

MEDIO AMBIENTE Y COSTE / EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE RECOGIDA DE RESIDUOS DE ENVASES



versión en español marzo 2005

- Índice -

1. CONTEXTO Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	_ 4
2. MARCO METODOLÓGICO Y PRINCIPALES HIPÓTESIS	5
2.1 COMENTARIO PRELIMINAR SOBRE EL MARCO METODOLÓGIO	O 5
2.2 ALCANCE DEL ESTUDIO	_ 5
2.2.1 ORGANIZACIONES DE RECOGIDA Y FUENTES DE OBTENCIÓN DE DATOS	S_5
2.2.2 UNIDAD FUNCIONAL	6
2.2.3 MÁRGENES DEL SISTEMA	6
2.3 MARCO METODOLÓGICO	_ 9
2.3.1 ESTIMACIONES DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES	9
2.3.2 ESTIMACIONES ECONÓMICAS	10
2.4 PRINCIPALES HIPÓTESIS	_ 12
3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	_ 20
3.1 RESULTADOS SOBRE EFICIENCIA	_ 20
3.2 RESULTADOS SOBRE COSTES	_ 20
3.3 RESULTADOS SOBRE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES	_ 21
3.4 MEDIO AMBIENTE Y COSTE-EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE	; 23

4. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS Y ANALISIS DE SENSIBILIDAD	27
4.1 PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE EFICIENCIA	28
4.1.1 TASAS DE RECOGIDA DEL SISTEMA COMBINADO	28
4.2 PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE COSTES	29
4.2.1 COSTES DE ESPACIO Y PÉRDIDA DE VENTAS EN UN SISTEMA COM	MBINADO
4.3 PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES	30
4.3.1 DISTANCIAS DE RECOGIDA	30
4.3.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS VIAJES REALIZADOS POR LOS CIUDADANO COCHES PARTICULARES PARA LLEVAR SUS ENVASES DE BEBIDAS TIENDAS	S A LAS
4.3.3 TASA DE RECHAZO EN LAS PLANTAS DE CLASIFICACIÓN	33
4.3.4 CONCLUSIONES SOBRE EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	33
5. CONCLUSIONES	39
*APÉNDICES	
APÉNDICE 1: SISTEMAS BAJO ESTUDIO	40
APÉNDICE 2: HIPÓTESIS DETALLADA UTILIZADA PARA LAS ESTIMACIONES MEDIOAMBIENTALES	43
APÉNDICE 3: IMPACTOS AMBIENTALES CONSIDERADOS	44
APÉNDICE 4: DENSIDAD DE MATERIALES EN LOS RESIDUOS DE ENVASES	E 52
APÉNDICE 5: CÁLCULO DE LOS COSTES EN EL SISTEMA DE DE DEL SISTEMA 3	
APÉNDICE 6: HIPÓTESIS SOBRE LOS IMPACTOS MEDIOAMBIEN EN EL SISTEMA DE RECOGIDA SELECTIVA MULTIMATERIAL (SISTEMA 1 Y SISTEMA 3)	

APÉNDICE 8: RESULTADOS POR 100.000 HABITANTES	59
APÉNDICE 9: RESULTADOS SOBRE EL ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDA	
9.1.VARIACIONES DE SISTEMAS DE RECOGIDA	_62
9.2. VARIACIONES DE COSTES DEL ESPACIO Y PÉRDIDAS EN VENTAS	_67
9.3: VARIACIONES DE DISTANCIAS DE RECOGIDA EN EL SISTEMA DE DEPÓSITO	69
9.4. VARIACIONES DE LA ASIGNACIÓN DE VIAJES REALIZADOS POR COCH PARTICULARES DE CIUDADANOS PARA LLEVAR LOS ENVASES DE BEBIDAS LOS PUNTOS DE RECOGIDA	S A
9.5: VARIACIONES DE TODOS LOS PARÁMETROS SIMULTÁNEAMENTE	_78
APÉNDICE 10: MODELOS ELÉCTRICOS	80
APÉNDICE 11: INVENTARIO DETALLADO DEL CICLO DE VIDA DEL SISTEMA 1	81
APÉNDICE 12: INVENTARIO DETALLADO DEL CICLO DE VIDA DEL SISTEMA 1	82

1. CONTEXTO Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Tha ciudad de 100.000 habitantes que recupere el 100% de los residuos domésticos de envases reciclables podría reciclar 800 toneladas de acero, 200 toneladas de aluminio, 500 toneladas de plásticos, 2.300 toneladas de papel y 2.200 toneladas de vidrio por año. Razón por la cual es importante que las autoridades locales dispongan de un sistema eficiente de recogida de residuos, que permita maximizar la recogida de envases reciclables con el mínimo coste e impacto ambiental. El presente contexto político, que fomenta la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera y, en general, todo tipo de impacto contra el medioambiente, debe en cuenta la dimensión medioambiental a la hora de optar por un determinado sistema de recogida de residuos.

Apeal, que representa a todos los productores clave de acero para envases de Europa, encargó a la compañía consultora "BIO Intelligence Service" en 2004 la elaboración de un análisis sobre eficiencia ecológica. De esta forma, se pudo determinar la eficiencia, los costes y los impactos medioambientales de los diferentes sistemas de recogida representativos de las situaciones que existen hoy en Europa.

El objetivo de este estudio no es ser exhaustivo sobre los sistemas de recogida sino brindar a los responsables nacionales y europeos una respuesta a la siguiente cuestión: ¿cuáles son los beneficios e impactos que resultan al combinar un sistema de depósito con un sistema multimaterial de recogida preexistente?

Este es el primer estudio desarrollado en el que la eficiencia, los costes y los impactos medioambientales se estudian simultáneamente para los dos sistemas de recogida.

2. MARCO METODOLÓGICO Y PRINCIPALES HIPÓTESIS

2.1.- COMENTARIO PRELIMINAR SOBRE EL MARCO METODOLÓGICO

• Estimaciones medioambientales

Cumplimiento de las normas ISO: la evaluación medioambiental fue desarrollada de acuerdo a las normas ISO imperantes en el área ACV (ISO 14040 a 14043)

Estimaciones económicas

Los cálculos se realizaron en concordancia con la metodología de evaluación de costes desarrollada para las estimaciones económicas de los residuos en el marco de los estudios previos, ya utilizados por el equipo BIO en muchos casos, incluyendo "Coste-Eficiencia del Sistema de Recuperación de Envases", realizado para la Comisión Europea en 2000¹.

2.2.- ALCANCE DEL ESTUDIO

2.2.1.- ORGANIZACIONES DE RECOGIDA Y FUENTES DE OBTENCIÓN DE DATOS

El proyecto se centra en la etapa de recogida.

Se consideraron dos sistemas de recogida para envases de un sólo uso: un sistema de recogida selectiva multimaterial y un sistema combinado de depósito/recogida viaria.

• Sistema 1 analizado: recogida selectiva multimaterial

La recogida selectiva multimaterial está muy extendida en diferentes países europeos, con algunas variantes en función del país o de las regiones (en algunos lugares, el vidrio se recoge en contenedores de diferente color; en otros, periódicos y papeles se recuperan al margen de la recogida del resto de materiales, etc.).

Mediante este sistema, los ciudadanos colocan todos aquellos residuos de envases que no sean de vidrio en un contenedor de basuras individual (o común, si se trata de un edificio). Estos contenedores son vaciados de forma regular (por ejemplo, una vez cada dos semanas) por empleados municipales. Los envases de vidrio son llevados a contenedores específicos con forma de iglú distribuidos por cada 1.000 habitantes, que son vaciados igualmente de forma regular.

¹ http://europa.eu.int/comm/enterprise/environment/reports studies/studies/study00costeff sofres 502038.pdf

• Sistema 2 analizado: sistema combinado

El sistema de depósito está fuertemente implantado en los países escandinavos (Noruega, Suecia y, más recientemente, Dinamarca), y en Alemania se está considerando su puesta en marcha. Los materiales aceptados en los sistemas de depósito varían en función de los países. El sistema estudiado en este apartado es un sistema teórico (aunque pueda existir localmente), donde se acepta todo tipo de residuos de envases de bebidas, independientemente del material del que estén fabricados: latas de acero y aluminio, botellas de plástico y vidrio, o cartón para bebidas.

