de envases de bebida presentes en los residuos domésticos según el tipo de material.		

La composición ajustada resultante se utilizó en el modelo para determinar los flujos de masas específicos de cada material. Las distintas fuentes de información no siempre llegan a un consenso en cuanto a los análisis de composición; las cifras de Ecoembes, por ejemplo, indican que el brick solo supone el 0,6% del total de residuos, mientras que según SIG-Combibloc (especialista en soluciones de embalaje), el vidrio solo representa el 1,3% y el plástico el 2,78% del total del flujo de residuos.⁷ Sin embargo, estos valores tan bajos conllevarían un número de envases en el flujo de residuos considerablemente inferior al número de envases de bebidas comercializados; así pues, hemos utilizado los cálculos y los valores descritos anteriormente para determinar los flujos de masas.

Tabla A-5: Peso medio de los envases de bebida en el SDDR (vacíos)

Material	Bebida	Volumen* (cc)	Peso utilizado para los datos de España (g)
Vidrio	Refresco	20	151
	Cerveza	25	151
	Cerveza	33	222
	Cerveza	100	461
LPB	Refresco	20	13
	Refresco	33	18
	Refresco	100	41
	Refresco	150	57
Metal	Refresco	25	22
	Cerveza, refresco	33	25
Plástico	Agua	33	12

⁷ <http://www.sig.biz/site/en/index.html>

Material	Bebida	Volumen* (cc)	Peso utilizado para los datos de España (g)
	Refresco	50	16
	Refresco	100	33
	Refresco, agua	150	29
	Refresco, agua	200	39
	Agua	500	115

Nota: * Para abreviar, sólo incluimos los volúmenes de los envases que se venden más de 100 millones de unidades al año.

Tabla A-6: Toneladas de materiales con depósito comercializados en España en 2009

Material	Envases de bebidas con depósito comercializados (toneladas) ⁸
Botellas de vidrio	726.953
Botellas de PET	179.304
Botellas de HDPE	3.501
Latas de aluminio	33.884
Latas de acero	135.535
Brick	50.980
Total	1.130.157

Índices de reciclaje

Los índices de reciclaje actuales, al igual que la composición, varían según la fuente de información. En la Tabla A-7 se muestran tres ejemplos, además de los valores utilizados en el modelo que se detallan en las celdas sombreadas. Es importante señalar que estos valores no son los índices de reciclaje finales que suele publicar Ecoembes, etc. y que incluyen la recuperación de materiales reciclables procedentes del tratamiento de los residuos remanentes. Los índices de reciclaje que aparecen en esta tabla corresponden únicamente a los materiales que se recogen de forma

⁸ Canadean (2010) *Global Packaging Service 2010 Cycle: Germany and Spain*.

selectiva y que pasan por el sistema de puntos de recogida domiciliaria en España, ya que éste es el sistema que nos interesa modelizar.

Los índices de reciclaje del SDDR se basan en el índice de reciclaje de referencia para España. Asumimos que, al introducir el SDDR, el 92,5% de los envases sujetos a depósito que actualmente van a los contenedores de recogida selectiva para residuos domésticos irían a parar al SDDR. Esto supondrá un índice de devolución total del SDDR del 89% cuando se combine con las otras fuentes de residuos contempladas en el modelo de flujos de masas, ya que en los sectores comercial e industrial el índice de devolución sería inferior, de aproximadamente el 78%. El razonamiento lógico de los probables índices de devolución se explica en el Apéndice A.3.1. El 7,5% de envases domésticos del SDDR restante se quedará en el sistema de recogida domiciliaria. El índice de reciclaje de aquellos envases que conllevan un depósito y que todavía se recogen mediante el sistema de recogida domiciliaria se calcula cogiendo el 7,5% de envases no devueltos del SDDR y multiplicando dicha cifra por el índice de reciclaje de referencia. Tomemos como ejemplo el caso del vidrio: el 51% del 7,5% de envases que no se devuelven al SDDR se recicla, lo que significa que un 3,9% del vidrio con depósito se recicla en el sistema de recogida domiciliaria, mientras que el 3,6% restante se queda en el flujo de residuos remanentes del sistema de recogida domiciliaria.

Tabla A-7: Índices de reciclaje de potenciales materiales del SDDR (los valores utilizados en el modelo aparecen sombreados).

Material	Índices de reciclaje actuales de ejemplo			Índices de reciclaje para el SDDR	
	Basado en Gallardo et al. (2010) ⁹	Materiales recogidos selectivamente ¹⁰	Cifras totales de reciclaje ¹¹	Valores de referencia de envases recogidos de forma domiciliar que se devuelven ahora al SDDR	Envases SDDR reciclados mediante recogida domiciliar
Vidrio	44%	51%	36%	92,2%	4.0%
Brick	18%	-	30%	92,2%	1,4%
Metales (total)	8%	17%			
Metales (aluminio)	-	6%		92,2%	0,5% Aluminio
Metales (hierro)	-	19%		92,2%	1,5% Hierro
Plástico	10%	23%		92,2%	1,8%

⁹ Gallardo, A., Bovea, M. D., Colomer, F. J., Prades, M. y Carlos, M. (2010) *Comparison of Different Collection Systems for Sorted Household Waste in Spain*, Waste Management, Vol. 30, 2430-2439.

¹⁰ Fundació per a la Prevenció dels Residus i el Consum Responsable (2011) *Análisis de los Resultados de Recuperación de Residuos de Envases en 2008*, julio de 2011.

¹¹ Calculadas a partir de las estadísticas oficiales de reciclaje del INE (Instituto Nacional de Estadística) (2009), disponibles en <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t26/e068/p01/a2009&file=pcaxis>, y de varias fuentes autonómicas, como: Junta de Andalucía (1999) *Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Urbanos de Andalucía*, http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/aplicaciones/Normativa/ficheros/d218_99.rtf; COGERSA (2008), Informe anual Cogersa 2008, <http://www.cogersa.es/metaspaces/file/24959.pdf>; Junta de Castilla y León (2005), *Plan Regional de Ámbito Sectorial de Residuos Urbanos y Residuos de Envases de Castilla y León 2004-2010*, http://www.jcyl.es/web/jcyl/binarios/368/922/Decreto_18_2005.pdf; Junta de Castilla-La Mancha (2009), *Plan de Gestión de Residuos Urbanos 2009-2019*, http://pagina.jccm.es/medioambiente/planes_programas/plan%20de%20ru%20de%20castilla%20la%20mancha_v2.pdf; Xunta de Galicia (2010), *Plan De Xestión de Residuos Urbanos de Galicia (PXRUG) 2010-2020*, http://cmati.xunta.es/portal/webdav/site/cptopv/shared/es/pdfs/SXCAA/PXRUG/1.Plan_de_xestion.pdf.

A.1.2.2 Papeleras, limpieza viaria y envases abandonados

Tal como se ha comentado anteriormente, en España, los datos sobre flujos de residuos no siempre se desglosan en los distintos flujos de masas, que sería lo ideal para modelizar la población de envases de bebida. De hecho, las cifras de residuos domésticos también suelen incluir algunos residuos comerciales, mientras que los datos sobre la basura abandonada (littering) y limpieza viaria se mezclan con mucha frecuencia con los de los envases rechazados o reciclados en contenedores, en lugar de darse como flujos de residuos independientes.

Para hacer una estimación de los flujos de masas procedentes de las papeleras y el barrido de calles utilizamos los datos de kg por habitante y año del área de Barcelona correspondientes al período 2009/10.¹² Reconociendo que, probablemente, se trata de una estimación muy al alza de la basura arrojada y del barrido de calles en toda España, debido en parte a la gran población turística, a la necesidad de limpiar las playas de esa área y a que Barcelona es una región urbana con una alta densidad de población, rebajamos los valores un 70%. De esta forma, se obtuvo un flujo de masas de los residuos de las papeleras y el barrido de calles que representa el 2,2% de los residuos totales por habitante. Cabe señalar que esta cifra no difiere mucho de la del Reino Unido, donde la basura procedente de estas fuentes se mide con más detalle y, según los datos, representa el 3% de los residuos municipales.¹³ La siguiente estimación sobre la composición de la basura se realizó utilizando la composición habitual de residuos de Escocia, así como supuestos de carácter general, a fin de determinar las toneladas de envases de bebida recogidas mediante este flujo de residuos:

- 11,4% de envases de vidrio.
- 8% de botellas de plástico (se asume que el 80% de ellas son de PET o HDPE).
- 5,1% de latas metálicas (se asume que el 90% de ellas son latas de bebida).
- 9,8% de cartón (se asume que el 10% del mismo son cartones de bebidas).¹⁴

También asumimos que el 1% del total de envases comercializados termina arrojado al entorno, es decir, no es recogido por el servicio de barrenderos (equivale a 180 millones de envases al año).

En la Tabla A-8 aparece una estimación de las toneladas de envases de bebidas procedentes del vaciado de papeleras y el barrido de las calles.

¹² Comunicación personal con Carlos Vázquez, jefe del Departamento de Gestión de Residuos del Ayuntamiento de Barcelona, 25 de noviembre de 2011.

¹³ North London Waste Authority (2007) Recycle on the Go Consultation

¹⁴ Basado en una composición habitual de la basura (% en peso) extraída del siguiente estudio: AEA y Wasteworks (2010) *The Composition of Municipal Solid Waste in Scotland*, Report for Zero Waste Scotland and Natural Scotland, abril de 2010.

A.1.2.3 Puntos Limpios

Actualmente existe un cierto número de Puntos Limpios en toda España (también denominados, según el lugar, ecoparques o "deixalleries"), donde los ciudadanos pueden llevar sus residuos para su tratamiento posterior. Admiten tipos de residuos que no se suelen recoger en contenedores específicos, como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa o aceite de cocina. Las cifras sobre envases de bebida recogidos de forma selectiva para su reciclaje en los Puntos Limpios se basan en los datos del área metropolitana de Barcelona, convertidas a kg por habitante y año y ampliadas para el conjunto de España.¹⁵ En la Tabla A-8 aparece la estimación de las toneladas de envases de bebida recogidas en los Puntos Limpios.

A.1.2.4 Productos comercializados totales / Residuos totales / Residuos comerciales e industriales

En este estudio, la definición de residuos comerciales e industriales engloba todos los residuos no procedentes del ámbito doméstico. Esto incluye envases de bebida depositados en contenedores de rechazo o reciclaje de empresas comerciales o industriales. Cabe señalar que la Ley 11/1997 y la Orden de 27 de abril de 2008 vigentes sólo se aplican a los envases y embalajes domésticos; los comerciales e industriales sólo están sujetos a un SDDR de forma voluntaria. No obstante, dada la dificultad actual para diferenciar los residuos de origen doméstico de los de origen comercial, en este estudio los envases de origen comercial e industrial forman parte de los valores de referencia de los flujos de masas.

Para calcular la cantidad de envases de bebida recogidos de fuentes no domésticas, nuestro enfoque simplificado estima que:

Envases de origen comercial e industrial	=	Total de envases comercializados - Envases recogidos en otros flujos de residuos para reciclaje y tratamiento y/o eliminación
--	---	---

La cifra "Total de envases comercializados" se calcula a partir de las estimaciones conocidas del número total de envases comercializados y del peso medio de un envase. La empresa Canadean® (especialista en información sobre el sector de la bebida) nos facilitó datos sobre las cantidades de las distintas bebidas, por tipo de envase, comercializadas en España entre 2003 y 2010, así como previsiones hasta 2015.

Los pesos de los envases se determinaron a partir del tipo de material y del tamaño del envase. Estos datos nos permitieron calcular el peso total de los envases comercializados en España cada año. Si restamos las toneladas de envases de bebida procedentes de los residuos domésticos, los puntos limpios y la basura para reciclaje y eliminación del peso total de los envases comercializados en España, la cifra obtenida indica la cantidad relativamente pequeña de envases de bebida que se

¹⁵ <http://www.deixalleries.com/interes8.php?ANO=2010>

recogerían de fuentes comerciales e industriales, con una estimación de que el 10% de dicha cantidad se reciclaría y el resto se recogería en el flujo de rechazo. En la Tabla A-8 aparece la cifra total y las toneladas de envases comercializados y la cantidad de envases abandonados en el entorno.

A.1.2.5 Cifras de referencia resumidas

La Tabla A-8 muestra los valores de referencia de los flujos de masas que se utilizaron para realizar los cálculos posteriores con el fin de determinar los costes financieros asociados a la introducción de un SDDR. Al ser éste un estudio de alto nivel, no se pudo realizar un análisis completo de las franjas y las incertidumbres del modelo. No obstante, consideramos que los cálculos de la Tabla A-8 resultan razonables, estando, como están, basados en un argumento razonado, y racionalizados al máximo posible.

A.1.3 Introducción de un SDDR

En este apartado se describe el escenario central que se ha modelizado para la introducción de un sistema de depósito, devolución y retorno en España. En este marco, el sistema de recogida selectiva para envases domésticos seguiría funcionando en paralelo al SDDR, pero damos por supuesto que los ciudadanos ya no tirarían la mayoría de sus envases de bebida con depósito en esos contenedores, sino que preferirían utilizar el SDDR para recuperar sus depósitos.

Como se ha visto en el Apéndice A.1.2.1, el escenario del SDDR conlleva cambios de flujos de masas si se compara con el escenario de referencia. Para determinar la magnitud del cambio, hicimos una estimación de la situación más probable tras la implantación del SDDR, para a continuación calcular la diferencia respecto al escenario de referencia.

En ambos casos, los flujos de masas se ajustaron para que el índice de devolución total del SDDR se fijara en unos niveles razonables. La justificación de los probables índices de devolución se explica en el Apéndice A.3.1.

Reflejando la experiencia de otros países con SDDR, también hemos planteado un cambio en el porcentaje de ventas de latas de bebidas de acero en comparación con las latas de aluminio. La proporción actual de latas de acero y aluminio en España es de aproximadamente el 80% de acero y el 20% de aluminio.¹⁶ España posee un importante historial de fabricación de embalajes de acero y, por consiguiente, la proporción actual entre el acero y el aluminio en el sector de los envases de bebida no es muy habitual.¹⁷ Sin embargo, esto hace que, al introducir un SDDR en un mercado dominado por el acero, la parte de los costes del sistema que quedaría cubierta por el valor del residuo de acero será menor que si las latas fueran, por

¹⁶ Fuente industrial europea anónima (2011)

¹⁷ <http://www.roeslein.com/laselva-spain.html>,
<http://www.arcelormittalpackaging.com/pdf/Publi%20Canmaker.pdf>,
<http://www.apeal.org/uploads/Library/Environmental%20Brochure.pdf>

ejemplo, fabricadas principalmente en aluminio. En la mayoría de los SDDR existentes, variar la tasa que pagan los fabricantes según el valor del material anima a los fabricantes a pasarse a materiales de mayor valor para contener los costes del SDDR, lo que conlleva que prácticamente el 100% de las latas de bebida se hagan en aluminio y no en acero. Por ello, los operadores del sistema, fabricantes y minoristas españoles podrían empezar a buscar opciones como cambiar su mezcla de materiales con objeto de reducir los costes globales del sistema actual. Por consiguiente, tras la introducción del SDDR planteamos lo que consideramos una proporción relativamente conservadora de latas de bebida comercializadas: un 80% de aluminio y un 20% de acero.

En el Apéndice A.1.2.1 se ha descrito el cálculo del cambio experimentado por los flujos de masas de la recogida selectiva para envases domésticos. En cuanto al resto de flujos de residuos, se asume que el mismo porcentaje de reducción se aplica al número de envases recogidos en cada ruta de gestión de residuos (diferente a la recogida selectiva para envases domésticos) para lograr un índice de devolución total en el SDDR del 90%.

En realidad, podría ser que se redujera más el número de envases recogidos en rutas de gestión de residuos específicas que en otras. Por ejemplo, a una persona le resultaría más fácil coger envases de las papeleras o del entorno que hacerlo del interior de los contenedores o de las rutas de residuos comerciales. Por tanto, cabría esperar que el número de envases de bebida encontrados en las papeleras o en el entorno fuera menor que los encontrados en contenedores o rutas de residuos comerciales. No obstante, dada la falta de evidencias que apoyen esta teoría, el modelo se ha planteado con la misma reducción de envases de bebida para todas y cada una de las rutas de gestión.

La Tabla A-9 muestra el cambio estimado de flujos de masas de residuos como consecuencia de la implantación de un SDDR en España, mientras que en la Tabla A-10 se indican los flujos de masas que se originan como resultado de la implantación del SDDR y el número de envases que se recogen mediante el sistema SDDR.

Tabla A-8: Valores de referencia de los flujos de masas para el modelo de costes

Productos	N.º de envases con depósito (millones) comercializados	Peso (miles de toneladas)								
		Comercializados	Recogida domiciliaria		Puntos Limpios – sólo reciclaje	Comerciales		Abandonados		
			Reciclaje	Rechazo		Reciclaje	Rechazo	Reciclaje	Rechazo	Entorno
Botellas de vidrio	3.433	715	280	264	1,01	10	93	10	50	7
Botellas de PET/HDPE	5.719	180	31	105	0,21	1	7	6	28	2
Latas (acero)	5.405	131	19	82	0,05	1	7	3	17	1
Latas (aluminio)	1.351	33	1	24	0,05	0	3	1	3	0
Bricks	2.183	51	7	31	0,06	1	7	1	4	1
Total	18.091	1.111	339	507	1,36	13	117	20	102	11

Tabla A-9: Cambio en los flujos de masas debido a la introducción del SDDR

Productos	Cambio en peso (miles de toneladas)									
	Total de residuos	Recogida domiciliaria		Puntos Limpios - sólo reciclaje	Comerciales		Basura			mediante SDDR
		Reciclaje	Rechazo		Reciclaje	Rechazo	mediante SDDR	Rechazo	Entorno	
Botellas de vidrio	0	-260	-245	-1	-8	-73	-8	-39	-6	639
Botellas de PET/HDPE	0	-29	-98	0	-1	-5	-4	-22	-1	161
Latas (acero)	-98	-19	-81	0	-1	-7	-3	-16	-1	29
Latas (aluminio)	98	-1	-17	0	0	0	0	0	0	117
Bricks	0	-6	-29	0	-1	-5	-1	-3	0	46
Total	0	-315	-470	-1	-10	-91	-16	-80	-9	992

Tabla A-10: Flujos de masas como resultado de la introducción del SDDR

Productos	Peso total (miles de toneladas)										N.º de envases con depósito (millones) recogidos mediante SDDR
	Total de residuos	Recogida domiciliaria		Puntos Limpios - sólo reciclaje	Comerciales		Basura			mediante SDDR	
		Reciclaje	Rechazo		Reciclaje	Rechazo	mediante SDDR	Rechazo	Entorno		
Botellas de vidrio	715	20	19	0,221	2	20	2	11	2	639	3.066
Botellas de PET/HDPE	180	2	7	0,045	0	2	1	6	0	161	5.108
Latas (acero)	33	0	1	0,003	0	0	0	1	0	29	1.209
Latas (aluminio)	131	0	7	0,043	0	3	1	3	0	117	4.837
Bricks	51	0	2	0,012	0	1	0	1	0	46	1.944
Total	1.111	23	37	0,325	3	27	4	22	2	992	16.166

A.2.0 Sistema actual de recogida selectiva de envases domésticos

En este apartado se describen los principales supuestos utilizados para el actual modelo de recogida selectiva para envases domésticos en toda España.

A.2.1 Modelización de la recogida

A menos que se indique lo contrario, todos los supuestos se basan en el informe de Ecoembes.¹⁸ Las principales diferencias entre los supuestos utilizados en el informe de Ecoembes y los utilizados en nuestro modelo de recogida son las siguientes:

- En el informe de Ecoembes no se detallaba el modelo de los flujos de masas anterior.
- Se asume que los contenedores de recogida están llenos al 66% cuando se recogen, pero no se aborda la cuestión de la frecuencia de recogida.
- En nuestro modelo, el coste de los vehículos se ha anualizado a 8 años, en lugar de a 9 años.
- Las horas de trabajo para el personal han aumentado hasta 1.800 anuales en nuestro modelo, en comparación con las 1.554 - 1.806 horas anuales utilizadas por las distintas comunidades autónomas en el informe de Ecoembes. Por otro lado, se han planteado 7 horas de trabajo al día, en lugar de las 7,5 horas del informe de Ecoembes, para contemplar contingencias como tiempo de descanso, averías, atascos, etc.
- La tasa de absentismo utilizada es del 10% en lugar del 5%.
- Se ha supuesto un beneficio industrial del 10% en lugar del 5%.

A.2.1.1 Supuestos sobre los contenedores de recogida

Se han modelizado cuatro sistemas de recogida utilizando distintos tipos de contenedores:

1. Iglú.
2. carga trasera.
3. carga lateral.
4. soterrados.

La proporción de estos cuatro sistemas en España se muestra en la Tabla A-11. Asumimos la misma proporción para las áreas urbanas, semi-urbanas y rurales.

¹⁸ Ecoembes (2007) *Estudio para la Determinación de la Fórmula de Pago de Aplicación a la Recogida Selectiva de Envases Ligeros*, September 2007

Tabla A-11: Proporción de los cuatro tipos de contenedores predominantes en España

Sistema	% del sistema de contenedores ¹⁹
Iglú	35,31%
Carga trasera	21,28%
Carga lateral	33,61%
Soterrados y otros	9,80%

El volumen de los cuatro tipos de contenedores se muestra en la Tabla A-12. Se estima que la distribución geográfica de los contenedores en litros por persona varía por tipo de contenedor y por tipo de población. Dado que la población de las áreas rurales está más dispersa, deberá preverse un mayor volumen por persona para mantener un tiempo de desplazamiento razonable hasta el contenedor. Por otro lado, en las áreas urbanas, donde las personas viven más cerca las unas de las otras, se podrá prever un volumen menor, ya que la distancia al contenedor seguirá siendo pequeña.

Tabla A-12: Especificaciones y distribución de los contenedores

Tipo de contenedor	Volumen (m ³)	Distribución geográfica de los contenedores (litros por persona)		
		Rurales	Semi-urbanos	Urbanos
Iglú	2,5	9,09	6,25	5,00
Carga trasera	1,0	10,00	8,33	7,69
Carga lateral	2,4	9,60	8,00	6,86
Soterrado	4,0	10,00	8,00	6,67

La densidad estimada de los materiales de los contenedores se muestra en la Tabla A-13. La densidad de residuos remanentes y de embalajes ligeros se basa en el

¹⁹ Ibáñez, E. (2011) *Gestión de Envases. Sistema Integrado de Gestión*. Workshop Zero Waste, Barcelona, 10 de febrero de 2011, diapositiva 19, disponible en http://www.sostenipra.cat/Zero_waste_Workshop/41.pdf

informe de Ecoembes, mientras que la densidad del vidrio se basa en la modelización efectuado en el Reino Unido.²⁰

Tabla A-13: Densidad de materiales en los contenedores

	Vidrio	Embalajes ligeros	Residuales
Densidad (kg/m ³)	250	25	125

El coste de capital de los contenedores y el porcentaje estimado de costes de mantenimiento y sustitución se muestran en la Tabla A-14. El coste de capital del contenedor (incluida la entrega) se anualiza durante el tiempo de vida útil del contenedor a un tipo de interés del 5%. Los costes anuales totales de los contenedores, incluido el capital anualizado, el lavado, el reabastecimiento y el mantenimiento se muestran en la Tabla A-15.

Tabla A-14: Supuestos sobre el coste de los contenedores

Contenedor	Coste del capital	Coste de entrega	Mantenimiento y sustitución (% del capital)
Iglú	445,40 €	26 €	11%
Carga trasera	199,92 €	15 €	11%
Carga lateral	692,60 €	70 €	11%
Soterrado	5.555 €	0 €	2%

²⁰ Resource Futures (2009) *Bulk Density Study: Phase 2*, Report for WRAP, abril de 2009.

Tabla A-15: Costes anuales de los contenedores

Contenedor	Clasificación	Vida útil del contenedor	Número de lavados al año	Coste por lavado	Coste anual total por contenedor
Iglú	Rurales	9	4	15,79 €	174,82 €
	Semi-urbanos	8,5	6,5	14,66 €	209,89 €
	Urbanos	8	7	13,53 €	212,62 €
Carga trasera	Rurales	8	4	5,64 €	75,48 €
	Semi-urbanos	7,5	6,5	5,07 €	87,57 €
	Urbanos	7,5	8	4,51 €	90,69 €
Carga lateral	Rurales	10	4	9,02 €	201,96 €
	Semi-urbanos	10	7	9,02 €	229,02 €
	Urbanos	10	8	7,89 €	229,00 €
Soterrado	Rurales	30	4	15,79 €	535,62 €
	Semi-urbanos	30	6,5	14,66 €	567,75 €
	Urbanos	30	7	13,53 €	567,17 €

A.2.1.2 Supuestos sobre los vehículos

Las especificaciones de los vehículos aparecen en la Tabla A-16. El peso y el volumen de los vehículos son los habituales de los vehículos que se emplean para recoger los residuos en España, facilitando además las tasas de compactación en relación con la densidad de los materiales de la Tabla A-13. La tasa de compactación de los embalajes ligeros se basa en el informe de Ecoembes; se supone que el vidrio no se compacta (es decir, tiene la misma densidad en el contenedor que en el vehículo) y que los residuos remanentes se compactan en un factor de cuatro para no sobrepasar las restricciones de peso de los vehículos en la carretera.

Tabla A-16: Especificaciones de los vehículos

	PMA (toneladas)	Capacidad (m³)	Compactación		
			Embalajes ligeros	Vidrio	Residuos mezclados
Vehículo para iglú	26	20	6,83	1	4
Vehículo para carga trasera	26	22	6,91	1	4
Vehículo para carga lateral	26	25	6,21	1	4
Vehículo para contenedor soterrado	26	20	6,83	1	4

En el informe de Ecoembes, el coste de capital del vehículo se anualiza a 9 años a un tipo de interés del 5%. En España, se puede considerar más habitual anualizar el coste de los vehículos a 8 años, en especial si los vehículos tienen que circular por vertederos, de modo que en el modelo actual lo anualizamos a 8 años a un tipo de interés del 5%. Otros costes de los vehículos son el mantenimiento, que se presupone que es un porcentaje del coste de capital total del vehículo cada año, y los impuestos y el seguro, que se presupone que son una tarifa plana por cada vehículo. Los costes de carburante se basan en el supuesto de que un vehículo medio utiliza 20.000 litros de carburante al año, a un coste de 1,30 € por litro. Los costes totales de los vehículos se muestran en la Tabla A-17. Se supone que los vehículos funcionan durante 298 días al año, tal como se indica en el informe de Ecoembes; es decir, 365 días - 52 domingos - 15 festivos.

Tabla A-17: Coste de los vehículos

	Coste total de capital	Coste anual de mantenimiento (% de capital)	Seguro e impuestos anuales	Coste del carburante	Coste anual total del vehículo
Vehículo para iglú	120.899,33 €	10,83%	2.706,37 €	26.000,00 €	60.506 €
Vehículo para carga trasera	131.031,78 €	10,83%	2.706,37 €	26.000,00 €	63.171 €
Vehículo para carga lateral	171.826,34 €	8,97%	2.706,37 €	26.000,00 €	70.704 €
Vehículo para contenedor soterrado	131.031,78 €	10,83%	2.706,37 €	26.000,00 €	63.171 €

A.2.1.3 Supuestos sobre el personal

El informe de Ecoembes asume que el tiempo de contrato de todo el personal de los vehículos será de entre 1.554 y 1.806 horas al año para las distintas Comunidades Autónomas. Realizando una media, ponderada por población según el porcentaje de población que pertenece a áreas urbanas, semi-urbanas o rurales en España, obtendremos las horas contratadas por año, como se muestra en la Tabla A-18. Este número de horas se considera bastante bajo; suponiendo turnos de 8 horas (incluida una pausa de 30 min) y una semana laboral de 5 días, significa que los equipos de recogida sólo trabajarían 41,6 semanas al año. Por lo tanto, se utilizó la cifra más realista de 1.800 horas al año (45 semanas de 5 días y turnos de 8 horas) como base para el cálculo de los costes de personal en el modelo de contenedores. Basándonos en nuestros conocimientos detallados sobre la logística de la recogida y la necesidad de incluir también un tiempo para pequeñas pausas (descanso y recuperación) y posibles averías de los vehículos, atascos, etc., asumimos que, aunque el personal de los vehículos esté contratado para recoger basura durante 7,5 horas por turno, sus "horas productivas" (es decir, el tiempo dedicado a la recogida y a los viajes desde y hacia la cochera y el vertedero) sólo serían en realidad de 7 horas por turno.

En la Tabla A-19 y la Tabla A-20 se muestran los costes de personal correspondientes a los conductores y los cargadores, respectivamente. Los salarios se han promediado a partir de las cifras publicadas en el informe de Ecoembes para cada Comunidad Autónoma. El informe de Ecoembes utiliza una tasa de absentismo de sólo el 5%, que se nos antoja bastante baja; por ello, en el modelo actual se utiliza un valor del 10% para reflejar con más precisión la cobertura de enfermedades. La fórmula empleada para calcular el coste anual de personal es la misma que la del informe de Ecoembes:

$$\text{Coste anual total de personal} = ((\text{salario} + \text{seguro de vida} + \text{uniforme y equipos}) * (1 + \text{factor de edad})) / (1 - \text{absentismo}).$$

Dado que se asume que el personal sólo trabaja 240 días al año, mientras que los vehículos lo hacen 298 días, los costes de personal se amplían para determinar los costes totales de personal por vehículo, que incluye el personal extra necesario para cubrir todos los turnos y todos los festivos que harían falta para que los vehículos funcionaran durante 298 días al año.

Tabla A-18: Horas anuales contratadas para el personal de los vehículos

	Conductores y cargadores
Urbanos	1.666
Semi-urbanos	1.665
Rurales	1.675

Tabla A-19: Costes de los conductores

	Salario medio	Factor de edad	Absentismo	Seguro de vida	Uniforme y equipos	Coste anual	Coste de personal por vehículo
Urbanos	29.306 €	5%	10%	40,00 €	300,00 €	34.587 €	42.945 €
Semi-urbanos	28.949 €	5%	10%	40,00 €	300,00 €	34.171 €	42.429 €
Rurales	28.661 €	5%	10%	40,00 €	300,00 €	33.834 €	42.011 €

Tabla A-20: Costes de los cargadores

	Salario medio	Factor de edad	Absentismo	Seguro de vida	Uniforme y equipos	Coste anual
Urbanos	25.521 €	5%	10%	40,00 €	300,00 €	30.171 €
Semi-urbanos	25.310 €	5%	10%	40,00 €	300,00 €	29.925 €
Rurales	25.010 €	5%	10%	40,00 €	300,00 €	29.574 €

A.2.1.4 Otros supuestos de costes

Otros costes añadidos al coste total de recogida son:

- Beneficio industrial: el informe de Ecoembes asume que es del 5%, pero en nuestro planteamiento hemos estimado que es del 10%.
- Gastos generales: se estiman en un 12,2%.
- Costes administrativos:
 - En áreas urbanas: 6,5%
 - En áreas semi-urbanas y rurales: 8%.

A.2.1.5 Supuestos de tiempo

Basándonos en la distribución geográfica de los contenedores y en los supuestos de densidad abordados en el Apéndice A.2.1.1, estimamos que los contenedores se llenan de acuerdo con los flujos de masas establecidos en el Apéndice A.1.2.1. Cuando los contenedores alcanzan un porcentaje de llenado "crítico", se supone que son vaciados. Los supuestos de porcentaje de llenado crítico y el cálculo de las consiguientes frecuencias de recogida necesarias (vaciados por semana) se muestran en la Tabla A-21. El porcentaje de llenado crítico del 66% para los embalajes ligeros y del 75% para los residuos mezclados se basan en los supuestos

de Ecoembes, mientras que el porcentaje de llenado para el vidrio se basa en la experiencia del sector.

Tabla A-21: Supuesto de porcentaje de llenado crítico para cada material y frecuencia de recogida semanal resultante basada en los flujos de masas de referencia

	Llenado crítico	Frecuencia de recogida semanal		
		Urbanos	Semi-urbanos	Rurales
Embalajes ligeros	66%	2,32	1,95	1,40
Vidrio	35%	0,51	0,42	0,31
Residuales	75%	5,16	4,45	3,41

La recogida de los contenedores se basa en los supuestos de Ecoembes sobre la cantidad de contenedores que se pueden recoger por hora. Estos supuestos, junto con otros sobre la logística de recogida, se resumen en la Tabla A-22.

Tabla A-22: Supuestos sobre la logística de recogida

Tipo de contenedor	Clasificación	Recogida de contenedores (n.º por hora)	Tiempo desde y hacia la cochera (horas)	Tiempo del recorrido hasta el vertedero (horas)	Tiempo en el vertedero (horas)	Pausa para la comida (horas)
Carga lateral	Rurales	16,17	0,50	1,00	0,08	0,50
	Semi-urbanos	19,02	0,50	0,83	0,08	0,50
	Urbanos	23,13	0,50	0,67	0,17	0,50
Carga trasera	Rurales	29,16	0,50	1,00	0,08	0,50
	Semi-urbanos	33,43	0,50	0,83	0,08	0,50
	Urbanos	47,83	0,50	0,67	0,17	0,50
Iglú	Rurales	9,06	0,50	1,00	0,08	0,50
	Semi-urbanos	10,98	0,50	0,83	0,08	0,50
	Urbanos	12,51	0,50	0,67	0,17	0,50
Contenedor soterrado	Rurales	7,60	0,50	1,00	0,08	0,50
	Semi-urbanos	7,60	0,50	0,83	0,08	0,50
	Urbanos	12,31	0,50	0,67	0,17	0,50

A.2.1.6 Ingresos por material y eliminación

En España, el coste de la tasa por uso de vertedero y del impuesto sobre el vertido varía según la comunidad autónoma. En general, no existe ningún impuesto sobre el vertido, sino que se aplica una tasa por uso de vertedero de unos 30 €, que en Madrid es de 40 €. Cataluña es la única comunidad autónoma con un impuesto sobre el vertido de 10 € y una tasa por uso de vertedero de 50 €. ²¹ El supuesto de "coste de eliminación más bajo" total planteado para cada comunidad autónoma, basado en los costes actuales de eliminación de residuos en vertederos, se muestra en la Tabla A-23, con un promedio ponderado por población de 36,17 € por tonelada.

²¹ UCD Dublin (2010) *Economic Instruments – Charges and Taxes: Landfill Tax (EU)*, publicado el 3/8/10, disponible en <http://www.economicinstruments.com/index.php/solid-waste/article/280->

En España, los costes de eliminación en vertederos actuales son relativamente bajos en comparación con los de otros muchos países europeos. Dada la necesidad de cumplir los requisitos de la Directiva Marco sobre Residuos, que incluye;

- 1) la necesidad de consagrar la jerarquía de residuos en la legislación y la política de gestión de residuos;
- 2) la necesidad de cumplir los objetivos recogidos en el artículo 5 de la Directiva sobre Vertederos,

es probable que el coste de eliminación evitado aumente en los próximos años en España.

Así pues, una cifra más adecuada para el coste de eliminación evitado en el futuro en España podría ser el coste probable de la gestión alternativa de los residuos mezclados. En España, el coste de las instalaciones de incineración y de tratamiento mecánico y biológico (TMB) suele ser de 60-80 € por tonelada, cifra válida para las plantas existentes; es posible que algunas de las plantas cuya construcción haya sido financiada por fondos europeos mantengan los costes en la franja más baja de lo que, de no ser así, podría esperarse. Por lo tanto, para estudiar el impacto financiero que supondría desviar los residuos de los sistemas de recogida existentes y de la eliminación hacia el SDDR, hemos planteado dos escenarios de coste de eliminación: un coste de eliminación más bajo (a los actuales 36,17 € por tonelada para vertedero) y un coste de eliminación más alto (a 80 € por tonelada, es decir, en el extremo más bajo de la horquilla típica de costes de las plantas de TMB/incineración modernas).²² Los supuestos de costes para ambos escenarios se recogen en la Tabla A-23.