El sistema analizado considera una ciudad de 100.000 habitantes en la que el 90% de la población devuelve sus envases de bebidas a grandes superficies (supermercados, gasolineras...), y el resto a tiendas pequeñas. Las grandes superficies están equipadas con Máquinas de Devolución de Depósito (MDD), que clasifican y compactan automáticamente los envases de bebidas, mientras que las tiendas pequeñas clasifican los envases de forma manual. Por su parte, aquellos residuos de envases domésticos que no son de bebidas son recogidos mediante un sistema de recogida selectiva multimaterial similar al Sistema 1.

Ejemplo del sistema de depósito sueco

En Suecia, las máquinas están preparadas para aceptar botellas de PET y latas de aluminio. La práctica totalidad de las latas de aluminio y botellas de PET existentes en el mercado sueco tienen su código de barras identificando a los productores de bebidas refrescantes, cervezas o importadores, y son devueltos a Returpack, la organización que gestiona toda la recogida de depósitos y el sistema de reciclado. Una vez por semana, Returpack envía un listado actualizado de los códigos de barras a las MDD vía modem. De esta forma, cuando una botella o una lata se introduce en una MDD se puede identificar instantáneamente si el envase procede de un productor de cervezas o de bebidas refrescantes integrado en el sistema. Si éste es el caso, el envase es aceptado por la máquina e inmediatamente clasificado y compactado. A cambio, el consumidor recupera el depósito que pagó cuando adquirió la bebida.

2.2.2.- UNIDAD FUNCIONAL

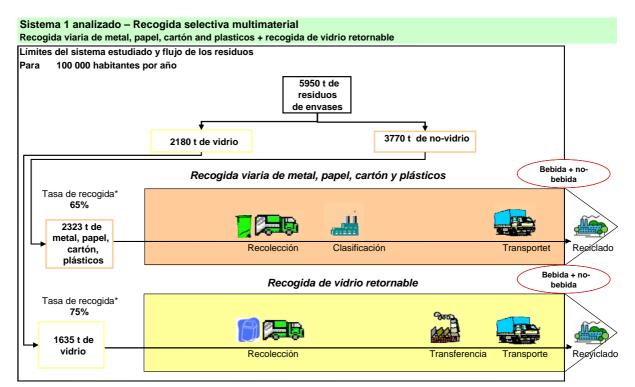
La unidad funcional elegida para este estudio es la "cantidad de residuos de envases domésticos reciclados que puede recuperar una ciudad de 100.000 habitantes". A la hora de elegir esta unidad de análisis, se tuvo en consideración la media de la situación europea en 2004 (ver sección 2.4.1).

2.2.3.- MÁRGENES DEL SISTEMA

Aunque el proyecto se centra en la etapa de la recogida, los márgenes del sistema se extendieron para incluir la compactación y el transporte hasta las instalaciones de reciclado. Los diferentes sistemas de recogida tomados en consideración no requieren necesariamente el mismo tipo de preparación y transporte previos antes del reciclado. Los costes globales y los impactos medioambientales asociados a cada uno de los sistemas de recogida pueden tener un impacto significativo en estas etapas.

Cada uno de los sistemas arranca desde el momento en el que se produce la recogida de los residuos domésticos de envases reciclables en una ciudad de 100.000 habitantes y concluye con esa misma cantidad de residuos², compactados y embalados, a la entrada de la planta de reciclaje.

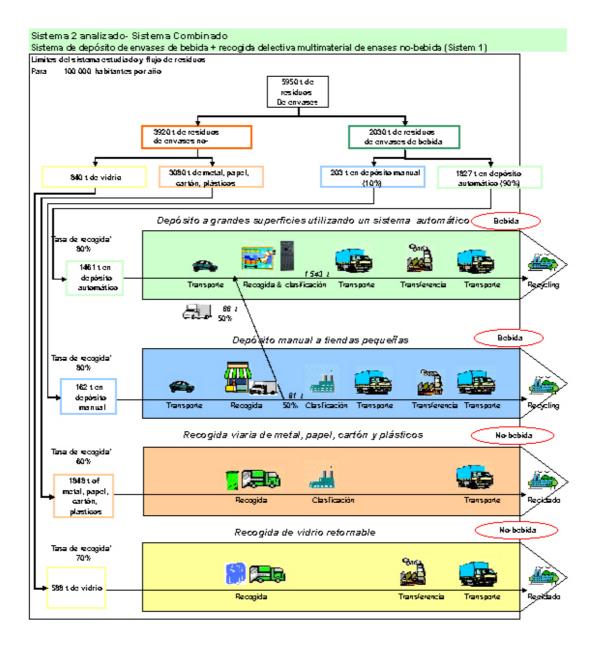
LÍMITES DEL SISTEMA DE RECOGIDA SELECTIVA MULTIMATERIAL



*: % recuperado frente a los residuos reciclables disponibles

LÍMITES DEL SISTEMA DE COMBINADO

² Con el objetivo de simplificar este sistema, ya de por sí complejo, se decidió no tomar en consideración los rechazos en la clasificación. No se aplicó ninguna tasa de rechazo en las plantas de clasificación, de forma que se consideró que todos los residuos de envase entrantes fueron enviados a las plantas de reciclaje. Las conclusiones expuestas en este informe permanecerían inalterables si hubieran sido incluidos los rechazos en la clasificación.



2.3.- MARCO METODOLÓGICO

Para permitir la evaluación tridimensional (coste, eficiencia y medio ambiente) de los sistemas de recogida multivariables, BIO Intelligence Service ha desarrollado una herramienta Ecxel de simulación. Esta herramienta permite a los usuarios ajustar los diferentes parámetros de los sistemas de recogida en estudio para que reflejen una situación específica nacional o local (tasas de recogida, distancias de recogida, consumo gasto energético de la selección y transporte a las plantas...).

La herramienta de simulación permite representar dos sistemas diferentes de recogida:

- Un sistema multimaterial (llamado "Sistema 1") de recogida de residuos de envases reciclables: recogida viaria de aquellos residuos de envases que no sean vidrio y la recogida de vidrio retornable.
- Un sistema combinado (llamado "Sistema 3"), donde los residuos de envases de bebida se recogen en un sistema de depósito y los residuos de envases que no son de bebida se recogen mediante un sistema de recogida multimaterial similar al primer sistema estudiado

Para facilitar la evaluación del sistema combinado se elaboró un sub-sistema: el sistema de depósito para residuos de envases de bebida, llamado "Sistema 2" en la herramienta de simulación. Por tanto, el sistema combinado (Sistema 3) es una combinación del Sistema 2 (depósito para los envases de bebida) y del Sistema 1 (recogida selectiva multimaterial para los envases que no sean de bebida).

Una ilustración de los tres sistemas y de las principales hipótesis aparece en el Apéndice 1.

2.3.1.- ESTIMACIONES DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

• Cumplimiento de las normas ISO.

La evaluación medioambiental fue desarrollada de acuerdo a las normas ISO imperantes en el área ACL (ISO 14040 a 14043).

• Fuente de datos

Para el sistema de recogida selectiva multimaterial, los datos organizativos, como la estructura de contenedores para residuos o el consumo energético de los camiones de recogida se obtuvieron de la versión 4.0 del programa WISARD, desarrollado para Eco-Emballages (Francia) por Ecobilan, cuya revisión crítica llevó a cabo BIO Intelligence Service en 1999. Este software fue utilizado para obtener un modelo de sistema de recogida de un área semi-urbana. Para ello, se tomaron en consideración distancias medias de transporte, y se utilizó el modelo eléctrico europeo UCPTE 2000 para calcular el consumo energético de las plantas de clasificación y transferencia, así como de las MDD.

Respecto al sistema de depósito, los datos sobre las MDD proceden de TOMRA (el productor noruego de las máquinas de devolución de depósitos), mientras que los de la gestión del sistema de depósito provienen de Returpack (la organización de gestión sueca para el sistema de depósito).

Todos los ICV (inventarios sobre el ciclo de vida) utilizados en este estudio proceden de la versión 4.0 del programa WISARD, excepto los ICV de la producción de detergentes (utilizados para la limpieza de las MDD), que proceden de la base de datos BOUSTEAD, en su versión 4.4.

Los datos de organización del programa WISARD utilizados en este estudio se pueden cotejar en el Apéndice 2.