Tabla A-23: Coste de eliminación en vertedero del modelo

Comunidad Autónoma	Escenario de coste de eliminación más bajo			Escenario de coste de eliminación más alto
	Impuesto sobre el vertido	Tasa por uso de vertedero	Coste de eliminación total por tonelada	Coste de eliminación total por tonelada
Andalucía	0 €	30 €	30 €	80 €
Aragón	0 €	30 €	30 €	80 €
Asturias	0 €	30 €	30 €	80 €

²² Evidentemente, puede darse el caso de que, en situaciones de exceso de capacidad (respecto a la demanda), los precios sean inferiores a estas cifras. El excedente de capacidad de incineración en el centro y el norte de Europa está provocando una disminución de los precios, llegándose a menudo a tasas de vertido se tan sólo 45 € por tonelada en el mercado.

Comunidad Autónoma	Escenario de coste de eliminación más bajo			Escenario de coste de eliminación más alto
	Impuesto sobre el vertido	Tasa por uso de vertedero	Coste de eliminación total por tonelada	Coste de eliminación total por tonelada
Islas Baleares	0 €	30 €	30 €	80 €
País Vasco	0 €	30 €	30 €	80 €
Islas Canarias	0 €	30 €	30 €	80 €
Cantabria	0 €	30 €	30 €	80 €
Castilla-León	0 €	30 €	30 €	80 €
Castilla-La Mancha	0 €	30 €	30 €	80 €
Cataluña	10 €	50 €	60 €	80 €
Ceuta	0 €	30 €	30 €	80 €
Extremadura	0 €	30 €	30 €	80 €
Galicia	0 €	30 €	30 €	80 €
La Rioja	0 €	30 €	30 €	80 €
Madrid	0 €	40 €	40 €	80 €
Melilla	0 €	30 €	30 €	80 €
Murcia	0 €	30 €	30 €	80 €
Navarra	0 €	30 €	30 €	80 €
Comunidad Valenciana	0 €	30 €	30 €	80 €
Promedio ponderado por la población de cada comunidad autónoma			36,17 €	80 €

Los ingresos por tonelada de material, mostrados en la Tabla A-24, son los valores obtenidos después de que el material se haya procesado a través de una planta de clasificación para separar los diversos flujos de materiales de envasado, y son ingresos netos sobre el coste de transporte posterior hasta la planta de reprocesamiento. Se asume que el coste de clasificación es de 158 € por cada

tonelada de material que va a la instalación de clasificación, más 232 € por tonelada de material ya reciclado que sale de la planta (asumiendo que el 65% del material de entrada es posteriormente reciclado). Esto da un coste de clasificación total de 309 € por tonelada de material entrante.²³

Tabla A-24: Ingresos y costes de clasificación por tonelada de material recogido (nótese que los ingresos son negativos y los costes positivos).

Material	Ingresos por tonelada ²⁴	Coste de clasificación por tonelada	Coste total
Vidrio	-17 €	-	-17 €
PET	-266 €	309 €	42 €
HDPE	-262 €	309 €	47 €
Latas de aluminio	-750 €	309 €	-441 €
Latas de acero	-210 €	309 €	99 €
Brick	0 €	309 €	309 €

A.3.0 El modelo del sistema de depósito, devolución y retorno

Los distintos actores implicados de un sistema de depósito, devolución y retorno son:

- Un organismo gubernamental que autorice el sistema y la financiación asociada y que defina los objetivos de reciclaje para los distintos materiales
- Un organismo central propiedad de y gestionado por (dentro de las restricciones definidas por el órgano competente), por ejemplo, organizaciones no gubernamentales, órganos del sector industrial, fabricantes, cerveceros y minoristas
- Los fabricantes de envases, fabricantes de bebidas e industrias que "llenan" los envases

²³ Basado en cifras de Asplarsem (asociación de plantas de clasificación) de 2006, véase http://asplarsem.com/public/asplarsem.com/mod_listador_simple_a528/formulas-pago/Formula%20Seleccion%20Envases.pdf

²⁴ Basado en cifras de la adjudicación a Ecoembes (2011), véase <http://www.ecoembes.com/es/gestion-del-envase/reciclaje-del-envase/resultados-de-adjudicaciones/envases-ligeros/Paginas/resultado-adjudicaciones-eell.aspx>

- Cualquier minorista que venda bebidas en España
- Todos los consumidores que compren bebidas en España
- Empresas y organizaciones que participan en la recogida, selección y reprocesamiento de los contenedores

Varios actores participan en los flujos de materiales de bebidas (antes y después de su consumo), el pago de los depósitos, otras transacciones financieras y de ventas o datos de devolución de envases. En la Figura A-3 se ofrece un resumen de los elementos clave y de los flujos financieros y de materiales del modelo de SDDR español desarrollado para este estudio.

El sistema desarrollado para este estudio se basa en principios parecidos a los de los sistemas que existen en Dinamarca (Dansk Retursystem), Noruega (Norsk Resirk), Suecia (Returpack), Finlandia (Palpa) y en diversas provincias de Canadá (ENCORP Atlantic Ltd, ENCORP Pacific Inc), aunque los detalles reflejan la estructura española de venta al por menor. El funcionamiento del sistema se describe en los siguientes puntos:

- Dado que las bebidas son producidas y vendidas a mayoristas, o directamente a minoristas, los fabricantes envían sus datos de ventas a un sistema central, junto con un pago equivalente al valor total de los depósitos de los artículos vendidos. Luego, en el momento de la venta, los mayoristas o minoristas devuelven a los fabricantes el coste de los depósitos. Lo mismo sucede cuando los mayoristas venden artículos a los minoristas. Los fabricantes también pagan una tasa administrativa para cubrir los costes restantes del sistema. Estos valores se ajustan de forma periódica para reflejar, entre otros factores, los precios de mercado de los materiales reciclados.
- Cuando el consumidor adquiere una bebida, paga el depósito al minorista, reembolsando de este modo a los minoristas el valor total del depósito.
- Cuando los consumidores devuelven los envases vacíos a las tiendas o a cualquier otro punto de devolución, el minorista les devuelve el depósito. De este modo, son los minoristas quienes cargan con los gastos, que enviarán los datos sobre devoluciones al sistema central, que se encarga de reembolsarles el dinero. De este modo se cierra el círculo de pago de depósitos. Dado que el índice de devolución de envases no es del 100%, el sistema central no tendrá que pagar a los minoristas el importe total de los depósitos, de modo que ese dinero quedará en la organización para financiar su funcionamiento.
- Además del depósito, el sistema central paga al minorista una tasa de manipulación por cada envase devuelto para compensarle por la pérdida de espacio (requisitos de almacenamiento) y de tiempo (de procesamiento del depósito y de recogida de los envases).
- Los envases vacíos devueltos se recogen de varias maneras. Los sistemas de recogida automática utilizan máquinas de devolución de envases (MDE). La recogida también puede realizarse manualmente. En este caso, el minorista

acepta el envase, al pasar el cliente por caja, y lo almacena en bolsas o cajas en la trastienda para su transporte;²⁵

- En los casos en los que los envases se recojan a través de máquinas automáticas, el material clasificado y compactado se podrá transportar directamente hasta un centro de reciclaje o a través de un centro de logística, y los ingresos por materiales se abonarán al sistema central. También se pagarán ingresos por material en los envases recogidos de forma manual, aunque los contenedores deberán transportarse primero a un centro específico para su recuento, clasificación y compactación, antes de llevarlos hasta las instalaciones de reciclaje. Estos costes de logística serán sufragados por el sistema central.
- El sistema central es el punto neurálgico del flujo de información sobre la venta de envases y financiación global del SDDR. Para la implantación del SDDR, incluido todo el apoyo administrativo necesario, se requerirá un inversión considerable que en nuestro modelo será sufragada mediante cuotas de adhesión para fabricantes y minoristas. También habrá costes de funcionamiento asociados a la administración del sistema, que se cubrirán a través de la tasa administrativa que el fabricante paga por cada unidad comercializada. La tasa administrativa total que deben pagar los fabricantes/importadores se calcula restando los costes de recogida, transporte, procesamiento, administración, marketing y tasas de manipulación a los ingresos por materiales y depósitos no reclamados. En otras palabras, la tasa administrativa garantiza que el SDDR sea globalmente "de coste neutro".

Cabe reseñar que el sistema planteado aquí es distinto al que existe en Alemania, donde la organización que gestiona el esquema de depósito, devolución y retorno, el DPG, sólo tiene un papel "supervisor". El sistema alemán es mucho menos centralizado. En él, los minoristas pueden organizar sus propios sistemas de recogida y procesamiento, y los pagos se realizan directamente entre fabricante y minorista (principalmente a través de uno de los seis proveedores de servicios de despacho externos) en lugar de pasar por el sistema central. ¹ A fin de mantener un enfoque lo más simple posible respecto a la implantación de un SDDR en España, hemos preferido basar el modelo del sistema español en el modelo centralizado y aprovechar las experiencias que se han señalado del funcionamiento del sistema

²⁵ Este aspecto es distinto a los sistemas habitualmente empleados en países como el Sur de Australia o Canadá, en donde la recogida se realiza en un pequeño número de centros de recuperación en lugar de hacerlo en cada establecimiento minorista. En nuestra opinión, para maximizar los índices de devolución y eliminar que los consumidores tengan que desplazarse individualmente hasta los centros de recogida para devolver sus envases, en España sería más adecuado instaurar una red más amplia de puntos de recogida, ya que esto eliminaría el impacto medioambiental añadido de estos "desplazamientos específicos" hasta los centros de recogida. Por ello, hemos planteado el sistema sobre la base de un gran número de puntos de recogida tanto manual como automática, similar a los sistemas utilizados en Noruega y Dinamarca.

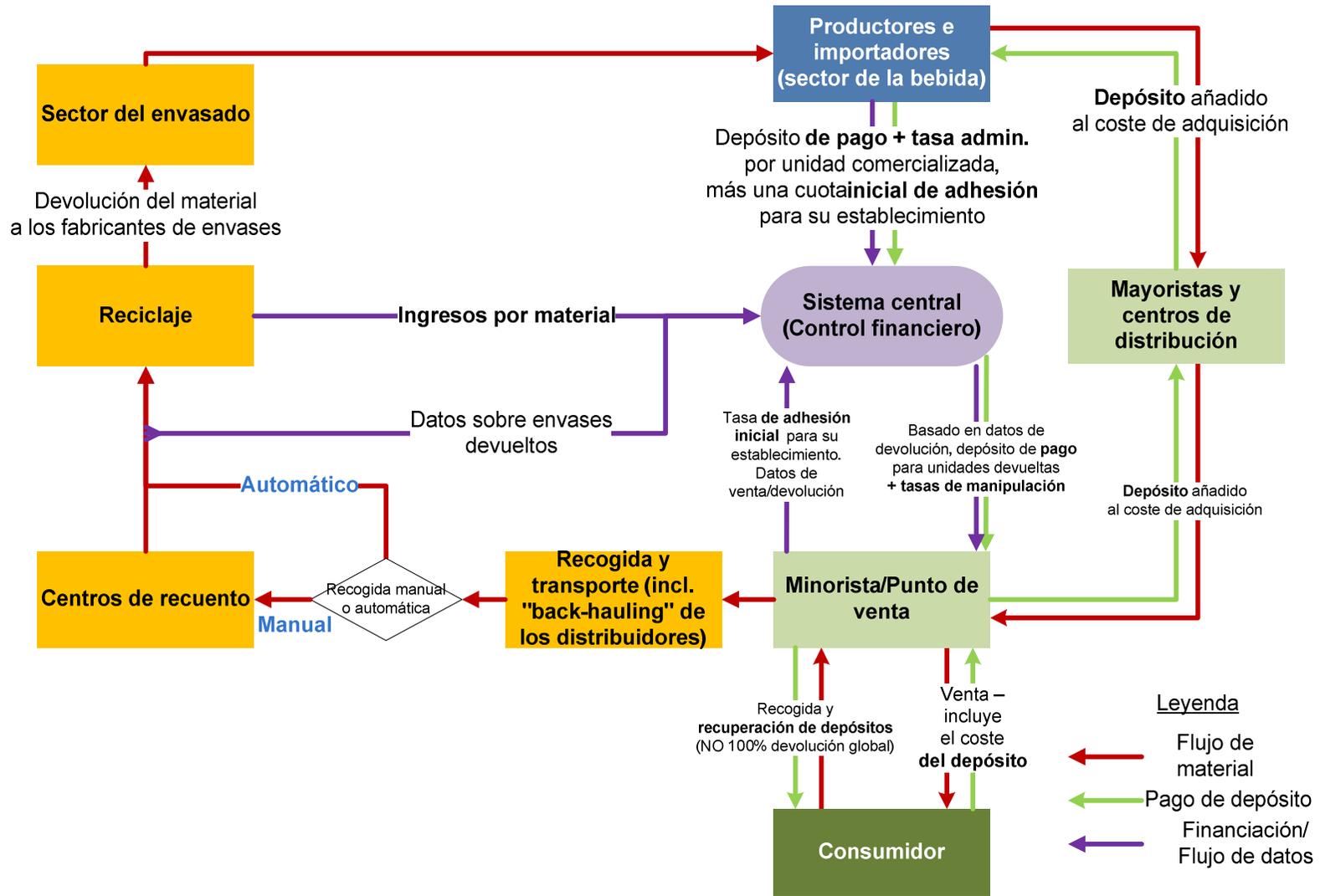
²⁶ Ernst & Young (2009) *Assessment of Results on the Reuse and Recycling of Packaging in Europe*, informe elaborado para la Agencia Francesa del Medio Ambiente y la Gestión Energética (ADEME), marzo de 2009.

alemán y, por supuesto, de otros sistemas.^{27,28} Por otro lado, esto no quiere decir que un planteamiento más descentralizado no pudiera funcionar si el gobierno de España decidiera optar por un planteamiento de este tipo.

²⁷ Perchards (2007) *Study on Factual Implementation of a Nationwide Take-back System in Germany After 1 May 2006*, informe final, 14 de febrero de 2007.

²⁸ G. Bevington (2008) *A Deposit and Refund Scheme in Ireland*, informe encargado por Repak Ltd., septiembre de 2008.

Figura A-3: Modelo del sistema de depósito, devolución y retorno



A.3.1 El depósito y los índices de devolución

Uno de los elementos cruciales del modelo de depósito es el establecimiento del valor del propio depósito. El valor del depósito para España se calculó basándose en los depósitos y en los índices de devolución de otros sistemas de todo el mundo. El índice de devolución se representó como una función del depósito en los distintos esquemas existentes (véase la Figura A-4) con objeto de establecer el índice de devolución que se podría alcanzar en el sistema español con un depósito de 0,20 €.

Se calculó la siguiente línea de tendencia para los datos mostrados:

$$\text{Índice de devolución} = 0,0422 \cdot \ln(x) + 0,9618$$

Como se ilustra en la Figura A-4, actualmente se están alcanzando unos índices de devolución del 85-95% en varios SDDR de todo el mundo. Si asumimos que la principal motivación para devolver los envases es la económica, podemos suponer que se podrían alcanzar índices de devolución similares en toda España. Sin embargo, señalamos que la obtención de unos índices de devolución elevados también depende de otros factores, como el hecho de que existan suficientes puntos de devolución de envases o la costumbre de los españoles de devolver envases, es decir, el "hábito de la devolución".^{29,30} En cuanto al primero de estos dos factores, nuestro modelo está diseñado con un número considerable de puntos de devolución a fin de facilitar al máximo la devolución. Respecto al segundo, defendemos que no hay evidencias que sugieran que no se pueda establecer un nuevo hábito si se ofrece un incentivo económico adecuado como apoyo al SDDR.³¹ De hecho, en un reciente estudio de la CECU, se sugiere que el 89,6% de la población consultada estaría dispuesta a colaborar con un SDDR.³²

El importe de los depósitos se convirtió de la moneda local del SDDR a Euros utilizando datos de la OCDE sobre paridad del poder adquisitivo para el consumo individual efectivo en España en 2009 con el fin de obtener una mejor estimación del valor del depósito que si simplemente aplicáramos la tasa de cambio actual.³³ La Figura A-4 muestra que, estableciendo un depósito de 0,20 € por envase, el índice de devolución del sistema sería del 89%. En la parte central del informe se presenta un

²⁹ Perchards (2005) *Deposit Return Systems for Packaging Applying International Experience to the UK, Peer Review of a Study by Oakdene Hollins Ltd.*, informe para Defra, 14 de marzo de 2005

³⁰ Thomas Sterner (1999) *Waste Management and Recycling*, in T. Sterner (ed.) (1999) *The Market and the Environment: the Effectiveness of Market-based Policy Instruments for Environmental Reform*, Cheltenham: Edward Elgar

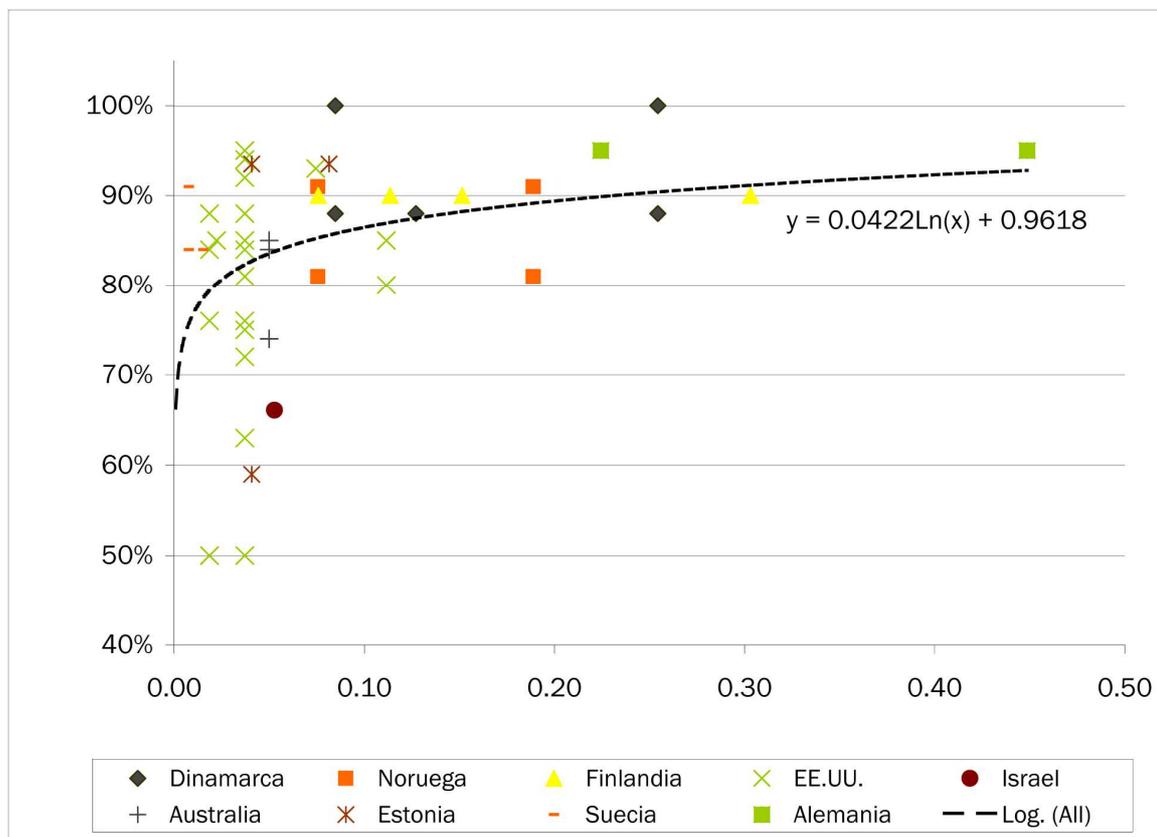
³¹ Eunomia Research and Consulting (2010) *Have We Got the Bottle? Implementing a Deposit Refund System in the UK*, informe para la Campaña para Proteger la Inglaterra Rural, septiembre de 2010.

³² CECU (2011) *Estudio Sobre la Acogida del Sistema SDDR en España. Investigación Cuantitativa*.

³³ OECD (2010) *Purchasing Power Parities (PPP)*, consultado en mayo de 2011, http://www.oecd.org/department/0,3355,en_2649_34357_1_1_1_1_1,1,00.html

análisis de sensibilidad sobre el impacto financiero potencial de aplicar distintos valores de depósito y los índices de devolución que podría alcanzar el sistema.

Figura A-4: Índices de devolución como función de los depósitos ajustados según paridad del poder adquisitivo para España, en euros.



Fuente: Eunomia

A.3.2 Manipulación, recogida, logística y procesamiento

Los costes de manipulación de los envases en los puntos de venta al por menor son sufragados por los propios minoristas, mientras que los costes de transporte y recogida son sufragados por el sistema central. Esta sección resume el establecimiento de dichos costes.

En los SDDR se incluye una *tasa de manipulación* para compensar al sector minorista por el coste adicional que le supone tener que manipular los envases de bebida devueltos. En el contexto económico actual, muchos minoristas se opondrían a un coste adicional *no compensado* en sus negocios. A la hora de establecer la tasa de manipulación, las consideraciones clave se centran en la *recogida* de los envases de bebida devueltos, es decir, dónde se devuelven los envases y cómo son aceptados por el minorista. Estos dos factores influyen claramente en el tipo de logística de recogida necesaria. Por consiguiente, en primer lugar es importante el panorama del comercio minorista antes de establecer las especificaciones del sistema. Esto se

describe en la primera de las secciones siguientes, junto con el esquema de diseño del sistema de devolución y recogida de envases.

Resulta interesante que en otros sistemas la tasa de manipulación no está directamente vinculada a los costes en los que incurren los negocios.³⁴ No obstante, para este estudio, se consideró adecuado basar la tasa de manipulación inicial en ciertas consideraciones racionales de los costes incurridos. Además, el hecho de calcular las tasas de manipulación de este modo permite incluirlas con más facilidad en el análisis financiero.

A.3.2.1 Panorama de la venta al por menor y diseño del sistema

Parte de la Comunicación de la Comisión Europea de 2009 sobre envases de bebidas, sistemas de depósito y libre movimiento de bienes subrayan que, a pesar de que los Estados miembros estén autorizados a introducir SDDR si así lo consideran oportuno por motivos medioambientales, éstos tienen que estar diseñados de modo que garanticen un sistema justo, abierto y transparente.³⁵ El diseño debe garantizar la existencia de un número suficiente de puntos de devolución para fomentar la participación de los consumidores en el sistema; debe evitar soluciones aisladas (un mosaico de diferentes sistemas de devolución propiedad de los minoristas que no sean compatibles y que a menudo ocasionen costes adicionales a los proveedores para adaptar el envasado a los requisitos de dichos minoristas) y debe promover un sistema que esté abierto a todos los participantes económicos del sector en cuestión.

Para garantizar que el sistema español disponga de un número suficiente de puntos de devolución disponibles para los consumidores, nuestro modelo se ha planteado como si el sistema requiriera un punto de recogida en la mayoría de comercios que vendan bebidas envasadas. Para intentar que los minoristas puedan elegir cómo recoger los envases devueltos y para facilitar la devolución en las grandes superficies, que probablemente serán las que reciban la mayor parte de las devoluciones de envases, también hemos modelizado cada punto de venta al por menor tanto para el sistema de recogida automática (por ejemplo, MDE) como para el de recogida a mano, en el que el minorista recoge el envase al pasar el cliente por caja y lo almacena en bolsas o cajas en la trastienda para su posterior transporte. Se modela una red de puntos de recogida más densificada para maximizar los índices de devolución, evitar que los consumidores tengan que desplazarse expresamente hasta los centros de recogida para devolver sus envases y reducir la basura que originan los envases que se tiran mientras se consumen por la calle.

Para mantener la comparabilidad con el resumen de estudio recientemente publicado por Sismega, el cálculo del tipo y número total de comercios de alimentación en España que puedan aceptar la devolución de envases se ha basado en datos procedentes de la misma fuente que los utilizados en dicho estudio, es decir, en los datos facilitados por Nielsen (una multinacional de estudios de

³⁴ Comunicación personal con TOMRA, mayo de 2010

³⁵ EC (2009), *Communication from the Commission: Beverage Packaging, Deposit Systems and Free Movement of Goods*, mayo de 2009

mercado).³⁶ A ello se añadieron datos sobre otros varios tipos de minoristas importantes en España que también puedan vender bebidas envasadas, pero que no se incluyeron en el estudio de Sismega (en concreto, tiendas de comestibles, gasolineras/áreas de servicios/tiendas de alimentación y zonas de restauración en lugares de trabajo).^{37,38,39} Se calcula que en España existen actualmente más de 320.000 puntos de venta que pueden vender bebidas (véase la Tabla A-25). Los tipos de puntos de venta al por menor que se tuvieron en cuenta fueron:

- Hipermercados (>2.500 m²)
- Supermercados (1.000 - 2.499 m²)
- Supermercados (400 - 999 m²)
- Supermercados (100 - 399 m²)
- Supermercados (100 m²)
- Tiendas tradicionales
- Tiendas de alimentación
- Restaurantes y hoteles
- Discotecas, bares y pubs
- Cafeterías
- Otros bares
- Catering en el lugar de trabajo
- Gasolineras/áreas de servicios/tiendas de conveniencia

³⁶ Datos de 2010 facilitados por Nielsen que abarcan todos los hipermercados y supermercados, tiendas tradicionales, restaurantes y hoteles, discotecas, bares, pubs y cafeterías.

³⁷ Fundación Hostelería de España (2010) *Los Sectores de la Hostelería en 2009*.

³⁸ La Caixa (2009) *Anuario Económico de España 2009*, disponible en <http://www.anuarieco.lacaixa.comunicacions.com/java/X?cgi=caixa.anuari99.util.ChangeLanguage&lang=cat>

³⁹ Alimarket (2010) *Informe anual Alimarket de Distribución 2010*.

Tabla A-25: Número de puntos de venta al por menor en España que venden bebidas

Tipo de minorista	Número de puntos de venta al por menor
Hipermercados (>2.500 m ²)	438
Supermercados (1.000 - 2.499 m ²)	2.996
Supermercados (400-999 m ²)	4.891
Supermercados (100-399 m ²)	8.890
Supermercados (< 100 m ²)	10.078
Comercio tradicional	26.494
Tiendas de alimentación	29.844
Restaurantes y hoteles	57.640
Discotecas, bares y pubs	23.483
Cafeterías	137.302
Otros bares	9.152
Catering en el lugar de trabajo	12.223
Gasolineras/áreas de servicios/tiendas de conveniencia	5.893
Total	329.324

La Tabla A-26 muestra la proporción de cada categoría de minoristas que podrían pagar una cuota de adhesión y formar parte del esquema de depósitos y que podrían aceptar la devolución de todos los envases. Una cantidad considerable de las bebidas que se venden en establecimientos Horeca (hoteles, restaurantes y cafeterías) utilizan envases rellenables en lugar de no rellenables. En realidad, el sistema español podría plantearse dejando los establecimientos Horeca fuera del ámbito del SDDR, en función de la proporción de bebidas que comercializan en envases rellenables respecto a los no rellenables. Sin embargo, dada la actual tendencia hacia el incremento de ventas de bebidas en envases no rellenables en España, la hipótesis de que una parte de esos minoristas participaría en el SDDR resulta quizá una aproximación más razonable y conservadora.⁴⁰ Así pues, la proporción de establecimientos Horeca que se presupone participaría en el SDDR se ha calculado se presupone que participaría en el SDDR se calculó basándose en la

⁴⁰ Quizá vale la pena reseñar que en Noruega, por ejemplo, la mayoría de los establecimientos Horeca están incluidos en el SDDR, mientras que en Alemania sucede lo contrario.

cantidad de bebidas vendidas en envases no rellenables en lugar de rellenables para cada tipo de establecimiento.

Tabla A-26: Porcentaje de cada tipo de minorista que se une al sistema de depósitos y que requiere la recogida de envases

Tipo de minorista	Minoristas en el sistema	Motivos
Hipermercados (>2.500 m ²)	100%	Volúmenes de venta/devolución relativamente grandes en cada tipo de minorista, por lo que se presupone que todos se unirán al SDDR, según el resumen de estudio de Sismega.
Supermercados (1.000-2.499 m ²)		
Supermercados (400-999 m ²)		
Supermercados (100-399 m ²)		
Supermercados (<100 m ²)		
Comercio tradicional		
Tiendas de alimentación		
Restaurantes y hoteles	25%	Se presupone que solamente una cuarta parte de los hoteles, restaurantes, discotecas, pubs y bares recibirán suficientes envases no rellenables vacíos para garantizar su recogida. Se presupone que la mayoría de los envases son rellenables.
Discotecas, bares y pubs		
Otros bares		
Cafeterías	50%	Se presupone que la mitad de las cafeterías venderán suficientes bebidas en envases no rellenables para garantizar la recogida en lugar de que los propios empleados devuelvan los envases a las tiendas de alimentación locales.
Catering en el lugar de trabajo	10%	Se presupone que solo el 10% venderán o recibirán suficientes envases no rellenables para garantizar su participación en el SDDR.
Gasolineras/áreas de servicios/tiendas de conveniencia	100%	Se presupone que todas las gasolineras/áreas de servicios recibirán suficientes envases vacíos/venderán suficientes bebidas en envases no rellenables para garantizar su recogida.
Quioscos	0%	Todos los quioscos serán demasiado pequeños para unirse al sistema y, por lo tanto, se presupone que los empleados de los quioscos llevarán los envases vacíos que puedan recibir a los supermercados locales.

Cabe destacar que, en este modelo, se asume que los minoristas sólo están obligados a recoger los tipos de envases que venden. En el caso de un pequeño minorista que acepte todos los tipos de materiales y realice la recogida de los envases a mano, si recibe pequeñas cantidades de vidrio, es probable que en lugar de depositarlo en cajas lo meta en la bolsa con las latas y los plásticos mezclados; de hecho, éste es el procedimiento actual en Alemania y Dinamarca.⁴¹

Hemos asumido que todos los pequeños quioscos optarían por no participar en el sistema y que, en lugar de eso, llevarían los envases devueltos a la tienda de alimentación o al supermercado más cercanos. Esto es lo habitual en otros países, y puede estar respaldado por una política que otorgue (de forma particular) a los pequeños negocios exenciones al requisito de recoger cualquier envase distinto de los vendidos por dicho negocio. Tal como se apunta en el reciente comunicado de la Comisión sobre Sistemas de Depósito, el caso de los pequeños negocios debería abordarse de la siguiente manera:⁴²

"

Exenciones para las pequeñas empresas. Los Estados miembros pueden suavizar las obligaciones operativas relacionadas con los sistemas de depósito para las pequeñas empresas participantes, atendiendo, por ejemplo, a consideraciones de minimis. A modo de ejemplo: los pequeños quioscos pueden no tener el espacio de almacenamiento necesario para cumplir sus obligaciones de recepción de envases retornados. Por tanto, podría considerarse razonable concederles determinadas exenciones. Sin embargo, es aconsejable analizar si tal exención no afectaría a la calidad y el funcionamiento globales del sistema de depósito y retorno como tal, o si conduciría a una aplicación discriminatoria de sus condiciones.."

La información sobre la distribución del mercado en cuanto a los principales sectores de bebidas se extrajo de los correspondientes informes del sector.⁴³ Asumiendo que los envases rellenables se venden a través de Horeca en lugar de a través de los supermercados, estas cifras se ajustaron para eliminar los envases rellenables de los cálculos de cuota de mercado. A continuación, se hizo una estimación de la composición del material de los envases vendidos en cada sector basándose en los datos de Canadean, que desglosan las ventas por tipo de bebida (cerveza, refrescos, zumos, agua), tipo de envase (botella, lata, barril, etc.) y material del envase (vidrio, PET, HDPE, otros plásticos, latas, bricks). A partir de estos datos, se calculó la proporción de botellas de vidrio, botellas de plástico, latas y bricks devueltos a cada tipo de punto de venta al por menor, considerando como hipótesis clave que la

⁴¹ Comunicación personal con TOMRA.

⁴² EC (2009), *Comunicación de la Comisión – Envases de bebidas, sistemas de depósito y libre circulación de mercancías*, mayo de 2009

⁴³ Mercasa (2011) *La Alimentación en España 2010*, disponible en http://www.munimerca.es/mercasa/alimentacion_2010/3_info_sectores.html

mayoría de los envases se devolverán al mismo tipo de establecimiento minorista en el que fueron vendidos. Por último, se ajustaron los porcentajes para contemplar los casos en los que se suponía que no todos los minoristas participarían en el SDDR y que, por tanto, deberían acudir a otras tiendas para devolver los envases vacíos que recibieran de los consumidores. En este caso, asumimos que dichos envases se devolverían a tiendas con sistemas de recogida automática (MDE) y no a tiendas con recogida manual. En la Tabla A-27 se muestran los porcentajes finales estimados de cada tipo de material de los envases que se devolverían a cada minorista.

Tabla A-27: Porcentaje de cada tipo de material recogido por cada tipo de minorista (%)

	Vidrio	PET/HDPE	Latas	Bricks
Hipermercados (>2.500 m ²)	24,34%	21,89%	24,80%	13,96%
Supermercados (1.000-2.499 m ²)	29,70%	28,56%	28,62%	30,98%
Supermercados (400-999 m ²)	20,08%	19,61%	19,61%	22,03%
Supermercados (100-399 m ²)	13,72%	13,70%	13,65%	16,11%
Supermercados (<100 m ²)	2,91%	2,70%	2,72%	2,70%
Comercio tradicional	1,51%	2,55%	1,41%	0,16%
Tiendas de alimentación	3,27%	4,88%	3,02%	2,56%
Restaurantes y hoteles	0,17%	0,25%	0,28%	0,52%
Discotecas, bares y pubs	2,01%	2,87%	3,23%	6,13%
Cafeterías	0,07%	0,10%	0,11%	0,20%
Otros bares	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Catering en el lugar de trabajo	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Gasolineras/áreas de servicios/tiendas de conveniencia	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Quioscos	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	100%	100%	100%	100%

El siguiente paso a tener en cuenta fue cómo recogerían los envases los minoristas. La Tabla A-28 muestra los porcentajes de cada categoría de minoristas que hemos supuesto que tendrían una MDE en sus establecimientos para la recogida automática de envases, así como la media de MDE por establecimiento; el porcentaje restante de cada categoría de minoristas se supondría que realizarían la recogida de los envases a mano. Con la hipótesis de que la mayoría de las devoluciones se concentrarían en un periodo de hora punta diario de dos horas (suponiendo que todo el sábado sea hora punta), calculamos que las MDE más utilizadas de hipermercados y supermercados tendrían que procesar unos 34 envases por minuto durante las horas punta, suponiendo una media de 3 MDE por hipermercado y 2 MDE por supermercado grande. Estas cifras entran dentro de la capacidad operativa de las MDE, que suele ser de entre 30 y 45 envases por minuto.

Tabla A-28: Número de puntos de venta al por menor que requerirán MDE y número de MDE por establecimiento

Tipo de minorista	% de minoristas que requieren una MDE	N.º de MDE por establecimiento
Hipermercados (>2.500 m ²)	100%	3
Supermercados (1.000-2.499 m ²)	100%	2
Supermercados (400-999 m ²)	100%	1
Supermercados (100-399 m ²)	50%	1
Supermercados (<100 m ²)	0%	
Comercio tradicional	0%	
Tiendas de alimentación	25%	1
Restaurantes y hoteles	0%	
Discotecas, bares y pubs	0%	
Cafeterías	0%	
Otros bares	0%	
Catering en el lugar de trabajo	0%	
Gasolineras/áreas de servicios/tiendas de	0%	

conveniencia		
--------------	--	--

Fuente: Eunomia

Según este análisis, se calcula que el número total de puntos de venta al por menor que requerirían una MDE en España es de 20.231, siendo 24.103 el número total de máquinas MDE. Para poner en contexto esta cifra, en Alemania (país que comercializa anualmente una cantidad similar de envases de un solo uso a la de España) el número de equilibrio de MDE ronda también las 30.000 unidades.⁴⁴

Se estima que el número de negocios que elegirían unirse al sistema pero que no requerirían una MDE es de unos 162.000.