• Impactos medioambientales

Se han calculado los siguientes impactos medioambientales para cada uno de los sistemas. Las definiciones de estos impactos pueden leerse en el Apéndice 3.

Impactos medioambientales cuantificados:

- o Agotamiento de los recursos no renovables (kg. antimonio eq.)
- o Consumo de energía primaria (MJ)
- o Efecto invernadero (kg. Ep. CO2, 100 años)
- o Oxidación fotoquímica (g. Etileno eq.)
- o Agotamiento del ozono de la estratosfera (g. Eq. CFC 11)
- o Residuos municipales e industriales (kg.)
- o Toxicidad humana (ton. Eq. 1-4-diclorobenceno)
- o Ecotoxicidad acuática (ton. Eq. 1-4-diclorobenceno)

Estos ocho impactos medioambientales fueron elegidos porque se adaptan a la agenda política actual: las autoridades públicas y los ciudadanos están cada vez más sensibilizados sobre asuntos como la calidad del aire, el cambio climático, la gestión de los residuos, el agotamiento de los recursos no renovables, etc...

2.3.2.- ESTIMACIONES ECONÓMICAS

• Indicadores de coste

El objetivo fue establecer el coste por tonelada de la recogida de residuos de envases. Se evaluó el coste bruto, sin incluir los ingresos de las ventas del material reciclable. De hecho, al situar los márgenes del sistema justo a la entrada de las plantas de reciclaje, se decidió no incluir las ventas del material a los recicladores en el sistema estudiado (asimismo, tampoco están incluidos los impactos medioambientales, ni los beneficios del reciclado).

Se distinguieron tres tipos de coste:

- o Coste de capital y su depreciación: contenedores o máquinas de depósito, vehículos de recogida.
- Costes fijos de operaciones: personal, seguros, consumo de electricidad de las máquinas de depósito, agua para la limpieza, etc...
- o Costes variables de operaciones: combustible, lubricantes, etc...

La estimación económica sólo incluye los costes de capital y de operaciones. Otros factores indirectos, como el punto verde para la recogida viaria o la posible existencia de créditos en el sistema de depósito ante la posibilidad de que los depósitos no sean recuperados por los consumidores, no están incluidos en el sistema.

• Fuente de datos

El Sistema 1 (sistema multimaterial de recogida) está basado en observaciones de los sistemas de recogida existentes en Francia, Bélgica y Alemania. En particular, se han utilizado los siguientes estudios recientes³:

- "Estudio sobre costes de la recogida selectiva y clasificación de los residuos municipales reciclables en 2001" (Diciembre de 2002). Desarrollado por TN SOFRES Consulting para ADEME (agencia francesa para el medio ambiente). Este es el estudio de referencia en Francia sobre costes de la recogida selectiva y clasificación.
 - (http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets-new/Maitrise couts/Connaissance/couts/Synthese 2001.pdf)
- o "Descripción de los costes de recogida y clasificación en Francia" (Marzo de 2001). Desarrollado por TN SOFRES Consulting para Eco-Emballages.
- Comparación de los costes de recogida selectiva de residuos municipales en Francia y Bélgica (2000). Desarrollado por TN SOFRES Consulting para Eco-Emballages.
- "Análisis coste-beneficio de los sistemas de gestión de residuos de envases en Europa. Casos-estudios para Francia, Alemania, Holanda y Reino Unido" (2000).
 Desarrollado por TN SOFRES Consulting para la Comisión Europea – Dirección General de Medio Ambiente.
 - (http://europa.eu.int/comm/enterprise/environment/reports_studies/studies/study00costeff_sofres_502038.pdf)

Debido a que los depósitos en el sistema combinado reflejan una situación teórica, el modelo de coste se obtuvo tomando en consideración las diferentes unidades de coste (inversiones en las máquinas automáticas de depósitos, consumo energético, pérdida de ventas por el espacio ocupado por las máquinas en las tiendas, etc.). Se utilizaron varias fuentes de datos (ver detalles en la sección 2.4.3):

- o El productor de MDD, TOMRA
- o La organización sueca que gestiona el sistema de depósito, Returpack
- o Un estudio realizado por Roland Berger en 2001 para el contexto alemán
- o Federaciones de vendedores al por menor

11

³ Desarrollados por miembros del equipo BIO mientras fueron consultores de TN SOFRES Consulting.

2.4.- PRINCIPALES HIPÓTESIS

2.4.1.- PRINCIPALES HIPÓTESIS SOBRE COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS

Las hipótesis consideradas están resumidas en las tablas siguientes, extraídas de la herramienta de simulación que se ha desarrollado.

Nota: con el propósito de simplificar, los materiales de envase que se han considerado (acero, aluminio, PVC, PET, HDPE, cartón para bebidas, papel, cartón y vidrio) son aquellos recogidos y reciclados extensamente en Europa. Otros materiales (PS, LDPE y PP) no han sido incluidos (aunque puedan ser recogidos en algunas regiones).

En el Apéndice 4 se puede consultar una tabla en la que se representa la densidad de los diferentes materiales una vez compactados, tanto en un camión de recogida como en una máquina de devolución de depósito (MDD).

2.4.2.- PRINCIPALES HIPÓTESIS SOBRE EFICIENCIA

La eficiencia considerada en este estudio es la tasa de recogida global de un sistema, es decir el porcentaje de residuos de envases domésticos reciclables recuperados sobre el total de residuos de envases existentes. Refleja el nivel de participación de los ciudadanos en la recogida selectiva de residuos de envases así como la calidad de la selección.

Las hipótesis consideradas para calcular los porcentajes de recogida y las cantidades recuperadas están resumidas en la siguiente tabla, extraída de la herramienta de simulación que se ha desarrollado.

- Sistema 1: se ha considerado una tasa de recogida del 65% para la recogida viaria de envases diferentes al vidrio (una combinación de la tasa de participación de los ciudadanos y de la tasa de separación de envases en los hogares), y del 75% para la recogida de vidrio retornable. Estos datos hacen referencia a países con unos sistemas de recogida notablemente exitosos.
- Sistema 2: se ha considerado una tasa de eficiencia del 85%, que puede ser observada sobre el terreno.
- Sistema 3: como el Sistema 3 es un sistema combinado, las tasas de recuperación tanto para la recogida viaria de envases que no sean de bebida como para el sistema de depósito para envases de bebida se estimaron inferiores a las de países que tienen un sólo tipo de sistema de recogida. La razón de esta reducción en las tasas de recogida se debe principalmente a la confusión de los mensajes que reciben los ciudadanos, quienes tienen que hacer frente a un doble sistema que puede provocar desánimo o confusión. En Estados Unidos, por ejemplo, se ha observado en casos similares una reducción de entre 15 y 20 puntos porcentuales para el sistema de depósito y de entre 5 y 10 puntos en la recogida selectiva. En este análisis se ha aplicado una reducción de 5 puntos porcentuales. De esta forma, se ha aplicado al Sistema 3 una tasa de recuperación del 80% para el sistema de depósito, del 60% para la recogida viaria de envases que no sean ni de bebida ni de vidrio, y del 70% para la recogida/devolución de vidrio.

Nota: la tasa de recogida es el ratio existente entre la recuperación de residuos de envases y la cantidad total disponible de residuos de envases. En el Sistema 3, la cantidad total de residuos de envases para la recuperación viaria hace referencia sólo a aquellos envases que ni son de vidrio ni son de bebidas, mientras que en el Sistema 1 están incluidos todos aquellos envases que no sean de vidrio (bebidas + no bebidas). Por tanto, el ratio no está calculado con la misma cifra de partida.