El análisis combinado de puntos de venta al por menor, distribución de mercado, tipo de material de los envases y probables métodos de recogida, culmina en el flujo inicial de envases de la Tabla A-29. Para este análisis se presupone, pues, que el 79% de la recogida de envases se llevará a cabo con el sistema automático y el 21% con el sistema manual.

Tabla A-29: Número de envases que deben recogerse con MDE o a mano (millones)

Producto	MDE	Manual
Vidrio ≤0,5 l	2.134	475
Vidrio >0,5 l	374	83
PET/HDPE ≤0,5 l	1.339	375
PET/HDPE >0,5 l	2.652	742
Latas (hierro)	3.899	938
Latas (aluminio)	975	235
Bricks ≤0,5 l	1.067	343
Bricks >0,5 l	404	130
Total	12.844	3.321

Fuente: Eunomia

A.3.2.2 Costes de transporte

Los principios fundamentales en los que se basa el cálculo de los costes de transporte del SDDR son:

⁴⁴ Comunicación personal con TOMRA, mayo de 2010.

- La logística inversa utilizando redes logísticas existentes es una práctica relativamente habitual entre los grandes minoristas (por ejemplo, supermercados).
- Los contratistas de logística recogen los envases de los puntos de venta más pequeños con camiones de cortinas laterales o de carga trasera de entre 12 y 18 toneladas;
- Los envases se transportan directamente a centros de reciclaje, previo paso por instalaciones de almacenamiento (en caso de que ya hayan sido "despachados") o a centros de recuento para "despacharlos".⁴⁵

En la Figura A-5 se resume el sistema general de logística de transporte.

Backhauling

Un elemento que aportará una eficiencia logística notable y el consiguiente ahorro económico es el del "backhauling". Se produce cuando los vehículos de reparto que distribuyen los productos a las tiendas llenan el espacio que queda en los vehículos con envases con depósito, en lugar de regresar al centro de logística del minorista en vacío, como es práctica habitual. En la medida de lo posible, se recomienda realizar el "backhauling" de envases utilizando la infraestructura logística existente. Esta tarea será más sencilla en el caso de grandes minoristas que controlen su propia logística o de grandes empresas de distribución que entreguen la mayor parte de sus productos a un establecimiento.

En el caso de las tiendas más pequeñas, el "backhauling" será menos beneficioso para el proveedor, ya que transportar un menor volumen de envases a un centro de reciclaje o a un centro de recuento resultará menos eficiente. En este análisis de alto nivel no queda claro cuál sería el punto de equilibrio coste-beneficio. No obstante, es probable que los mayoristas que reparten a casi todas las gasolineras españolas utilizando su propia logística desde sus propios almacenes centrales utilicen estos camiones para el "backhauling" (como hace el grupo Lekkerland en Alemania, por ejemplo). El operador del sistema recogerá las bolsas con los envases recogidos a mano en el almacén del mayorista para minimizar los costes de transporte globales. En cualquier caso, lo que se puede decir es que los minoristas y los proveedores intentarán optimizar sus acuerdos de la forma más adecuada y que el "backhauling", cuando este sea posible, reducirá los costes de logística globales de la recogida y el transporte del material.

En la Tabla A-30 se muestran los porcentajes estimados de minoristas de cada categoría que se presupone que podrían utilizar el "backhauling". Los supuestos clave a la hora de establecer esas condiciones fueron:

- Es probable que casi todos los hipermercados y grandes supermercados puedan realizar el "backhauling" utilizando su logística de distribución actual.

⁴⁵ En este caso, "despachado" significa que el envase se ha procesado y registrado como devuelto en el sistema central, por lo que ya se puede abonar al minorista la tasa de manipulación y el depósito correspondientes.

- Igualmente, es probable que casi todos los envases recogidos en establecimientos Horeca en el SDDR sean transportados de vuelta por los distribuidores al efectuando éstos efectúen el reparto de nuevas bebidas.
- El potencial de "backhauling" se reduce cuando se trata de supermercados más pequeños u otros sectores de restauración. Por lo tanto, hemos asumido que la mitad de los envases recogidos a través de las tiendas más pequeñas, como las tiendas tradicionales o las tiendas de alimentación, se transportarán mediante "backhauling" a través de distribuidores de bebidas.

Como puede observarse en la Figura A-5, el "backhauling" de los envases vacíos desde los puntos de venta al por menor se realiza o bien hasta el propio almacén de logística del minorista o bien directamente a uno de los centros de recuento.⁴⁶ Los tipos de puntos de venta al por menor con mayores posibilidades de contar con "backhauling" serán, en gran medida, los que instalen un sistema de devolución automático, como una máquina MDE. Esto significa que casi todos los envases vacíos transportados ya habrán sido "despachados" en el sistema central y compactados y listos para su transporte. Por consiguiente, la carga y descarga de los vehículos de recogida será más eficiente. No obstante, y especialmente en el caso del material recogido en discotecas, bares y pubs, aún será necesario un cierto proceso de despacho y compactación de los envases. Ello tendrá lugar en los almacenes de logística centrales del minorista, con dispositivos de recuento automático de alta velocidad, o mediante transporte a uno de los centros de recuento centralizados (cuyos costes se abordan en el Apéndice A.3.2.4).

Para la empresa de distribución, el coste marginal por realizar el "backhauling" hasta su almacén de logística central sería un leve incremento del uso de combustible, debido al mayor peso de los vehículos en el viaje de regreso. Se estima que el tiempo de mano de obra no variaría, ya que los vehículos tienen que cargarse igualmente con las jaulas metálicas de logística devueltas.

Los costes asociados al "backhauling" de los envases vacíos se calcularon de la siguiente forma:

- Basándose en el porcentaje de "backhauling" por tipo de minorista de la Tabla A-30, se calculó el número de envases compactados y no compactados que debían recogerse a través del sistema de "backhauling". Cabe destacar que los envases compactados recogidos mediante MDE ya estarán "despachados" en el SDDR, mientras que los envases no compactados todavía deberán "despacharse" a través de un centro de recuento.
- Los costes de la logística de transporte están muy vinculados al número de recipientes de recogida necesarios para almacenar los envases de bebidas vacíos, que a su vez depende del número de envases que quepan en cada recipiente. Para los envases compactados recogidos mediante MDE, suponemos que en cada recipiente cabrían 500 botellas de vidrio, 800

⁴⁶ Se reconoce que puede ser necesaria cierta optimización, o ampliación, de los almacenes.

botellas de plástico, 3.500 latas o 900 bricks de bebida.⁴⁷ Para los envases no compactados, asumimos que en cada caja cabrían 40 botellas de vidrio y que en cada bolsa entrarían 150 botellas de plástico, 200 latas o 100 bricks (véase la Sección A.3.2.3 para obtener más información sobre los cálculos de los costes de recipientes). A continuación, calculamos cuántos recipientes de recogida llenaría semanalmente cada minorista y, por consiguiente, cuántas recogidas serían necesarias según el espacio de almacenamiento probable de cada punto de venta al por menor (teniendo además en cuenta que, probablemente, cada camión sólo dispondría de un 30-50% de su capacidad para los envases de bebidas, ya que seguramente también llevara otros embalajes, como cartón). El número de recogidas semanales necesarias por tipo de minorista aparece en la Tabla A-30.

- A continuación, multiplicamos el número de puntos de venta al por menor que estimamos que utilizarían "backhauling" para los envases de bebidas vacíos por el número de recogidas necesarias al año, para obtener el número total de recogidas de envases vacíos al año.
- Asumimos que en cada recogida se recorrerían 300 km para llevar los envases al almacén de logística o al centro de recuento. Y multiplicamos el número de recogidas necesarias por 300 km para obtener la distancia total recorrida al año.
- El consumo de combustible de los camiones se estimó en 3,9 km/litro cuando van vacíos y en 2,3 km/litro cuando van llenos. Asumiendo que los envases añaden un 10% de peso al camión, el consumo de combustible se estimó en 3,7 km/litro por viaje, es decir, 0,2 km/litro menos que si el vehículo regresara vacío al almacén.
- El precio del combustible se estimó en 1,30 €/litro.
- A continuación, se calculó la diferencia de consumo de combustible entre el regreso en vacío y el regreso con un 10% de carga de los camiones, y el coste total del "backhauling" se estableció en 37 millones de euros al año.

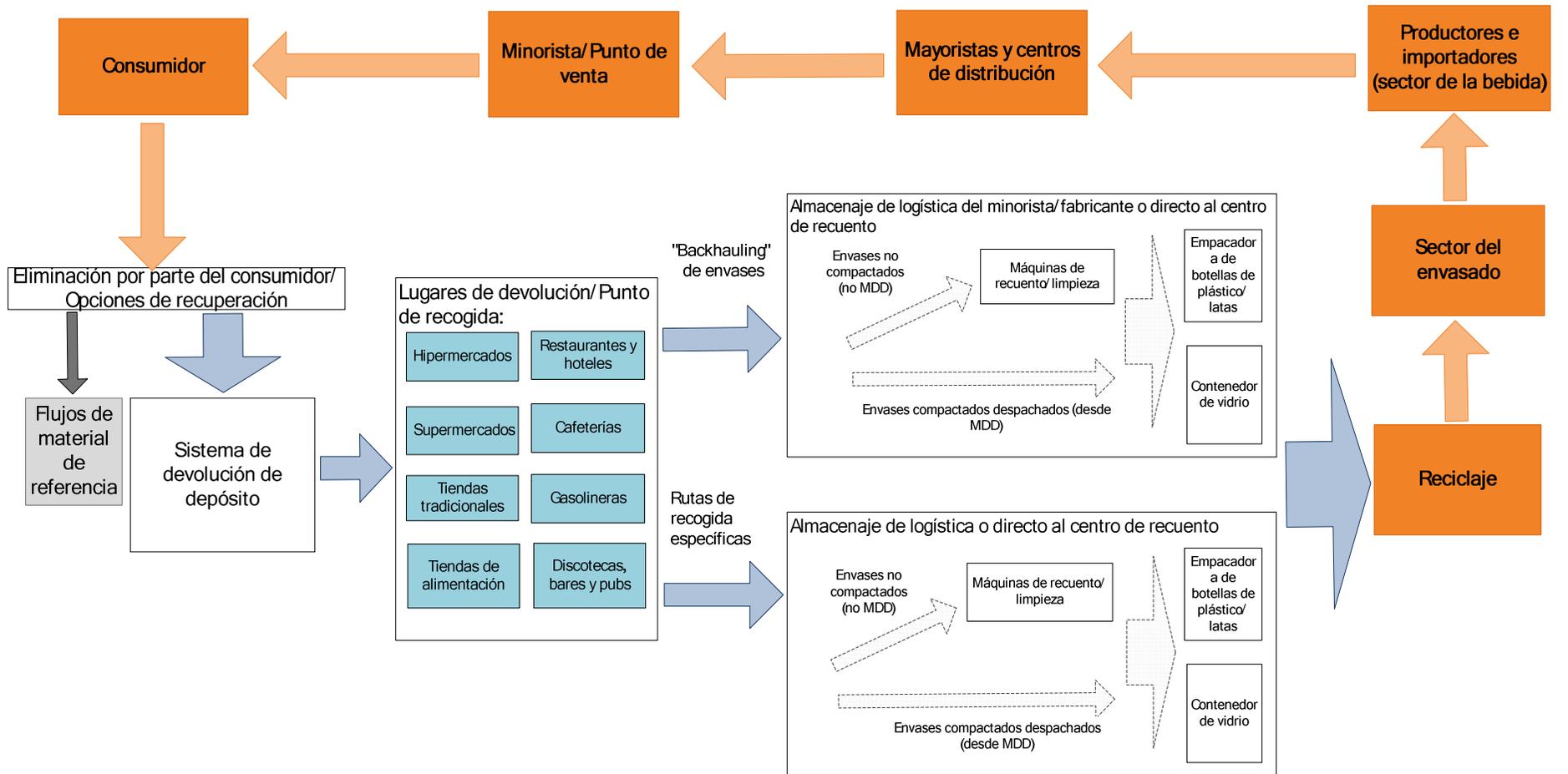
⁴⁷ Comunicación personal con TOMRA, agosto de 2011.

Tabla A-30: "Backhauling" para los minoristas y número de recogidas semanales necesarias

Tipo de minorista	% de minoristas capaces de realizar "backhauling"	Promedio de recogidas por semana
Hipermercados (>2.500 m ²)	90%	14
Supermercados (1.000-2.499 m ²)	90%	4
Supermercados (400-999 m ²)	90%	2
Supermercados (100-399 m ²)	80%	2
Supermercados (<100 m ²)	50%	1
Comercio tradicional	50%	0,5
Tiendas de alimentación	50%	1
Restaurantes y hoteles	80%	0,5
Discotecas, bares y pubs	90%	0,5
Cafeterías	80%	0,5
Otros bares	80%	0,5
Catering en el lugar de trabajo	50%	0,5
Gasolineras/áreas de servicios/tiendas de conveniencia	90%	1

Fuente: Eunomia

Figura A-5: Requisitos de transporte para la recogida de envases



Rutas de recogida específicas

Para los pequeños negocios, en particular, la posibilidad de realizar "backhauling" puede ser limitada, debido al elevado número de proveedores que les suministran los productos. Se estima que todos esos minoristas que no podrán realizar "backhauling" requerirán una recogida específica.

Con esta hipótesis, cada año algo más de 3.300 millones de envases requerirían recogidas específicas en unos 54.000 puntos de toda España. Como se ilustra en la Figura A-5, los envases recogidos se transportan a un almacén de logística para su acumulación y posterior envío a instalaciones de reciclaje (si ya se han despachado en el SDDR) o para su posterior transporte a centros de recuento si todavía no se han despachado en el SDDR (para más información sobre los centros de recuento, véase el Apéndice A.3.2.4). El sistema sería similar al descrito anteriormente en los almacenes de logística de los minoristas, y requeriría el recuento de envases no despachados, el embalado de plásticos, latas y bricks y el almacenamiento de cascotes de vidrio en contenedores. Como ya se ha comentado, se presupone que el tipo de establecimientos que instalarían MDE serían similares a los que podrían utilizar de forma eficaz el "backhauling". Por lo tanto, la mayoría de los envases recogidos en las rutas de recogida específicas no estarán despachados ni compactados.

Se estima la siguiente configuración de los vehículos para el transporte de los envases no compactados y no despachados desde los establecimientos de los minoristas hasta los almacenes de logística:

- Los vehículos serán camiones de cortinas laterales o de carga trasera de entre 12 y 18 toneladas.
- En el suelo del vehículo se colocarán cajas estancas para el vidrio.
- Se utilizarán jaulas metálicas para meter bolsas con botellas de plástico, bricks y latas mezclados; dichas jaulas irán encima del vidrio.

En realidad, el diseño de los vehículos de recogida variará según el proveedor del servicio y dependerá de la logística específica que sea necesaria para los sistemas de recogida de las distintas áreas. No obstante, la configuración básica de los vehículos descrita anteriormente debería suponer un punto de partida lógico a partir del cual planificar la logística de recogida necesaria a escala española.

Se desarrolló un modelo de recogida sencillo para determinar el número de días de vehículos que serían necesarios al año para recoger los envases, y el coste de funcionamiento por vehículo. Las hipótesis clave acerca de los volúmenes de los vehículos y los tiempos de recogida se presentan en la Tabla A-31. Para determinar el volumen medio por recogida, fueron necesarios los siguientes supuestos:

- Número de recogidas semanales necesarias por tipo de minorista (véase la Tabla A-32). Se calculó basándose en el número de envases devueltos a un tipo determinado de minorista y, por lo tanto, en el número de contenedores de logística/recipientes de recogida que es necesario recoger cada semana para que los envases acumulados no saturen el espacio de almacenamiento (más detalles en el Apéndice A.3.2.3).

- Peso específico de los envases que hay que recoger, basado en el número probable por europalet, y conocimiento de los residuos recogidos para su reciclaje:^{48,49}
 - Botellas de vidrio: 250 kg/m³ compactadas y 100 kg/m³ no compactadas.
 - Botellas de plástico, latas y bricks de bebidas mezclados: 100 kg/m³ compactados y 20 kg/m³ no compactados.

Asimismo, se asume que los conductores trabajan 10 horas al día, un 12% de las cuales no es tiempo de conducción, incluido el tiempo para las pausas y las revisiones de los vehículos (para garantizar que el tiempo dedicado a conducir sea inferior a 9 horas al día, como exige la normativa europea). El coste diario de funcionamiento de un vehículo (incluidos los costes de capital, el sueldo del conductor, el coste de carburante, el mantenimiento, un 10% de margen de beneficio y un 10% de contingencia) se calcula en unos 443 €.

Tabla A-31: Supuestos en las rutas de recogida específicas

	Urbanos	Rurales/Mixtos
% de minoristas ⁵⁰	54%	46%
Número de jaulas por vehículo (2 m ³ cada una)	18	9
Volumen medio del vehículo (m ³)	36	18
Volumen medio por recogida y año (m ³)	1,4	1,4
N.º de recogidas hasta que el vehículo alcanza el 90% de su capacidad	24	12
Tiempo hasta el inicio de ruta (min)	20	30
Tiempo para recoger envases por cada punto de recogida (min)	5	5
Tiempo entre puntos de recogida (min)	8	15
Tiempo de desplazamiento y descarga del material recogido (min)	30	45
Tiempo para volver del final de la ruta a la base (min)	30	45

⁴⁸ Comunicación personal con TOMRA y Andy Grant, Eunomia, julio de 2010.

⁴⁹ Resource Futures (2009) *Bulk Density Study: Phase 2*, Report for WRAP, abril de 2009.

⁵⁰ Basado en el análisis de población inicial efectuado para el modelo del sistema de recogida selectiva de residuos domésticos (véase el Apéndice A.1.2.1).

Tabla A-32: Número de recogidas específicas necesarias por semana

Tipo de minorista	Número de minoristas que requieren recogida	Recogidas por semana (rutas de recogida específicas)
Hipermercados (>2.500 m ²)	44	14
Supermercados (1.000-2.499 m ²)	300	7
Supermercados (400-999 m ²)	3.913	3
Supermercados (100-399 m ²)	8.890	3
Supermercados (<100 m ²)	10.078	1
Comercio tradicional	26.494	0,5
Tiendas de alimentación/tiendas de conveniencia	29.844	1
Restaurantes y hoteles	14.410	0,5
Discotecas, bares y pubs	587	0,5
Cafeterías	68.651	0,5
Otros bares	2.288	0,5
Catering en el lugar de trabajo	1.222	0,5
Gasolineras/Áreas de servicio	5.893	1

También se calculó el coste del transporte posterior a centros de recuento de aquellos envases que debían despacharse en el SDDR. Basándose en los mismos valores de peso específico indicados anteriormente, y asumiendo que un camión de 33 toneladas puede transportar unos 64 m³ de envases no compactados por viaje (a un 80% de su carga), se calculó el número de viajes que deberían realizar los camiones al año hasta los ocho centros de recuento de España. Se estimó que la distancia media por viaje sería de 300 km y el coste total del transporte se calculó en 1,1 € por kilómetro recorrido. Este coste se multiplicó por la distancia total recorrida, lo que arrojó un coste total del transporte de 15 millones de euros al año.

Así pues, el coste total de la recogida de envases mediante rutas específicas se estima en 59 millones de euros (rutas de recogida más transporte posterior a centros de recuento). Cabe señalar que el planteamiento utilizado para calcular el coste de las rutas de recogida específicas no incluye ninguna optimización de la logística, arrojando un coste relativamente elevado por tonelada de 220 €. Esto se debe a que, en nuestro modelo simplificado de recogida, la segunda ruta de recogida diaria no se realiza con los vehículos completamente llenos hasta el final. En realidad, las

empresas de logística seguramente organizarían las rutas de forma más eficiente para garantizar que el vehículo llegara lo más lleno posible al final de cada ruta y, por lo tanto, el total de vehículos necesarios sería inferior al que se ha calculado aquí.

A.3.2.3 Costes de logística de los envases

La organización del transporte de los envases puede experimentar múltiples permutaciones. La naturaleza del sistema depende de si los envases se han despachado o no mediante el SDDR.

Si los envases ya se han despachado a través de la máquina MDE en el establecimiento, no es necesario que los envases conserven su forma para su posterior reconocimiento. Por lo tanto, se compactan y se meten en el recipiente adecuado. La experiencia en otros países apunta a que las cajas de plástico plegables son un recipiente útil para el transporte de los envases compactados sacados de las MDE (véase la Figura A-6). A la hora de recoger los envases vacíos, las cajas plegadas se podrían llevar en el vehículo y entregárselas al minorista al recibir de éste las cajas llenas.

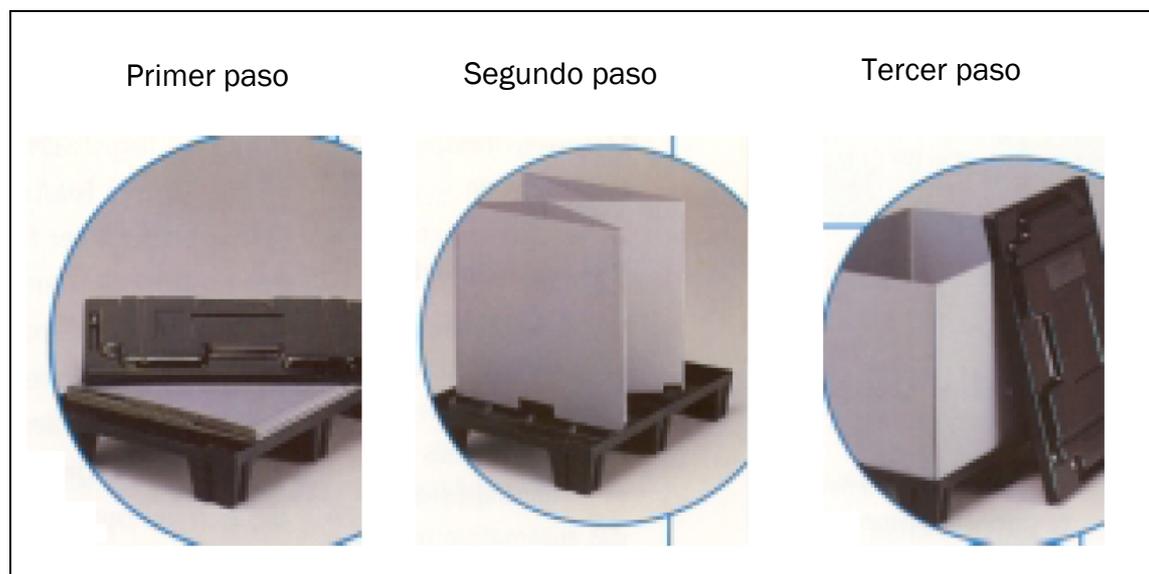
Otra opción es que las empresas de logística utilicen los recipientes de entrega que ya tengan. Lo habitual es utilizar jaulas de almacenamiento con ruedas. Sin embargo, la colocación de los envases compactados en las jaulas puede requerir mucho tiempo. Adoptando un planteamiento conservador al alza, basado en el sistema de depósito actualmente utilizado en Michigan (EE.UU.), se ha supuesto que todos los minoristas o empresas de logística necesitarían nuevas cajas reutilizables y plegables. Al calcular los costes de recipientes para el material compactado que se recoge, se han asumido las siguientes hipótesis:

- Se estima que en cada recipiente cabrían 500 botellas de vidrio compactadas, 800 botellas de plástico compactadas, 3.500 latas compactadas o 900 bricks compactados.
- Para calcular el número resultante de recipientes que deben recogerse semanalmente, se multiplica el total de envases compactados recogidos mediante MDE en cada tipo de minorista por el número de minoristas de cada tipo que recogen envases compactados mediante MDE.
- Posteriormente, se calcula la frecuencia de recogida para garantizar un número de recipientes manejable por recogida para cada tipo de minorista.
- Se calcula entonces el número de recipientes recogidos por recogida y tipo de minorista y se multiplica por tres, para que siempre haya un grupo de recipientes en el establecimiento, otro en tránsito y otro en el almacén, listo para sustituir a los recogidos en los establecimientos.
- El coste por recipiente es de 140 € (incluido un tipo de interés del 5% para reflejar el coste anualizado durante los tres años de vida útil del mismo).⁵¹
- Se ha incluido un cargo mínimo o 1 € por recipiente en concepto de limpieza.

⁵¹ Comunicación personal con TOMRA, mayo de 2010

Basándose en estos supuestos, el coste total de los recipientes para transportar los envases compactados es de 2,3 millones de euros al año.

Figura A-6: Cajas plegables para el transporte de los envases compactados



En el caso de los envases que no se hayan despachado, el mecanismo de transporte deberá ser capaz de preservar la integridad de los atributos que utilizan los centros de recuento automático, como el código de barras, la forma o el peso del envase. Así pues, el proceso de transporte debe mantener intactos dichos atributos esenciales de cada envase. Las botellas de plástico, las latas y los bricks mantendrán su forma lo suficiente para poder ser identificados, siempre que no se ejerza una presión directa sobre los mismos. Nuevamente, la experiencia en otros países, como Noruega, Suecia o Alemania, indica que las bolsas de plástico son más que suficientes para el transporte de las botellas de plástico y las latas. Las bolsas se guardan en la entrada de la tienda o en la zona de la trastienda en unos soportes. Una vez llenas, se precintan y etiquetan, listas para su recogida (véase la Figura A-7).

Figura A-7: Bolsas de plástico para transporte con envases de bebidas vacíos



El número de bolsas necesarias al año se calcula en función del número de envases que haya que recoger y del número de envases que quepan en cada bolsa. Cada

bolsa está pensada para contener unas 150 botellas de PET/HDPE, 100 bricks o 200 latas.⁵² El coste de una bolsa y una etiqueta se ha establecido en 0,75 €. De hecho, este coste podría disminuir si las bolsas se reutilizaran o si el sistema central empleara su poder de compra para encargar todas las bolsas en grandes cantidades y luego distribuir las a los minoristas según fuera necesario.

Los envases de vidrio, debido a la naturaleza del material, son mucho más propensos a romperse. Por ello, se necesitan cajas de plástico para transportar los envases a los centros de recuento (véase Figura A-8). El número total de cajas necesarias y el coste total se calcularon con el mismo planteamiento que se utilizó para los envases compactados, es decir, determinar cuántas cajas tenían que recogerse a la semana por tipo de minorista y multiplicar dicha cifra por tres, para que en todo momento haya un número suficiente de cajas disponibles en circulación. Los supuestos clave son los siguientes:

- En cada caja caben unas 40 botellas de vidrio. Las cajas deberán ser apilables para garantizar que haya suficiente espacio de almacenamiento en los momentos de más trabajo, en particular en el caso de minoristas como los bares.
- El coste por caja es de 13 € (incluido un tipo de interés del 5% para reflejar el coste anualizado durante los tres años de vida útil del recipiente).^{53,54}
- Se ha incluido un cargo mínimo o 1 € por caja en concepto de limpieza.

Figura A-8: Caja de plástico para transportar botellas de vidrio



⁵² TOMRA (2001), *Zentrale Organization Einweg Pfand Deutschland: Business Model Development Guide*

⁵³ Solent Plastics (2010) *Recycle Bins / Recycling Storage / Segregated Bins / Waste / Rubbish Bins*, consultado el 20 de mayo de 2010, <http://www.solentplastics.co.uk/recycling-rubbish-waste-bins/>

⁵⁴ PHS, Teacrate (2010) *Retail and Logistics*, consultado el 20 de mayo de 2010, <http://www.teacrate.com/retail-and-logistics.aspx>

Basándose en los supuestos anteriormente mencionados, el coste total de los recipientes para los envases no compactados se estima en 8,6 millones de euros al año.

A.3.2.4 Costes de los centros de recuento

Una máquina de recuento es una máquina automática que, básicamente, cuenta y registra los envases de bebidas usados que los distintos minoristas han recogido manualmente. Se trata de dispositivos de alta velocidad que pueden aceptar flujos de envases de bebidas mezclados. Las máquinas deberían reconocer cualquier envase incluido en el sistema, ya sea de plástico, cartón, vidrio o metal. Para ello, leen el código de barras de cada envase y la información se incorpora a una base de datos para que el sistema central pueda determinar los depósitos y las tasas de manipulación que deben pagarse al minorista al que se le ha recogido la correspondiente bolsa.

Es probable que en algunos almacenes logísticos de minoristas y de proveedores sea necesario un pequeño número de contadoras para despachar los envases no recibidos a través de MDE. De todas formas, la mayoría de las máquinas de recuento necesarias serían utilizadas por el sistema central.

El diseño y los costes del sistema se basan en la información facilitada por Anker-Andersen, fabricante de contadoras de alta velocidad (HLZ), con sede en Dinamarca.⁵⁵ La especificación del sistema de centros de recuento es la necesidad de procesar los aproximadamente 3.300 millones de envases que se devolverían manualmente a las tiendas en toda España. Cabe señalar que esto hace referencia al sistema “consolidado”. Durante los primeros años, podrían necesitarse más centros de los aquí presupuestos, ya que al principio, y hasta que el sistema no se consolidara, se devolverían más envases de forma manual. Los costes de recogida y transporte desde los establecimientos minoristas hasta los centros de recuento ya se han calculado en el Apéndice A.3.2.2. Para conocer el número, la ubicación y el tamaño óptimos de los centros de recuento, sería necesario un análisis logístico minucioso en toda España. No obstante, y a efectos de este análisis, hemos asumido que, dado que la cantidad de envases y la extensión geográfica son relativamente similares en España y Alemania, el número de centros de recuento que necesitaría España sería parecido al de Alemania, en este caso ocho. Los supuestos clave que se han utilizado para organizar el sistema de centros de recuento son los siguientes:

1) Número de centros y de máquinas necesarios

- Cada máquina de alta velocidad grande puede procesar 155 envases por minuto, lo que equivale a 69 millones de envases al año.
- Habrá ocho centros de recuento centralizados en toda España. Por lo tanto, cada centro necesitará seis máquinas de alta velocidad para procesar el número necesario de envases.

⁵⁵ <http://www.anker-andersen.com/>. Cabe señalar que existen otros proveedores de este tipo de máquinas, como Binder (con sede en Austria) o Eleiko (con sede en Suecia).

2) Tiempos de funcionamiento

- Cada máquina funciona un total de 355 días al año, dejando 10 días para el mantenimiento general, la instalación de posibles actualizaciones informáticas, etc.
- La limpieza de cada máquina dura una hora por máquina y día.
- El mantenimiento de cada máquina también dura una hora por máquina y día.

3) Costes de mano de obra

- Los costes de mano de obra para el funcionamiento los centros se fijan al mismo nivel que los sueldos del personal de los minoristas, en 14,59 €/h⁵⁶.
- Los costes de mano de obra para la limpieza y el mantenimiento de las máquinas del centro de recuento se establecen en 17,50 €/h (un 20% más altos que los sueldos de los operadores de las máquinas).
- Se estima que serán necesarios 9 trabajadores para llenar y hacer funcionar las seis máquinas de cada centro de recuento. Para tener las máquinas en funcionamiento 21 horas al día (24 horas menos el tiempo para la limpieza y el mantenimiento), se necesitarán algo menos de 4 turnos por semana;
- Hay 220 días laborales por empleado y año (teniendo en cuenta las vacaciones y bajas por enfermedad).
- Significa que se necesitan 53,5 empleados equivalentes a tiempo completo (ETC) para llenar y hacer funcionar las máquinas en cada centro de recuento y 20 ETC para la limpieza y el mantenimiento de todos los centros de recuento. Se calcula, pues, que el número total de empleados sería de 448 ETC.

4) Costes de inmuebles

- El precio del alquiler del suelo industrial se ha calculado en 50 € por m² y año⁵⁷.
- Se calcula que cada máquina requerirá 100 m² de espacio de suelo, más 1.000 m² de espacio adicional por cada centro de recuento para la plataforma de recepción, el almacenamiento, los despachos, etc.
- Se calcula un consumo energético de unos 210 kWh por día y máquina (incluida la embaladora, que es compartida por dos máquinas), a un precio de 0,11 € por kWh⁵⁸.

⁵⁶ Instituto Nacional de Estadística (2011) *Encuesta Trimestral de Coste Laboral*, disponible en <http://www.ine.es/metodologia/t22/t2230187.htm>

⁵⁷ Basado en informes efectuados por BNP Paribas en el *Real Estate Market Seville – 2009*, *Real Estate Market Valencia – 2009*, todos los informes están disponibles en http://www.realestate.bnpparibas.es/pages/etudes_sectorielles/resultrecherche.php?alias=gen_secteur_fiches_sectorielles&s_repl=secteur|retail%23pays|es&l=en&r=54&t=bnppre&ctx=1&s_wbg_menu=38&p=es&point=Retail&mode=list

⁵⁸ <http://www.energy.eu/> - precio del sector a junio de 2011 más un 10%

- También se contemplan 2.000 € por centro y año para otros suministros, como el servidor, la red, los teléfonos, etc.

5) Costes de inversión

- Calculamos un coste total de 200.000 € por máquina, más 100.000 € adicionales para un compactador y una embaladora por cada máquina;
- Calculamos unos costes de instalación de 20.000 € por máquina (los costes incluyen la necesidad de instalar una embaladora por cada dos máquinas).
- Los costes se anualizan durante cinco años, lo que equivale a poco más de 64.000 € por año y máquina.

Por lo tanto, se estima que el coste de inversión es de 3,1 millones de euros al año y que los costes de funcionamiento son de 13,7 millones de euros al año, lo que arroja un coste total de 16,8 millones de euros al año para la infraestructura del centro de recuento.

A.3.2.5 Costes de manipulación para el minorista

En los Apéndices A.3.2.6 a A.3.2.9, se muestran los cálculos y los supuestos utilizados para determinar los costes para los minoristas por recoger envases como parte del SDDR. Cabe señalar que para calcular los costes de manipulación hemos asumido que el SDDR se encontraba en una fase de madurez, es decir, que se habían instalado MDE en todos los puntos de venta al por menor que habían optado por la recogida automática. En realidad, durante los primeros años del SDDR, el porcentaje de minoristas que deberán recoger los envases a mano mientras se instalan las MDE será más elevado.

A.3.2.6 Costes de las máquinas de devolución de envases (MDE)

Los principales elementos de coste relacionados con las MDE son a) los costes de capital (incluida la instalación) y b) los costes de funcionamiento.

Costes de capital

Los costes de capital medios que se han estimado son de 18.000 € por la máquina y de 1.000 € por la instalación.⁵⁹ El precio de instalación incluye la colocación de las máquinas en los establecimientos y su conexión a los equipos de la trastienda (por cables ADSL, etc.). Los equipos informáticos de la trastienda se conectarán a Internet, para enlazar la máquina con el sistema central. Cabe señalar que aún se desconocen las consecuencias sobre el coste de las MDE del hecho de incluir los bricks como parte del SDDR (los fabricantes de MDE y de centros de recuento están desarrollando actualmente máquinas capaces de procesar los cuatro materiales). Evidentemente, habrá que realizar cambios en las máquinas ya existentes para que puedan procesar bricks, además de vidrio, latas y plásticos, aunque básicamente funcionarán de forma similar a como lo hacen ahora. Para proporcionar un enfoque

⁵⁹ Cifras facilitadas por TOMRA y acordes con el informe resumido de Sismega.

más conservador de los costes del SDDR, añadimos 2.000 € más al coste de cada MDE para procesar la cantidad relativamente pequeña de bricks del sistema.

El coste anual de la MDE para el minorista se basa en el supuesto de que el minorista adquirirá una MDE y devolverá el préstamo durante un período de 7 años,⁶⁰ con un tipo de interés estimado del 5%.

También se asume un coste adicional del 16% sobre el coste de capital total de la MDE para el 50% de los minoristas que requieran MDE con el fin de contemplar las posibles modificaciones que sea necesario realizar en las trastiendas que no estén preparadas para alojar las máquinas. Este coste se anualiza basándose en el supuesto de que el minorista pagaría cualquier posible modificación estructural durante un período de 15 años a un tipo de interés estimado del 5%.