A continuación aparece una tabla que resume todos estos parámetros:

Eficiencia de sistemas de recog	gida										
Collection rates (Hypotheses)											
System 1 - Multimaterial selective c	ollection of all	packaging		_							
Kerbside colle	ction of light fr	action & P/C	65%	of collectab	le targeted pa	ackaging					
P	Drive heat collection of alexa.										
	Bring-back collection of glass 75% of collectable targeted packaging										
System 2 - Deposit system of bevera		1	1	1							
	All bevera	ge packaging	85%	of collectab	le targeted pa	ackaging					
System 3 - Combined system (depos	it system of be	verage packagi	ng + multim	aterial selec	tive collectio	n of other pa	ckaging)				
		ge packaging		of collectab		-	0 0				
Kerbside collection of non bev	verage light fra	tion & P/C	60%	of collectab	le targeted no	nckaging					
				<u> </u>							
Bring-back collec	tion of non bev	erage glass	70%	of collectab	le targeted pa	ackaging					
B2 - Quantities concerned and	efficiency in	dicators	C4	1 M-16	4!1						
			-	1 - Multima tive collection		System 2 -	Deposit syst	tem of		Combined s n of beverage p	
	Waste	Collectable		ction of light fr			age packagi			selective collec	
Tonnes	composition	packaging		ack collection of				_		packaging)	
	Composition	packaging			9/					1 0 0	
for 100 000	composition	packaging	Targeted	Collection	Collected	Targeted	Collection	Collected	Targeted	Collection	Collected
	Composition	раскадинд	Targeted packaging	Collection rate		Targeted packaging	Collection rate	Collected packaging	Targeted packaging	T	Collected packaging
inhabitants per year			packaging		Collected packaging	packaging		packaging	packaging	Collection	packaging
inhabitants per year Total household packaging waste	6 840	5 950	packaging 5 950		Collected packaging 3 958	packaging 2 030		packaging 1 725	packaging 5 950	Collection	packaging 4 060
inhabitants per year	6 840 2 030	5 950 2 030	packaging	rate	Collected packaging 3 958 1 453	2 030 2 030		packaging	packaging	Collection	packaging 4 060 1 624
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging	6 840	5 950	packaging 5 950 2 030		Collected packaging 3 958	packaging 2 030	rate	packaging 1 725 1 725	5 950 2 030	Collection rate	packaging 4 060
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel	6 840 2 030 123	5 950 2 030 123	5 950 2 030 123	rate	Collected packaging 3 958 1 453 80	2 030 2 030 123	rate 85%	1 725 1 725 1 05	5 950 2 030 123	Collection rate	packaging 4 060 1 624 99
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium	6 840 2 030 123 100	5 950 2 030 123 100	packaging 5 950 2 030 123 100	65% 65%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65	packaging 2 030 2 030 123 100	85% 85%	1 725 1 725 1 05 85	5 950 2 030 123 100	Collection rate 80% 80%	packaging 4 060 1 624 99 80
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC	6 840 2 030 123 100 20	5 950 2 030 123 100 20	packaging 5 950 2 030 123 100 20	65% 65% 65%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13	2 030 2 030 123 100 20	85% 85% 85%	1 725 1 725 105 85 17	5 950 2 030 123 100 20	Collection rate 80% 80% 80%	packaging 4 060 1 624 99 80 16
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET	6 840 2 030 123 100 20 303	5 950 2 030 123 100 20 303	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303	65% 65% 65% 65%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 197	2 030 2 030 123 100 20 303	85% 85% 85% 85%	1 725 1 725 1 05 85 17 258	5 950 2 030 123 100 20 303	80% 80% 80% 80% 80%	99 80 1624 243
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards	6 840 2 030 123 100 20 303 60 83	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303 60 83	65% 65% 65% 65% 65%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 197 39 54	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303 60 83	80% 80% 80% 80% 80% 80%	packaging 4 060 1 624 99 80 16 243 48 67
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass	6 840 2 030 123 100 20 303 60 83	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303 60 83	65% 65% 65% 65% 65%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 197 39 54	2 030 2 030 123 100 20 303 60	85% 85% 85% 85% 85%	1 725 1 725 105 85 17 258 51	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303 60 83	80% 80% 80% 80% 80% 80%	99 80 1 624 4 86 67 1 072
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging	6 840 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 4 810	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920	65% 65% 65% 65% 65% 75%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 197 39 54 1 005 2 505	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920	80% 80% 80% 80% 80% 80%	packaging 4 060 1 624 99 80 16 243 48 67 1 072 2 436
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging Steel	6 840 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 4 810	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660	65% 65% 65% 65% 65% 75%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 197 39 54 1 005 2 505 330	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660	80% 80% 80% 80% 80% 80% 80%	99 80 16 243 48 67 1072 2436 396
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging Steel Aluminium	6 840 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 4 810 660 100	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100	65% 65% 65% 65% 65% 65% 50%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 197 39 54 1 005 2 505 330 50	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100	80% 80% 80% 80% 80% 80% 80%	99 80 16 243 48 67 1 072 2 436 396 60
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging Steel Aluminium PVC	6 840 2 030 123 1000 20 303 60 83 1 340 4 810 660 100	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	65% 65% 65% 65% 65% 50% 50% 50%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 133 197 39 54 1 005 2 505 330 50 0	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	80% 80% 80% 80% 80% 80% 80% 60%	packaging 4 060 1 624 99 80 166 243 48 67 1 072 2 436 396 60 0
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging Steel Aluminium PVC PET	6 840 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 4 810 660 100 0	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 3 40 3 920 660 100 0	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	65% 65% 65% 65% 65% 65% 65% 50% 50% 50%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 1977 39 54 1 005 2 505 330 50 0 5	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	80% 80% 80% 80% 80% 80% 80% 60% 60%	99 80 16 243 48 67 1072 2 436 396 60 0 6
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE	6 840 2 030 123 1000 20 303 60 83 1 340 4 810 660 100	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	65% 65% 65% 65% 65% 50% 50% 50%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 133 197 39 54 1 005 2 505 330 50 0	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	80% 80% 80% 80% 80% 80% 80% 60%	packaging 4 060 1 624 99 80 166 243 48 67 1 072 2 436 396 60 0
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons	6 840 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 4 810 660 100 0	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0 10 80	65% 65% 65% 65% 65% 65% 65% 65% 65% 65%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 197 39 54 1 005 2 505 330 50 0 5 40	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0 10 80	80% 80% 80% 80% 80% 80% 60% 60%	99 80 1624 88 67 1072 2 436 396 6 48
inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons	6 840 2 030 123 1000 20 303 60 83 1 340 4 810 0 100 0 10 80	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0 10 80	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0 10 80	65% 65% 65% 65% 65% 50% 50% 50% 50%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 133 197 39 54 1 005 2 505 330 0 0 5 40 1 450	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0 10 80 2 230	80% 80% 80% 80% 80% 80% 60% 60% 60%	99 80 16 243 48 67 1 072 2 436 396 60 0 6 48 1 338
Inhabitants per year Total household packaging waste Beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons Paper / cardboards Glass Non beverage packaging Steel Aluminium PVC PET HDPE Beverage cartons	6 840 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 4 810 660 100 0	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0	packaging 5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0 10 80	65% 65% 65% 65% 65% 65% 65% 65% 65% 65%	Collected packaging 3 958 1 453 80 65 13 197 39 54 1 005 2 505 330 50 0 5 40	2 030 2 030 123 100 20 303 60 83	85% 85% 85% 85% 85%	packaging 1 725 1 725 105 85 17 258 51 71	5 950 2 030 123 100 20 303 60 83 1 340 3 920 660 100 0 10 80	80% 80% 80% 80% 80% 80% 60% 60%	99 80 1624 88 67 1072 2 436 396 6 48

2.4.3.- PRINCIPALES HIPÓTESIS SOBRE COSTES

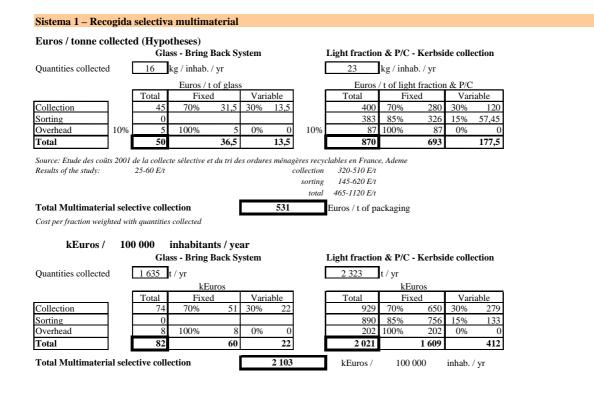
Este estudio evalúa los costes globales de los dos sistemas, independientemente de quién es el que paga. Por ejemplo, en el sistema de depósito se agregó el diferente coste de los elementos para evaluar el coste medio global por tonelada, incluyendo los costes pagados por los vendedores al por menor por adquirir MDD, los pagados por los recicladotes por el transporte...