Costes de funcionamiento

Se estima que los costes de funcionamiento y de mantenimiento representarán el 9% del coste de capital total de la máquina.⁶¹ Entre los costes de funcionamiento adicionales se incluyen el coste del rollo de papel para la impresora de recibos (un 1% adicional de los costes anuales totales) y el coste de sustitución de los compactadores de las MDE compactadoras. El coste de sustitución de los compactadores es de 2.000 €. Dicha sustitución debe efectuarse, de media, cada 800.000 envases compactados.

Coste total

Se calcula que el coste total anual de la adquisición y operación de MDE para los minoristas es de unos 165 millones de euros. A los minoristas se les compensarán estos costes a través de la tasa de manipulación que paga por envase devuelto a cada establecimiento.

A.3.2.7 Coste del espacio ocupado en el establecimiento de los minoristas

Los establecimientos que instalen MDE necesitarán espacio para las máquinas, y todos los minoristas que recojan envases necesitarán también espacio para almacenarlos. Esto supondrá un coste para el sector de los minoristas que, como tal, deberá ser compensado por el sistema central. A continuación se describe la metodología empleada para calcular el impacto financiero de la pérdida de espacio que sufrirán los minoristas.

Costes para establecimientos con MDE

Los costes para los minoristas que instalen MDE incluirán el coste de arrendar lo que, en la práctica, supone una pérdida de espacio tanto en la zona de ventas como en la zona de almacenamiento del establecimiento, y el coste de oportunidad perdida por la disminución del espacio en la zona de ventas.

⁶⁰ Se asume que el tiempo de vida útil de la máquina será de 7 años.

⁶¹ Comunicación personal con TOMRA, mayo de 2010.

Se calcula que cada MDE requerirá 6 m² de espacio en el establecimiento del minorista. El alquiler a pagar por m² de espacio que ya no se podrá utilizar para otras actividades se establece en 50 €/m²/mes, basándose en el promedio de la mediana de alquileres comerciales de Valencia y Sevilla.⁶² Se calcula que la pérdida de beneficios o coste de oportunidad relacionados con la pérdida de espacio es un 5% de margen de beneficio sobre la facturación asociada a cada m² de espacio del establecimiento. La facturación se calcula por tipo de establecimiento y según el número de MDE (y, por consiguiente, de espacio) que cada tipo de minorista necesitará. Se estima que la facturación media será de 5.880 €/m²/año en el caso de los hipermercados, 5.053 €/m²/año en el caso de los supermercados grandes, 4.153 €/m²/año en el caso de los supermercados medianos, 4.056 €/m²/año en el caso de los supermercados pequeños y 4.702 €/m²/año en el caso de las tiendas tradicionales y las tiendas de alimentación.

Existen algo más de 20.000 puntos de venta al por menor con posibilidades de instalar MDE. El coste para esos minoristas en concepto de pérdida de espacio y coste de oportunidad ronda los 120 millones de € al año.

Costes de almacenamiento en caso de recogida manual

El único impacto sobre el espacio cuando los envases se recogen manualmente es el área de almacenamiento. Se reconoce que, en algunos pequeños comercios, es posible que esta área de almacenamiento tenga que ubicarse en el espacio de venta. Sin embargo, también se asume que en la mayoría de los establecimientos dicha área estará ubicada en la trastienda y no en la propia tienda. Por lo tanto, hemos asumido que no habrá ninguna pérdida de beneficios relacionada con el almacenamiento de los envases, aunque el alquiler medio de 50 €/m²/mes será aplicable a todos los establecimientos que realicen la recogida manual.

Si se asume que en una bolsa para almacenamiento caben una media de 150-200 envases de bebidas (plásticos, latas y bricks) y que en una caja de plástico para almacenamiento caben unas 40 botellas de vidrio, cada minorista reunirá, de media, algo menos de tres bolsas para almacenamiento y bastante menos de una caja de plástico llena a la semana (véase la Sección A.3.2.3 para conocer los supuestos sobre recipientes). En el modelo de recogida específica, asumimos que la frecuencia media de recogida será algo inferior a dos veces por semana (véase el Apéndice A.3.2.8). Por lo tanto, el minorista medio deberá almacenar hasta dos bolsas y posiblemente también una caja de plástico entre recogida y recogida. Se ha utilizado un área de 2 m² para calcular los costes de espacio que representarían para cada minorista el almacenamiento de esas bolsas/cajas de plástico.

⁶² Basado en informes efectuados por BNP Paribas en el *Real Estate Market Seville – 2009*, *Real Estate Market Valencia – 2009*, *The Retail Market in Spain (2006)*, Informe Inmobiliario de Málaga y Área Metropolitana (2007), todos los informes disponibles en http://www.realestate.bnpparibas.es/pages/etudes_sectorielles/resultrecherche.php?alias=gen_secteur_fiches_sectorielles&s_repl=secteur|retail%23pays|es&|=en&r=54&t=bnppre&ctx=1&s_wbg_menu=38&p=es&point=Retail&mode=list

Existen algo más de 160.000 minoristas que probablemente "manejarían manualmente" los envases. El coste para esos minoristas en concepto de pérdida de espacio ronda los 194 millones de euros al año.

Además de esos costes de espacio, también asumimos que existirán algunos costes iniciales más a fin de que los minoristas optimicen su espacio para albergar la recogida manual de envases. Estimamos un coste de 100 € por establecimiento para realizar las necesarias modificaciones del espacio de almacenamiento, así como una hora de tiempo de personal por establecimiento para determinar y supervisar cualquier cambio que deba efectuarse. El coste total, anualizado durante 15 años, es de 1,2 millones de € al año.

A.3.2.8 Costes de mano de obra

La manipulación y recogida adicionales de los envases en los puntos de venta al por menor requerirá tiempo de mano de obra, lo que supondrá costes extras para el minorista. Las dos actividades principales que requerirán mano de obra adicional son:

- 1) Recogida de los envases entregados por los clientes y colocación en los recipientes de almacenamiento.
- 2) Facilitar la recogida de los envases a la empresa de logística contratada.

El cálculo de estos elementos de coste se describe de la siguiente forma:

Costes de mano de obra para la recogida mediante MDE

El coste de mano de obra para la recogida mediante máquinas MDE se calcula bajo los siguientes supuestos:

- En cada contenedor de MDE de "tamaño medio" caben 800 botellas de plástico, 3.500 latas, 500 unidades de vidrio o 900 bricks.
- Así pues, para calcular el número total de contenedores de MDE que deben vaciarse, se divide el número total de unidades devueltas mediante MDE de cada tipo de envase (plásticos/bricks, latas y vidrio) por el número de envases de ese tipo que caben en un contenedor de MDE, asumiendo un porcentaje de llenado de los contenedores del 90%.
- Un contenedor de MDE lleno se vacía en 5 minutos.
- Cada MDE se limpia a diario y la limpieza dura una media de 5 minutos.
- También se tarda una media de 3 segundos en procesar cada recibo de la MDE en la caja registradora. Para conocer el número de recibos que deben procesarse, asumimos que cada recibo cubre una media de 10 envases.

- Multiplicamos los requisitos de tiempo correspondientes a a) vaciar los contenedores, b) limpiar las MDE y c) procesar los recibos por un sueldo medio de 14,59 €/h (incluidas las vacaciones y bajas por enfermedad).⁶³

El coste total estimado utilizando esta aproximación es de unos 33 millones de € al año.

Costes de mano de obra para la recogida manual

Para los establecimientos minoristas, los costes de mano de obra de la recogida manual estarán relacionados con el tiempo extra dedicado a aceptar los envases de los clientes, pagar el depósito y colocar los envases en el área de almacenamiento designada. La experiencia operativa en los sistemas ya existentes nos demuestra que la mayoría de los minoristas utilizan una bolsa de almacenamiento intermedia cerca de las cajas registradoras. Cuando la bolsa está llena, se precinta y se lleva al área de almacenamiento.

Se estima que el tiempo que necesita el cajero para aceptar una media de cinco envases y almacenarlos es de 50 segundos. Con los costes de mano de obra valorados en 14,59 €/h, se calcula que el coste total para los minoristas será de 134 millones de €. Se podría argumentar que se trata de una estimación algo conservadora. En realidad, es probable que el personal empleado por algunos minoristas, en particular en los establecimientos más pequeños, pueda absorber una parte importante del tiempo necesario para la recogida manual de los envases dentro de su horario actual y no requiera horas extras remuneradas.

Costes de mano de obra para facilitar la recogida de los envases por empresas de logística o para "backhauling"

Al implantar un SDDR, potencialmente debería existir la posibilidad de una vía adicional para los servicios de recogida de residuos del minorista. Además de la actual recogida de material reciclable y de rechazo, habrá otra para los envases de bebidas (sujetas a depósito). Aunque se asume que el volumen y, por consiguiente, la frecuencia de las recogidas de material de rechazo y de material de reciclaje no perteneciente al SDDR se reduciría con la implantación del SDDR, se estima que el coste de mano de obra total sería más elevado, ya que el personal debería organizar los residuos para su recogida en tres ocasiones distintas. Por lo tanto, en los cálculos hemos incluido un coste de mano de obra adicional de 5 minutos por cada recogida de recipientes con envases. En la

⁶³ Instituto Nacional de Estadística (2011) *Encuesta Trimestral de Coste Laboral*, disponible en <http://www.ine.es/metodologia/t22/t2230187.htm>

Tabla A-30 (backhauling) y la Tabla A-32 (recogidas específicas) aparecen las estimaciones sobre el número de recogidas semanales necesarias para cada una de las principales categorías de minoristas. El coste de la mano de obra se establece, nuevamente, en 14,59 €/hora.

Se estima que el coste total para los minoristas del tiempo de mano de obra para facilitar la recogida de envases es de 11 millones de € al año.

A.3.2.9 Coste total para los minoristas (espacio y mano de obra)

Partiendo de los datos anteriores sobre el coste que supone para los minoristas los requisitos de espacio y mano de obra del SDDR, se calcula que el total de la tasa de manipulación a pagar a los minoristas es de 648 millones de € al año (equivalente a 0,04 € por envase devuelto).

A.3.3 Gastos operativos para el sistema central

Ha resultado algo difícil encontrar información muy detallada sobre el desglose de los gastos operativos reales asociados a la administración del sistema central en los países que actualmente están utilizando un SDDR. Incluso en los casos en los que hemos podido encontrar un coste total del sistema central, su cálculo estaba tan poco desglosado que resultaba difícil intentar aplicar unos costes equivalentes a la situación española. No obstante, hemos podido determinar el número de trabajadores dedicados a la administración del sistema Palpa en Finlandia (12 empleados) y el sistema Eestipandipakend en Estonia (10 empleados), ambos similares al modelo planteado para España. En ellos se externalizan la mayoría de las funciones (recogidas, transporte, centros de recuento y almacenamiento), dejando que el sistema de administración se encargue de la supervisión de todo el proceso, el mantenimiento de la base de datos, los procesos contables, el promoción de materiales y documentos para fomentar el uso del SDDR entre la población.^{64,65} A pesar de que el sistema Palpa externaliza los servicios de atención al cliente, también pudimos determinar que hay entre 2 y 3 personas dedicadas a la prestación externalizada de servicios de atención al cliente. Así, hemos podido extrapolar el número de trabajadores a la situación española en base a la población. En realidad, en España se producirán economías de escala como consecuencia de un sistema central con un equipo más numeroso. Los recursos necesarios estarán relacionados en parte con el número de minoristas que deban registrarse (que será superior en España que en Finlandia), pero también con el número de productos que deban registrarse, que no variará tan significativamente según la población. Por lo tanto, hemos asumido un ahorro del 50% en el número de trabajadores necesarios para operar el sistema de administración central, basándonos en una extrapolación según la población.

En la Tabla A-33 se muestran los gastos operativos totales del sistema central. Dada la importancia de un sistema contable financiero y una base de datos de productos

⁶⁴ Comunicación personal con Pasi Nurminen de Palpa (Finlandia), agosto de 2010.

⁶⁵ Comunicación personal con Rauno Raal de Eestipandipakend (Estonia), junio de 2011.

totalmente integrados para el buen funcionamiento de la administración del sistema central, así como de un sistema informático antifraude centralizado y controlado por el operador del sistema, hemos procurado ser conservadores en lo que respecta a los costes informáticos corrientes que puede tener el sistema. Por consiguiente, hemos incluido un total de 3,7 millones de € en costes informáticos anuales para cubrir tanto la base de datos como el sistema contable y cualquier otro requisito del sistema para nuestros servicios de atención al cliente.

En cuanto a los costes de personal, hemos establecido el posible número de empleados en base a las conversaciones mantenidas con Palpa (Finlandia), y hemos presupuesto un total de 65 personas, con sueldos medios más altos para los empleados más técnicos que para los de atención al cliente.⁶⁶

En cuanto al espacio para oficinas, se multiplicó un alquiler de 18 €/m²/mes en 2008 (asumiendo que la oficina estuviera situada en Madrid) por unos requisitos de espacio aproximados de 25 m² por persona, lo que arrojó un coste total de espacio de oficinas de 342.000 € al año.⁶⁷ También hemos incluido 700.000 € extras de costes de servicio de atención al cliente para cubrir cualquier coste de tipo jurídico o de RR.HH. que pueda tener el sistema central.

⁶⁶ Comunicación personal con Pasi Nurminen de Palpa (Finlandia), agosto de 2010.

⁶⁷ BNP Paribas Real Estate (2009) *Real Estate Market Valencia - 2009*, disponible en http://www.realestate.bnpparibas.es/pages/etudes_sectorielles/resultrecherche.php?alias=gen_secteur_fiches_sectorielles&s_repl=secteur|retail%23pays|es&|=en&r=54&t=bnppre&ctx=&s_wbg_menu=38&p=es&point=Retail&mode=list

Tabla A-33: Costes administrativos del sistema central

Elemento		Supuesto	Coste total (millones de €)
Costes informáticos	Mantenimiento		0,25 millones de €
	Costes corrientes de hardware y software		0,25 millones de €
	Licencias	50.000 € por licencia	3,2 millones de €
	Costes informáticos totales		3,7 millones de €
Costes de personal	Número de empleados en base de datos/contabilidad	52	
	Sueldo medio + gastos generales (al 25%)	38.500 euros	
	Número de empleados del servicio de atención al cliente	13	
	Sueldo medio + gastos generales (al 25%)	29.600 €	
	Costes totales de personal		2,4 millones de €
Costes de espacio de oficinas	Alquiler medio de una oficina totalmente amueblada/equipada	656 € por persona y mes	
	Costes totales de espacio de oficinas		0,34 millones de €
Costes totales de los servicios de apoyo (jurídicos, RR.HH.)			0,7 millones de €
Total de comunicaciones/marketing			5,6 millones de €
TOTAL ANUAL EN MILLONES DE €			12,8 millones de €

Por último, calculamos el coste necesario de comunicación y marketing basándonos en los requisitos legales actuales de Estonia, que gastan el 1% de los ingresos anuales del SDDR en campañas de comunicación al público. El coste administrativo total del sistema se calcula, pues, en 12,8 millones de € al año.

A.3.4 Ingresos por material

En la Tabla A-34 se muestran los ingresos estimados por cada material recogido mediante el SDDR. Los ingresos son superiores a los que se han utilizado en el modelo para el actual sistema de recogida en España, para reflejar el aumento de calidad y la disminución de los costes de clasificación que se consiguen mediante el SDDR.

Tabla A-34: Ingresos por material en el SDDR (€/tonelada)

Material	Ingresos (€/tonelada)
Vidrio	17 €
PET	333 €
HDPE	327 €
Latas (aluminio)	900 €
Latas (acero)	210 €
Bricks	0 €

A.3.5 Tasa administrativa

La tasa administrativa que debe pagar el fabricante/importador al sistema central junto con el depósito se ha calculado de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Coste de recogida,} & + & \text{Administración} & + & \text{Tasas de} & - & \text{Material} & - & \text{No reclamados} & = & \text{Tasa administrativa} \\ \text{transporte y} & & \text{central} & & \text{manipulación} & & \text{Ingresos} & & \text{Depósitos} & & \\ \text{procesamiento} & & \text{Coste del sistema} & & & & & & & & \end{array}$$

Calculando la tasa administrativa de esta manera, se garantiza que el balance entre costes y beneficios para el minorista y el sistema central sea cero. La tasa administrativa global se divide posteriormente por el número de envases comercializados, a fin de obtener un coste unitario para el fabricante/importador por cada envase que pueda acabar siendo devuelto y luego reciclado como parte del SDDR.

La tasa administrativa que deben pagar los fabricantes por cada unidad comercializada se ha calculado a un promedio de 0,013 € en todos los flujos de materiales del SDDR, basándose en un valor de depósito de 0,20 € y un índice de devolución del 89%. En la Tabla A-35 se presenta la tasa administrativa por flujo de material, ponderada por los ingresos recibidos por los materiales. La tasa calculada

entra dentro del rango de tasas administrativas definidas por varios sistemas de depósito existentes, por ejemplo, entre 0,01 € y 0,05 € por unidad en Finlandia (según el material) y de algo más de 0,02 € por unidad en Maine, EE. UU.^{68,69} Es importante señalar que la tasa administrativa será sensible al índice de devolución, al depósito y al valor del material, un hecho que se estudia con más detalle en los análisis de sensibilidad que se presentan en el informe principal. La fijación de la tasa administrativa deberá, por lo tanto, revisarse periódicamente tras la introducción del esquema de depósito para garantizar que la tasa siga cubriendo los costes del sistema.

Tabla A-35: Tasa administrativa por tipo de material (€)

Material	Tasa administrativa (€)
Vidrio	0,020 €
Plástico	0,013 €
Latas (aluminio)	0,003 €
Latas (acero)	0,018 €
Bricks	0,023 €
Media	0,013 €

A.3.6 Costes de establecimiento

Igual que sucede con los costes operativos de administración del sistema central, existe poca información detallada disponible públicamente sobre los costes de establecimiento iniciales de un SDDR. Así pues, hemos construido los costes que creemos que irían asociados al establecimiento de este tipo de sistema, basándonos principalmente en qué tareas serían necesarias y cuándo, así como en el número de días necesarios para cada tarea.⁷⁰ Las tarifas diarias se calculan mayoritariamente en 1.200 € por cada una de las tareas. En la Tabla A-36 se ofrece un desglose de las tareas clave involucradas y de los costes de recursos y de capital que creemos que conllevaría el desarrollo y la implantación del sistema.