⇒ Costos para un sistema de recogida selectiva multimaterial (Sistema 1)

Los costes de recogida y clasificación en Francia para la recogida selectiva multimaterial varían entre los 465 y los 1.120 €ton. para la recogida viaria (este estudio ha considerado una media de 785 €), y de 20 a 60 €ton. para la recogida retornable (el presente estudio ha considerado una media de 45 €). Sobre estos costes se ha añadido un 10% para tener en consideración el coste que suponen las organizaciones de punto verde.

Al sopesar estos costes con las cantidades correspondientes (ver las explicaciones a continuación), los costos totales de la recogida selectiva multimaterial varían entre 340 y 740 euros por tonelada. El presente estudio ha considerado una media de recuperación de 530 €ton.

Basándose en expertos nacionales y en la documentación disponible, los costes belgas y alemanes también están incluidos en estos abanicos de costes.



Nota: Las cantidades recuperadas toman en consideración la eficiencia del sistema⁴.

- o Cantidad de vidrio recuperada (toneladas) = 1.005 (bebidas) + 630 (no bebidas) = 1.635 ton/año
- o Cantidad de no-vidrio recuperada (toneladas) = 3.958 (total de los envases domésticos) 1.635 (vidrio) = 2.323 ton/año

Los costes medios de recuperación (expresados en miles de euros x 100.000 habitantes x año) están calculados sopesando tanto los costes de recogida viaria como los de retorno:

[1.635 (cantidad de vidrio recuperado) x 82 (coste de la recuperación de vidrio) + 2.323 (cantidad recuperada de no-vidrio) x 1.640 (coste de la recuperación de no-vidrio)] : [1.635 + 2.323] = 2.103 1.000€100.000 habitantes/año

_

⁴ Ver tabla en la que se presenta la eficiencia de los sistemas de recogida.

⇒ Costos para un sistema de depósito (Sistemas 2 y 3)

Esta tabla presenta las diferentes hipótesis utilizadas para calcular los costes del sistema de depósito.

Detalle de costes del sistema de d	epósitos			
Reminder of main characteristics	3			
		Syste		System 3
For	100 000	inhabitants / year	•	
Population with automatic system	% of total population	90%		90%
(RVM in large shops) Population with manual system				
(small shops)	% of total population	10%		10%
Automatic system RVM (large shops)				
Packaging collected	tons / yr	1 639		1 253
DVM	packs/yr	24 328 233		18 603 943
RVM Containers	units / yr units / yr	60 328		60 251
Total transport	km/yr	12 804		9 792
Manual system (small shops)				
Packaging collected	tons / yr	173		132
	packs/yr	2 560 867		1 958 310
Containers	units / yr	40		40
Packaging sorted & transferred Transport to sorting, transfer and	tons / yr	86		66
recycling	km/yr	47 474		31 715
Packaging sent to large shops	tons / yr	86		66
Transport to large shops	km/yr	46 800		31 200
Hypotheses				
Investment cost		Min	Max	Comments
RVM purchase	Euros / RVM	15 000	20 000	Various sources (Tomra, Roland Berger study) - the range corresponds to differences in type of RVM, size, technology
RVM installation	% of investment price	5%	15%	
Containers	Euros / container	25	30	For 240 L containers
Investment depreciation (straight-line a	lepreciation)			
Life duration	years	1	0	Formula for the investment (I) straight-line depreciation on the
Debt financing rate	%	69	%	life duration (D) with debt financing at a rate (R) without inflation
Operation cost				$A = \frac{I * R}{1 - \frac{1}{(1+R)^{n}D}}$
- F				Contains energy, technical and daily maintenance and cleaning
RVM, containers included (large	Euros / RVM / yr	665	2 275	costs According to Returpack, operating costs for a machine range
shops)	Euros/ RVIII / yi	003	2273	from 665 to 2275 €depending on how many and what kind of machines the retailer has.
Containers alone (small shops)	Hours / day / container	0,	5	Emptying, cleaning
	Euros / hour	1.		Average minimum salary in Europe is 7€hour, which has been
				multiplied by 1,3*1,5 to take legal charges into account
Space	m² / RVM m² / container	4.		3 to 7 m ² / RVM in Roland Berger study 0,4 m ² / container in Roland Berger study
	Euros / m ² / month	9		Roland Berger study
Specific packaging labelling	Euros cents / pack	0	0,15	E.g. security labels may be necessary with certain types of RVM
Sales losses	Euros / m² occupied	281	1 248	E.g. space occupied by RVMs and containers is no more used to sell products Data from the French Trade and Retail Federation (2004): the average turnover per m² of surface per day is 45 euros for a hypermarket, and 200 euros for a supermarket. With the assumption of a 2% margin, the sales losses in euros / m² occupied were estimated at 45*0.02*52*6=281 for a hypermarket, and 200*0.02*52*6=1248 for a supermarket
Transport	Euros / (t x km)	0,	2	Common data: 1 FF / (t x km)
Sorting	Euros / t	145	620	Source: Etude des coûts 2001 de la collecte sélective et du tri
Transfer Overhead	Euros / t	3	8	des ordures ménagères recyclables en France, Ademe
Overhead	% of total costs	10	70	

Los cálculos detallados realizados para evaluar los costes del depósito en el Sistema 3, basados en las hipótesis mencionadas con anterioridad, se pueden consultar en el Apéndice 5.

2.4.3.- PRINCIPALES HIPÓTESIS SOBRE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

⇒ Impactos medioambientales de un sistema de recogida selectiva multimaterial (Sistema 1 y Sistema 3)

La tabla que aparece en el Apéndice 6 ha sido extraida de la herramienta de simulación, en la que se presentan las hipótesis sobre impactos medioambientales para los sistemas de recogida selectiva multimaterial.

Los parámetros en color amarillo son los más destacados, mientras que los de color azul son parámetros secundarios.

Las principales hipótesis son el número de habitantes por punto de recogida (1.000, introducido por el usuario de la herramienta) y la frecuencia de recogida (una vez cada dos semanas; también introducido por el usuario). De esta forma, se puede calcular el volumen de residuos recuperados por semana. Las hipótesis sobre el volumen y la tasa de rellenado de los contenedores y de recogida de los vehículos permite calcular las cantidades que son necesarias para recoger el volumen de residuos determinado anteriormente. Asimismo, también se ha determinado el consumo energético de una planta de clasificación (o de los centros de transferencia para el Sistema 3), así como la distancia que es necesario recorrer al año para transportar los residuos desde las plantas de clasificación hasta las plantas de reciclado.

⇒ Impactos medioambientales de un sistema de depósito (Sistema 1 y Sistema 3)

La tabla que figura a continuación representa las principales hipótesis introducidas por el usuario en la herramienta que permiten calcular los impactos medioambientales en el sistema de depósito (por ejemplo, la proporción de la población que utiliza un sistema de depósito automático o manual, el número de habitantes por cada punto de recogida automático y manual, etc.).

Sistema 2 – Sistema de depósito de envases de bebidas						
Para						
100 000 habitantes por año						
Estructura del sistema de depósito	Fuente					
Población que utiliza el sistema automático de MDD (grandes superficies)	% de población total	90%	Α	Presunción		
Población que utiliza el sistema manual (pequeñas tiendas)	% de población total	10%	В	Presunción		
Sistema automático MDD (grandes sup.)						
Número de habitantes por punto de recogida	hab./pt.recogida	3 000	С	Presunción		
Número de puntos de recogida con depósito automático (MDD)	Puntos de recogida	30	D	= A* 100 000 / C		
Sistema manual (pequeñas tiendas)						
Número de habitantes por tienda pequeña	hab./pt.recogida	500	E	Presunción		
Número de tiendas pequeñas	Tiendas pequeñas	20	F	= B* 100 000 / E		
Número de habitantes por punto de recogida Número de puntos de recogida con depósito automático (MDD) Sistema manual (pequeñas tiendas) Número de habitantes por tienda pequeña	Puntos de recogida hab. / pt. recogida	30 500	D	= A* 100 000 / C		

⇒ Hipótesis sobre depósitos automáticos (utilizados en grandes superficies)

o Número de MDD por punto de recogida

La tabla que se puede consultar en el Apéndice 7 explica los cálculos realizados sobre el número de MDD por cada punto de recogida en un sistema de depósito. Está basado en dos presunciones principales:

- Cada MDD se vacía una vez al día
- La capacidad de acumulación (por ejemplo, el número total de envases que pueden ser compilados en una MDD) se ha establecido en 1.800 unidades por cada MDD (fuente: hipótesis derivada de datos suministrados por TOMRA)

Nota: puesto que las MDD están diseñadas para clasificar (y compactar) los envases de acuerdo al tipo de material, los contenedores de las MDD se subdividen (por lo general) en pequeños contenedores específicos para cada uno de los tipos de material. De esta forma, una MDD debe ser vaciada cada vez que uno de los pequeños contenedores está lleno. Por tanto, no debe considerarse únicamente la capacidad total de las MDD, sino la capacidad de acumulación específica de cada uno de los tipos de material de envases. Este estudio asume que estos contenedores específicos están diseñados para que se llenen todos al mismo tiempo (por ejemplo, si su capacidad refleja la cantidad media de cada uno de los materiales en los residuos totales). Esta simplificación no afecta a las conclusiones que refleja este estudio.

o Principales directrices para los impactos medioambientales en un sistema de depósito automático

Los principales parámetros de impactos medioambientales que genera un depósito automático son:

- El consumo de energía de las MDD (hipótesis: 100 kWh por cada tonelada de residuos de envases).
- La limpieza de las MDD (hipótesis: 1.5 litros de agua y 10 ml. de detergente para la limpieza de una MDD).
- La distancia de conducción anual que requiere su mantenimiento (hipótesis: 70 km. al año por punto de recogida).

También se han realizado hipótesis sobre los contenedores de residuos en los que se almacenan los envases una vez son vaciadas las MDD, y se han utilizado para calcular el número de contendores necesarios y los impactos medioambientales que supone su producción y limpieza.

En el Apéndice 7 se puede consultar una tabla que presenta todos los posibles detalles sobre estas hipótesis.

⇒ <u>Hipótesis sobre depósitos manuales (utilizados en tiendas pequeñas)</u>

En primer lugar, en una tabla se resume la cantidad de envases depositados al día en una tienda pequeña. Con estos datos y con la hipótesis del número de contenedores de residuos por cada tienda se puede calcular su frecuencia de vaciado y, con ello, la frecuencia del transporte de estos envases a grandes superficies o a centros de clasificación.

El principal impacto medioambiental de un sistema de depósito manual es el de los viajes que los dueños de las tiendas tienen que realizar con los residuos de envases a grandes superficies o centros de clasificación una vez que sus contenedores están llenos. Las diferentes etapas del cálculo son las siguientes:

- Suponiendo 500 habitantes por cada tienda pequeña, se puede evaluar el volumen de residuos de envases que deben ser recuperados al día en cada tienda pequeña.
- La hipótesis de dos contenedores de residuos de 240 litros por cada tienda, unida al volumen de residuos que deben recoger, permite calcular la frecuencia de vaciado.
- Se asume que un 50% de las tiendas llevarán los residuos de envases recuperados a un centro de clasificación y el 50% restante a grandes superficies con MDD. La distancia al destino en ambos casos es idéntica.

Estas hipótesis y cálculos, así como otros cálculos sobre la limpieza de los contenedores de residuos y el consumo energético de una planta de clasificación pueden consultarse en el Apéndice 7.

⇒ Hipótesis común para depósitos manuales y automáticos (transporte)

Una tabla del Apéndice 7 también presenta los cálculos de las distancias que deben recorrer los consumidores para llevar sus residuos de envases de bebidas a las tiendas, la energía consumida por los centros de transferencia, y la distancia de conducción hasta las plantas de reciclado.

3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1.- RESULTADOS SOBRE EFICIENCIA

La eficiencia global de los dos sistemas en estudio es equivalente, con un **58%** para el sistema de recogida selectiva multimaterial y un **59%** para el sistema combinado⁵.

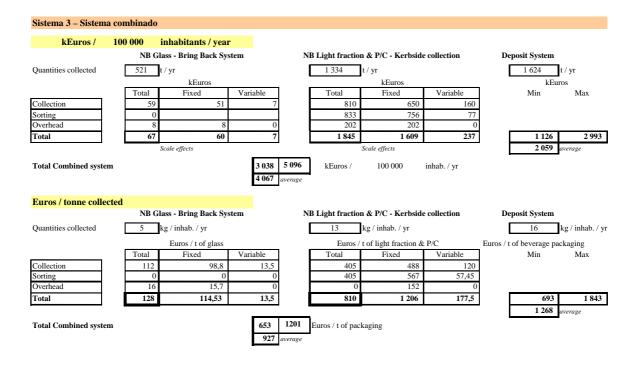
- En base a observaciones realizadas en países que han puesto en práctica el sistema de recogida selectiva multimaterial, se ha aplicado una tasa de recogida del 65% para la recogida viaria de envases distintos al vidrio. Esta cifra corresponde a una combinación de la tasa de participación de los ciudadanos (85-90%) y a la tasa de separación de envases en los hogares (70-80%). Respecto a la recogida de vidrio retornable, se ha aplicado una tasa del 75%. Estas tasas corresponden a situaciones relativamente optimistas. Todo ello resulta en una eficiencia de recuperación global para el Sistema 1 del 58% de envases recuperados frente al total de envases reciclables situados en el mercado.
- En los sistemas de depósito existentes se han observado tasas de eficiencia del orden del 75-85%. Estos niveles están muy influenciados por las tarifas de depósito que prevalecen de forma local.
- Puesto que el Sistema 3 es un sistema combinado, las tasas de recogida tanto para la recogida viaria multimaterial de envases no-bebida como para el sistema de depósito para envases de bebida se han estimado más bajas que las existentes en los países en los que existe un sólo sistema de recogida, como se explicó en la sección 1.4.2. (confusión de mensajes, desánimo...). Al considerar esta reducción para cada uno de los circuitos de recogida del Sistema 3 (viaria, retorno y depósito), el resultado es una tasa de recuperación global del 59% de envases recuperados sobre el total de envases reciclables existentes (el efecto negativo de la confusión se compensa con el efecto positivo de la adición).

3.2.- RESULTADOS SOBRE COSTOS

Los costos del sistema combinado son mayores que los costos del sistema de recogida selectiva multimaterial:

- El costo medio para el sistema de recogida selectiva multimaterial (Sistema 1) es de 530 €por tonelada recogida (2.100.000 euros por 100.000 habitantes por año -ver sección 2.4.3.1.)
- El costo global del sistema combinado (Sistema 3), computando los costos de la recogida selectiva de envases no-bebida y los costos del sistema de depósito para envases de bebida, varían entre 650 y 1.190 euros por tonelada recogida (de 3.000.000 a 5.100.000 euros por 100.000 habitantes por año, como se detalla en la tabla siguiente).

⁵ Una tabla en la que se presentan las dos posibles hipótesis sobre la eficiencia puede verse en la sección 2.4.2.



En este sistema combinado, la recuperación de envases no-bebida es responsable del 52% de los costes globales, mientras que el sistema de depósito para envases de bebida es responsable del 48%, lo que equivale, aproximadamente, a las cantidades de residuos de envases recuperadas sumando los de bebida con los de no-bebida.

Considerando el sistema de depósito del Sistema 3, los costes de operaciones son responsables del 80% de los costes globales del sistema combinado. El elemento de coste más importante en el apartado de costes de operaciones es el de la pérdida de ventas provocada por el espacio que ocupan las MDD en las tiendas. Sólo este apartado es responsable del 50 al 75% del coste del sistema de depósito.