Cabe señalar que los costes únicos aquí presentados no incluyen los costes de inversión relacionados con la adquisición de elementos como las MDE o los centros

⁶⁸ <http://www.palpa.fi/english>

⁶⁹ [http://yosemite.epa.gov/ee/epa/eerm.nsf/vwAN/EE-0216B-06.pdf/\\$file/EE-0216B-06.pdf](http://yosemite.epa.gov/ee/epa/eerm.nsf/vwAN/EE-0216B-06.pdf/$file/EE-0216B-06.pdf)

⁷⁰ TOMRA (2001), *Zentrale Organization Einweg Pfand Deutschland: Business Model Development Guide*.

de recuento; dichos costes ya se han incorporado en los costes de funcionamiento corrientes del SDDR, dando por supuesto que serán arrendados o amortizados en un determinado número de años, en lugar de comprarse directamente.

Según este modelo, el coste total de establecer el SDDR central sería de 31,3 millones de €, más otros 1,7 millones de € adicionales para que los fabricantes adapten el etiquetado. Cabe señalar que, aunque es posible que algunos fabricantes deban cambiar el diseño de sus etiquetas para garantizar que los envases destinados al mercado español lleven el código de barras correcto, en realidad, el cambio del etiquetado coincidirá muy probablemente con los cambios que los propios fabricantes realizan periódicamente en sus procesos de impresión; por consiguiente, siempre que los fabricantes dispongan de suficiente tiempo de preparación, el coste del cambio de etiquetaje debería poder mantenerse en niveles mínimos.

Como ya se ha mencionado anteriormente, no se ha hallado documentación que ofrezca un cálculo pormenorizado de las cuotas de adhesión, para fabricantes o minoristas, relacionadas con estos costes únicos. Las cuotas de adhesión varían entre unos sistemas de depósito y otros; en Finlandia, por ejemplo, el fabricante puede optar por pagar una cuota de adhesión única y permanente o una cuota de adhesión anual durante un periodo de 5 años, y debe además pagar una tasa adicional por cada código de barras de cada nuevo producto que sea aceptado en el sistema.⁷¹ En Dinamarca, existe una cuota de adhesión anual para los fabricantes que se fija cada año, y que se calcula basándose tanto en el volumen de ventas registrado el año anterior por los fabricantes como en sus expectativas de volumen de ventas para el año venidero. Los minoristas también pueden pagar una tasa anual para poder recibir pagos de tasas de manipulación.⁷²

A efectos de este modelo de alto nivel, no hemos intentado dividir los costes únicos en cuotas de adhesión por productor o minorista. Para determinar cómo se cubrirían los costes únicos del sistema, habría que considerar una serie de decisiones clave que escapan al ámbito de este estudio, entre las cuales se incluyen:

- ¿Habría que hacer cobrar una cuota de adhesión tanto al fabricante como al minorista?
- De ser así, ¿cómo se dividirían los costes únicos del sistema central entre el fabricante y el minorista?
- ¿La cuota debería ser un pago único de adhesión o bien una cuota anual regular? ¿Debería haber un límite de tamaño de empresa para estas cuotas?
- ¿Se debería cobrar una tasa "por código de barras" además de la cuota general para reflejar el tamaño del fabricante/establecimiento minorista?

⁷¹ <http://www.palpa.fi/english>

⁷² <http://www.dansk-retursystem.dk/content/>

Tabla A-36: Tareas clave y recursos involucrados en la implantación de un SDDR

Tarea	Recursos totales (días) necesarios al mes para realizar la tarea												Días totales	Coste del recurso*	Coste de capital	Coste total			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
Costes del sistema central																			
Decisiones del modelo																			
Crear grupos de referencia	15	15											30	36.000 €					
Estructuras de tasas	10	10											20	24.000 €					
Decidir la nueva organización central	10	5											15	18.000 €					
Finalizar los requisitos de la parte interesada	10	5											15	18.000 €					
Elaborar el modelo del centro de despacho	20	20											40	48.000 €					
Política de seguridad del sistema	5	5											10	12.000 €					
Enfoque logístico	5	5											10	12.000 €					
Nombrar consejo supervisor		5											5	6.000 €					
Examinar y aprobar el modelo			10										10	12.000 €					
Crear una organización provisional																			
Designar equipo ejecutivo		25											25	30.000 €					
Crear entidad jurídica			30										30	36.000 €					
Completar presupuesto inicial			30										30	36.000 €					
Conseguir y garantizar financiación			25										25	30.000 €					
Construcción del sistema																			
Conseguir un parque de transporte de logística y las soluciones informáticas asociadas (en cabina, de mano, etc.)				50									50	60.000 €	5.750.000 €				
Buscar una oficina para el centro de despacho				10	10	10							30	36.000 €					
Comunicaciones con las partes interesadas				5	5	5	5	5	5	5	5		45	54.000 €					
Publicidad para el gran público				20	20	20	20	20	20	20	30	30	200	240.000 €	15.000.000 €				
Elaborar base de datos de envases					3	3	3	3	3				15	18.000 €	3.450.000 €				
Adhesión de parte interesada					5	5	5	5					20	24.000 €					
Solución de centro de despacho					5	5	5	5	5				25	30.000 €					

Tarea	Recursos totales (días) necesarios al mes para realizar la tarea												Días totales	Coste del recurso*	Coste de capital	Coste total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Adquirir o construir centros de procesamiento					5	5	5	5	5	5	10	10	50	60.000 €			
Contratar personal				10	10	10	10	10	10	10	10	10	90	108.000 €			
Alimentar la base de datos										5	5	5	15	18.000 €			
Establecer un centro de atención al cliente				5	5	5	5	5	5	5	5	5	45	54.000 €	2.000.000 €		
Honorarios legales y de asesoría (gestión de)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24	28.800 €	4.000.000 €	31.950.000 €	
Repercusiones para el fabricante																	
Cambio del etiquetaje para cumplir los requisitos (basado en un recurso adicional de 5 días para cambiar la impresión de las etiquetas por cada fabricante, total 1.000 fabricantes/importadores)**													5000	5000	1.196.000 €	500.000 €	1.700.000 €

*Las tarifas diarias se establecen en 1.200 € para todas las tareas, excepto para el impacto para el fabricante y el minorista. Se ha utilizado una tarifa diaria de 120 € para calcular el impacto para el minorista, basada en el número de empleados de cada punto de venta que llevarían a cabo los ajustes. Se ha utilizado una tarifa diaria un poco más alta, 239 €, para calcular el impacto para el fabricante, para el personal dedicado a la impresión de las etiquetas.

**Es probable que se trate de una sobrestimación, ya que en realidad los fabricantes ya cambian igualmente de etiquetado aprox. cada seis meses. Por tanto, los nuevos requisitos de etiquetado simplemente deberían formar parte de este ciclo habitual de ajustes.

A.4.0 Modelizado de costes adicionales

Al examinar todo el sistema de gestión de residuos para tratar los envases de bebidas, también asumir ciertas hipótesis sobre los costes adicionales para crear un modelo de las posibles consecuencias de la introducción de un SDDR en las siguientes rutas de gestión de residuos:

- Recogida de envases mediante el sistema de contenedores actual (rechazo y reciclaje).
- Recogida de envases mediante Puntos Limpios, solo reciclaje.
- Recogida de residuos comerciales, tanto de rechazo como de reciclaje.
- Recogida de envases de las papeleras y de la limpieza de las calles.

En las siguientes secciones se describe la determinación del cambio de costes de cada una de estas rutas de recogida en relación con la introducción de un SDDR. Estas cifras, sin duda, variarán según la comunidad autónoma y la provincia. No obstante, a efectos del modelo aquí presentado, hemos intentado utilizar una estimación razonable de los costes probables de cada ruta de recogida.

A.4.1.1 Sistema de recogida selectiva actual

Los costes de referencia del sistema de recogida selectiva ya se han tratado en el Apéndice A.2.0. En esta sección se aborda los impactos económicos clave de los cambios en los flujos de masas de envases en el sistema de recogida selectiva (como se muestra en la Tabla A-9). Antes de hablar de los cambios que experimenta el sistema de recogida selectiva como consecuencia de la implantación de un SDDR, señalamos que nuestro modelo se basa en la hipótesis de que la disposición de contenedores de recogida (por ejemplo, iglús) no variará. Se asume que cada área de aportación tendrá un contenedor amarillo (para los embalajes ligeros), un contenedor verde (para el vidrio), un contenedor azul (para el papel y el cartón) y dos contenedores grises (para los residuos varios), tanto antes como después de la implantación del SDDR. En consecuencia, el coste de dichos contenedores (es decir, el coste de inversión, el coste de limpieza, el coste de mantenimiento, el coste de sustitución) no varía en los dos escenarios planteados.

Los elementos del servicio de recogida actual que sí que cambian son:

- Los costes de recogida.
- Los costes de personal.
- Los costes fijos y administrativos que se calculan como un porcentaje de los costes de funcionamiento anteriormente mencionados.
- Ingresos por la venta de materiales.
- Costes de clasificación.
- Costes de eliminación.

Básicamente, la variable que provoca un mayor cambio en los costes de recogida es la frecuencia con la que deben vaciarse los contenedores. En la Tabla A-37 se muestra la frecuencia de recogida media, calculada a partir de los flujos de masas de

referencia al sistema de recogida selectiva. La Tabla A-38 ilustra la frecuencia de recogida media tras la introducción del SDDR, en la que la mayoría de los envases de bebidas ya no se recogen mediante el sistema de recogida selectiva.

Tabla A-37: Frecuencia de recogida media semanal y porcentaje de llenado estimado para la recogida (referencia)

	Urbanos	Semi-urbanos	Rurales	Porcentaje de llenado (%)
Embalajes ligeros	2,32	1,95	1,40	66%
Vidrio	0,51	0,42	0,31	35%
Rechazo	5,16	4,45	3,41	75%

Tabla A-38 Frecuencia de recogida media semanal y porcentaje de llenado estimado para la recogida (tras la introducción del SDDR)

	Urbanos	Semi-urbanos	Rurales	Porcentaje de llenado (%)
Embalajes ligeros	2,10	1,76	1,27	66%
Vidrio	0,31	0,26	0,19	35%
Rechazo	5,01	4,32	3,31	75%

El resultado de la menor frecuencia de recogida es que el servicio de recogida podrá disponer de un menor número de vehículos y menos personal una vez que los materiales del SDDR son eliminados del sistema de contenedores actual.

También se producen repercusiones en los ingresos por material y los costes de clasificación relacionados con el material recogido en los contenedores de embalajes ligeros. Dichos costes se calculan por tonelada de material en el contenedor; al disminuir la cantidad, también lo hace el coste total de clasificación y los ingresos totales por material. El saldo resultante de estos dos cambios depende del material. Por ejemplo, el hecho de tener que reciclar una tonelada menos de material permite un ahorro en costes de clasificación de unos 309 €, pero la pérdida en ingresos por material (por ejemplo, en el caso del PET) es de 266 € por tonelada; por tanto, el beneficio neto por cada tonelada de plástico eliminada del actual sistema de reciclaje en contenedores es de 42 €.

En la misma línea, el ahorro en costes de eliminación derivado del desvío de envases de bebidas del contenedor de rechazo al SDDR se calcula basándose en un coste de eliminación de 36,17 € por tonelada en el supuesto de coste de eliminación más bajo y de 80 € por tonelada en el supuesto de coste de eliminación más alto.

Para determinar qué ahorro correspondería a cada grupo con respecto al sistema de recogida selectiva actual, se aplicó el siguiente razonamiento:

- Cualquier cambio en la frecuencia de recogida (y, por consiguiente, en el coste de recogida) de los contenedores de embalajes ligeros, así como en los costes de clasificación y los ingresos por material de los embalajes ligeros, conlleva, a través de Ecoembes una variación en el coste para los fabricantes.
- Cualquier cambio en la frecuencia de recogida (y, por consiguiente, en el coste de recogida) de los contenedores de vidrio, así como en los costes de clasificación y los ingresos por material del vidrio, conlleva, a través de Ecovidrio, una variación en el coste para los fabricantes.
- Cualquier cambio en la frecuencia de recogida (y, por consiguiente, en el coste de recogida) de los contenedores de rechazo, así como en el ahorro de costes de eliminación consecuencia de la menor cantidad de envases recogidos en el flujo de rechazo, conlleva una variación en el coste para los ayuntamientos.

El coste y/o beneficio total para el sistema de recogida actual se muestra en la Tabla A-39. En ella se representan todos los elementos tratados anteriormente. Tras la implantación de un SDDR, los costes de recogida para los ayuntamientos (contenedores grises) y los sistemas integrados de gestión (contenedores amarillo y verde) se reducen en 12 y 15 millones de €, respectivamente. El coste de clasificación del material reciclable de los contenedores amarillos disminuye (beneficio), pero se produce una pérdida de ingresos por material (por eso se califican como "coste"); en este caso, el coste de eliminación para los ayuntamientos también es menor, porque ya no tienen que pagar por la eliminación de los envases que, antes de la implantación del SDDR, aparecían en la basura mezclada. Por último, como los costes de recogida disminuyen, los costes fijos del servicio de recogida también lo hacen.

Tabla A-39: Coste y beneficio total de distintos componentes del sistema de contenedores actual como consecuencia de la implantación de un SDDR. Los valores positivos significan costes netos, mientras que los negativos significan beneficios netos.

Elemento	Coste total (millones de €) para los ayuntamientos	Coste total (millones de €) para los esquemas de responsabilidad del fabricante
Recogida	-12,24	-15,36
Clasificación	0,00	-17,22
Eliminación/Ingresos por material	-20,73	11,20
Gastos generales	-9,70	-6,30
Total	-42,67	-27,68

El cambio de costes en el sistema de recogida selectiva se aborda más ampliamente en el informe principal.

A.4.1.2 Puntos Limpios

Los costes de funcionamiento de los puntos limpios variarán considerablemente en función de la configuración de los mismos (tamaño, personal, número de flujos de material aceptados, etc.). Nuevamente, nuestro propósito es estimar una cifra única conservadora para el análisis coste-beneficio.

El coste incremental de reciclar residuos en puntos limpios se estima en unos 70 € por tonelada.⁷³ Esta cifra incluye costes de personal, costes de manipulación y costes de inversión adicionales para manipular los residuos. No obstante, hemos asumido que la disminución de la cantidad de envases de bebidas respecto a la situación de referencia sólo conllevaría cambios mínimos en la infraestructura del punto de recogida. Por lo tanto, un menor gasto de capital no conllevará ningún ahorro y los costes de reciclaje evitados serían inferiores a la cifra indicada. Por este motivo, hemos utilizado una cifra más baja, de 17 € por tonelada, para cuantificar el ahorro en tiempo de personal y manipulación en caso de reducción del número de envases depositados en los Puntos Limpios.

A.4.1.3 Recogida comercial

Los costes de recogida de envases de bebidas procedentes de establecimientos comerciales para su reciclaje o eliminación se basan en los mismos principios de costes de recogida detallados en el Apéndice A.2.1, y se estiman en:

- Plásticos, metales y bricks: 271 € por tonelada
- Vidrio: 149 € por tonelada
- Rechazo: 63 € por tonelada

Aquí se incluyen los costes asociados a la recogida de residuos comerciales de rechazo, ya que, al desviar más material del flujo de residuos de rechazo hacia el sistema de depósito, se originará un ahorro debido a la menor demanda del servicio de rechazo. Además de la reducción de costes en la recogida de rechazo comercial, también habrá otro ahorro asociado a la reducción de costes de "eliminación" o "recuperación". En el Apéndice A.4.1.1 se apuntó que este coste es de aproximadamente 36,17 € por tonelada en el escenario de coste de eliminación más bajo y de aproximadamente 80 € por tonelada en el escenario de coste de eliminación más alto. Así pues, este ahorro también se incluye en cada tonelada de residuo de rechazo comercial que se desvía hacia el SDDR.

A.4.1.4 Papeleras / Barrido de calles

Existe poca información sobre la composición de los residuos depositados en las papeleras o recogidos al barrer las calles, así como sobre los costes de recogida para

⁷³ Eunomia (2010) *Economics of Waste Management in London*, apéndices del informe final para GLA

gestionar dichos residuos. No obstante, en general cabe esperar que el coste por tonelada de este tipo de recogida sea relativamente alto, debido a la pequeña cantidad de residuos recogida en cada punto y al hecho de que la limpieza de las calles, en particular, requiere mucha mano de obra.

Para este estudio hemos estimado que, en lo que al abandonamiento de envases se refiere, el 80% de los envases de bebidas se tiran a las papeleras, mientras que el 20% restante se tira al suelo y luego es recogido por los servicios de limpieza municipales o queda en el entorno como basura desperdigada. Basándonos en los costes de limpieza de calles en Cataluña, calculamos que el ahorro en barrido de calles podría llegar a los 1.500 € por tonelada; el ahorro en vaciado de papeleras (o papeleras con separación para reciclaje), por su parte, sería de unos 250 € por tonelada de residuos evitados. Se podría argumentar, sin embargo, que algunos de los ahorros relacionados con la limpieza de las calles o el vaciado de las papeleras podrían no materializarse. Los barrenderos tienen que barrer las calles igualmente, porque sigue habiendo basura que debe recogerse. El contra-argumento sería que se produce un ahorro de tiempo (y volumen, aunque su relevancia depende del método de recogida) y que el ahorro de recogida se obtendría del modo explicado. De hecho, un menor nivel de basura abandonada relacionado con objetos muy visibles, como envases de bebidas, puede hacer que se reduzca también la basura de otro tipo (sobre la base de que la basura engendra más basura).

Para ofrecer un enfoque conservador, hemos asumido que la implantación del SDDR sólo proporcionaría el 25% de reducción de los costes por tonelada de barrido de calles y vaciado de papeleras como consecuencia del menor número de latas de bebidas que deben recogerse. También hemos estimado en un 100% el consiguiente ahorro de costes de eliminación como resultado del menor número de envases de bebidas recogidos, basándonos en un coste de eliminación de 36,17 € por tonelada en el supuesto de coste de eliminación más bajo y de 80 € por tonelada en el supuesto de coste de eliminación más alto.