3.3.- RESULTADOS SOBRE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

La siguiente tabla presenta los resultados de los ocho indicadores medioambientales considerados:

Para el sistema combinado (Sistema 3) se presentan dos columnas de resultados, en función de si la recogida viaria está ajustada (mínimo) o no (máximo). Con ello se reflejan las dos posibles situaciones que existen cuando un sistema de depósito para envases de bebida se añade a un sistema de recogida selectiva multimaterial. El hecho es que al añadir un sistema de depósito a otro de recogida selectiva multimaterial ya existente se produce una reducción de las cantidades que son recogidas de forma selectiva (los residuos de envases de bebidas son canalizados hacia la recogida en depósito, y la tasa de recogida de los envases que no son de bebida podría reducirse como resultado de la confusión y el desánimo descritos en la sección 2.4.2.). Las dos situaciones tomadas en consideración son las siguientes:

	Sistema i -		
	Recogida	Sistema 3 – Sistema comb	
Detalles sobre indicadores	selectiva multimaterial		
Detailed Sobie Maloudores	(recogida viaria de		
	fracción ligera & P/C	(sistema de depósi de bebida + recog	
	+ recogida de vidrio por aportación)	multimaterial de ot	
	рог аропасіоп)	MIN	MAX
		Con recogida	Con recogida
		viaria	viaria no
		ajustada	ajustada
Indicator de eficiencia			
% recogido vs total residuos de envases	58%	59	1%
	100	10	03
Indicador de coste			
Euros	531	653	1 201
	100	123	226
Indicadores medioambientales			
Agotamiento recursos no renovables	0,7	1,1	1,3
kg antimony eq.	100	173	200
Energía primaria	1 611,7	3 789	4 178
MJ	100	235	259
Efecto invernadero (direct, 100 años)	114,5	200	232
kg C02 eq	100	175	202
Oxidación fotoquímica	240,6	414	486
g ethylene eq.	100	172	202
Agotamiento del ozono de la estratosfera	0,05	0,10	0,12
g CFC-11 eq.	100	191	222
Toxicidad humana Toxicity	14,0	15	19
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	106	133
Ecotoxicidad acuática	2,8	2,98	3,76
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	106	133
Residuos municipals e industriales	1,5	1,62	2,05
ka .	100	110	138

Sistema 1 -

- Los equipamientos (contenedores, vehículos...) y su organización (frecuencia de vaciado...) se ajustan a la reducción de las cantidades recogidas. Esta situación queda representada en la columna titulada "con recogida viaria ajustada".
- No se producen ajustes en la organización. Los resultados para esta situación figuran en la columna titulada "con recogida viaria no ajustada".

Los impactos medioambientales del sistema combinado son generalmente mayores que los producidos por el sistema de recogida selectiva multimaterial en todos los indicadores medioambientales calculados.

- En el Sistema 1, el principal impacto medioambiental proviene de la recogida viaria de los envases no-vidrio (responsable del 80% de la emisión de gases de efecto invernadero del Sistema 1). Más precisamente, proceden del uso de vehículos de recogida (responsables del 75% de los gases de efecto invernadero emitidos por el subsistema de recogida viaria).
- Los impactos medioambientales del sistema combinado (Sistema 3) se subdividen, fundamentalmente, en dos etapas:

- o La utilización de vehículos de recogida para la recogida selectiva multimaterial de residuos de envases no-bebida (responsable del 25% de la emisión de gases de efecto invernadero en el Sistema 3)
- O La distancia que tienen que recorrer los ciudadanos en sus coches particulares para llevar los residuos de envases de bebida de vuelta a las tiendas. En la mayor parte de los casos, la gente llevará sus envases aprovechando la necesidad de realizar alguna compra, pero no necesariamente ocurrirá siempre así. Los impactos medioambientales de un sistema de depósito son extremadamente sensibles a la proporción de viajes que realiza la gente para ir de compras y son, al mismo tiempo, aprovechados para devolver sus residuos de envases. Por ejemplo, la imputación al depósito del 20% de dichos viajes es responsable del 45% de los gases de efecto invernadero emitidos en el Sistema 3.

3.4.- MEDIO AMBIENTE Y COSTE-EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE RECOGIDA

Para facilitar la lectura de los resultados detallados en las secciones anteriores, se han construido gráficos para representar los resultados medioambientales y de coste-eficiencia de los dos sistemas de recogida en estudio para cada tonelada de residuos recuperados.

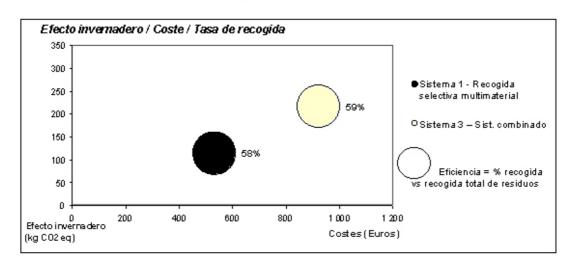
Cada sistema está representado por un círculo cuya superficie es proporcional a la eficiencia del sistema. Los costes están representados en el eje horizontal, mientras que el indicador medioambiental está representado en el eje vertical. Existen ocho gráficos diferentes, en los que únicamente varía el tipo de indicador medioambiental.

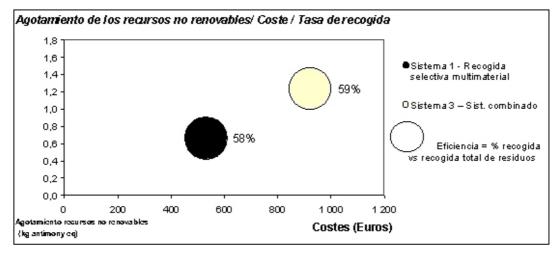
Los gráficos están seguidos por una tabla que resume los resultados.

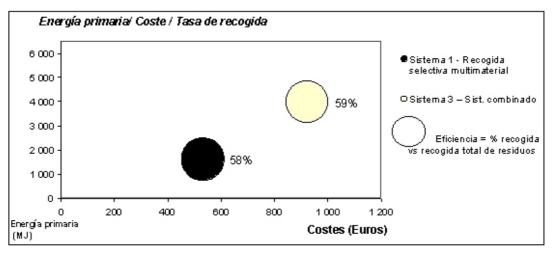
Recordatorio sobre los costos del Sistema 3: el coste presentado en los gráficos para el sistema combinado es una media de la variación de costes (esta variación refleja la diversidad de equipamiento, operaciones, etc. de un sistema de depósito, así como la posibilidad de que se produzcan ajustes en la recogida viaria).

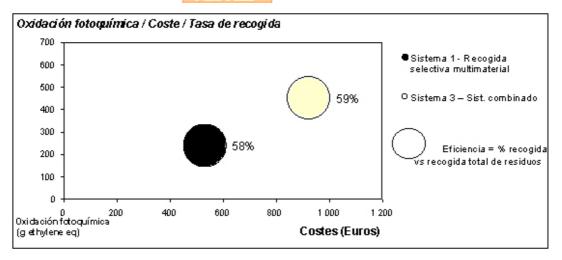
Nota sobre los impactos medioambientales del Sistema 3: las figuras representadas en los gráficos son los valores medios de las <u>variaciones REF</u>. Los valores bajos de los rangos corresponden al valor de la recogida viaria no ajustada, mientras que los valores altos se corresponden con la recogida viaria ajustada (ver sección 3.3.).

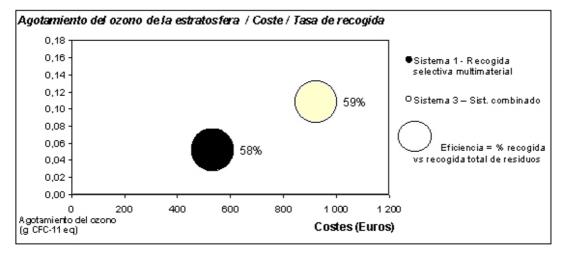
El mismo tipo de gráficos representando los resultados para 100.000 habitantes durante un año puede consultarse en el Apéndice 8.

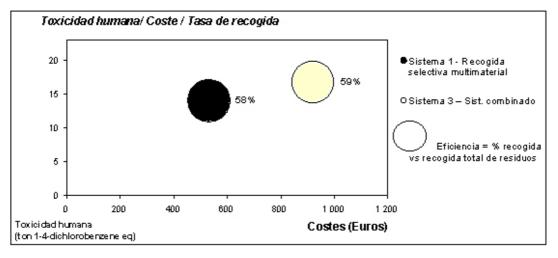


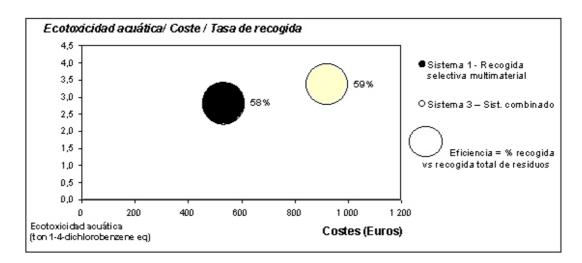


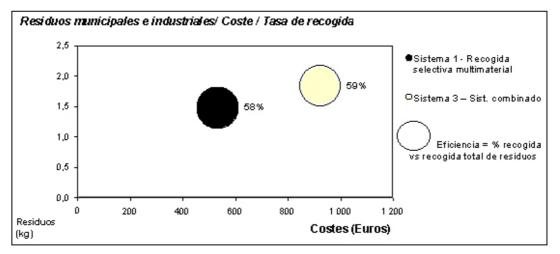












4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

I objetivo de esta sección es evaluar la firmeza de los resultados de la hipótesis principal. Para desarrollar estos análisis de sensibilidad se han aplicado variaciones (crecientes y menguantes) sobre los parámetros principales, manteniéndose el resto de parámetros inalterables.

La tabla que figura a continuación resume los diferentes análisis desarrollados en este capítulo.

Parámetro	Hipótesis inicial	Rango superior	Rango inferior
Tasas de recogida en Sistema 3	Recogida viaria: 60% (vidrio) retornable: 70% Depósito: 80%	+ 5 puntos Recogida viaria: 65% Retornable: 75% Depósito: 85%	- 5 puntos Recogida viaria: 55% Retornable: 65% Depósito: 75%
Costes espaciales y pérdida de ventas en Sistema 3	Costes espaciales: 9 € m²/ mes Pérdida de ventas: de 280 a 1250 € m² ocupado	+50% Costes espaciales: 13,5 € m²/ mes Pérdida de ventas: de 420 a 1855 € m² ocupado	- 50% Costes espaciales: 4,5 € m²/ mes Pérdida de ventas: de 140 a 625 € m² ocupado
Distancias de recogida	50 km	+50% 75 km	<u>- 50%</u> 25 km
Asignación de los viajes realizados en coches particulares para llevar los envases a las tiendas	20% asignado al Sistema 3	<u>+100%</u> 40%	-100% 0%

4.1.- PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE EFICIENCIA

4.1.1.- TASAS DE RECOGIDA DEL SISTEMA COMBINADO

Se han realizado dos simulaciones para estimar el impacto de una disminución de las diferentes tasas de recogida en el sistema combinado (Sistema 3). La primera consiste en un incremento de 5 puntos en las diferentes tasas de recogida del Sistema 3, lo que equivale a situar estas tasas de recuperación al mismo nivel que en el Sistema 1. La segunda consiste en reducir en 5 puntos las tasas de recogida del Sistema 3.

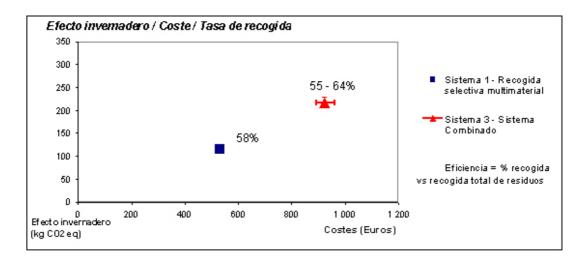
Estas variaciones quedan resumidas en la siguiente tabla:

Parámetro	Hipótesis inicial	Rango superior	Rango inferior
	Recogida viaria:	+ 5 puntos	<u>- 5 puntos</u>
Tasas de	60%	Recogida viaria: 65%	Recogida viaria: 55%
recogida en Sistema 3	Retornable: 70%	Retornable: 75%	Retornable: 65%
	Depósito: 80%	Depósito: 85%	Depósito: 75%

El gráfico siguiente presenta los resultados medioambientales y de coste-eficiencia para los Sistemas 1 y 3 en relación al indicador de efecto invernadero. La posición de los iconos representa la situación inicial, y el desplazamiento que se observa en ellos simboliza los resultados obtenidos con las variaciones. El grado de eficiencia obtenido en el análisis de sensibilidad aparece escrito junto al correspondiente icono.

(Con variaciones en la tasa de recogida de sistama combinado)

Indicadores de Eco-Eficiencia de los sistemas de recogida



Los otros indicadores medioambientales siguen la misma tendencia, por lo que sólo el gráfico que representa el efecto invernadero aparece en este capítulo. Los otros gráficos, así como las tablas detalladas en las que figuran los resultados de todos los indicadores medioambientales, pueden consultarse en el Apéndice 9.

La eficiencia global de un sistema combinado (inicialmente situada en el 59%) varía entre el 55% y el 64%.

Los resultados de un sistema combinado en términos de coste e impacto medioambiental son significativamente superiores a los de un sistema de recogida selectiva multimaterial debido a dos efectos que sólo pueden compensarse parcialmente:

- Por un lado, la mayor cantidad de residuos que deben recogerse necesita más instrumentos de recogida (distancia, consumo energético...), que se traduce en un incremento del coste y del impacto ambiental por cada 100.000 habitantes.
- Por otro lado, se tienen que recuperar cantidades mayores, lo que compensa parcialmente este incremento cuando se consideran los costes por tonelada.

4.2.- PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE COSTES

4.2.1.- COSTES DEL ESPACIO Y PÉRDIDA DE VENTAS EN UN SISTEMA COMBINADO

Estos elementos de costes son los más importantes en el análisis de los costes del sistema combinado. Los factores asumidos en este estudio son los siguientes:

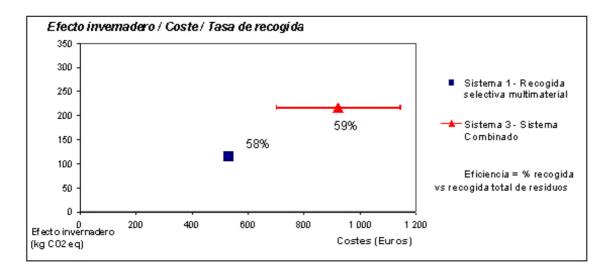
- Los costes de espacio se estimaron en 9 euros por metro cuadrado al mes (fuente: estudio de Roland Berger)
- Las pérdidas de ventas varían entre los 280 y los 1.250 euros por metro cuadrado ocupado, en función del tipo de tienda. 280 euros por metro cuadrado ocupado representan las pérdidas de ventas de un hipermercado de tipo medio, y 1.250 euros las de un supermercado medio (fuente: federación francesa de vendedores al por menor).

En algunos casos, las máquinas de devolución de depósito no estarán ubicadas en las tiendas, sino, por ejemplo, junto a gasolineras o en aparcamientos. Los costes del espacio en estas situaciones pueden ser menores (incluso 0 en algunos casos) y podría no haber pérdidas por ventas.

Con el objetivo de valorar la sensibilidad de los resultados de estos parámetros se ha realizado una simulación con variaciones de +/- 50% en los costos del espacio y de pérdida de ventas asociadas al espacio ocupado por las MDD en el sistema de depósito. Esta simulación representa el caso en el que el 50% de las MDD estén ubicadas en lugares con coste 0, y aquel en el que la mayor parte de las MDD están situadas en supermercados y no en hipermercados.

Los resultados se muestran en el gráfico que figura a continuación (para el indicador de efecto invernadero):

Para 1 ton.



Este análisis de sensibilidad sólo muestra la influencia sobre costes; los gráficos con los otros indicadores medioambientales no figuran aquí. En el Apéndice 9 pueden consultarse tablas detalladas en las que figuran los resultados para todos los indicadores medioambientales.

Estos resultados muestran que los costes de recogida globales de un sistema combinado son muy sensibles a los costes de espacio y a la pérdida de ventas generada por la instalación de MDD. Sin embargo, los costes globales del sistema combinado obtenidos en el análisis de sensibilidad son todavía mayores a los costes de un sistema de recogida selectiva multimaterial.

4.3.- PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

4.3.1.- DISTANCIAS DE RECOGIDA

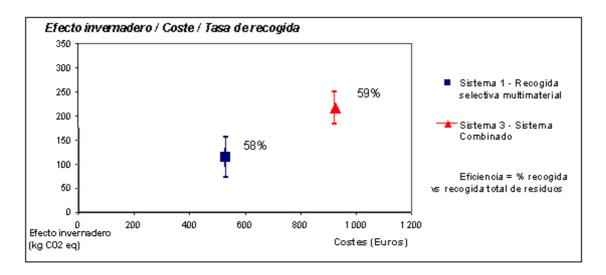
Como se ha analizado en la sección 2.3, la recogida de los residuos en camiones es un componente muy importante de los impactos medioambientales: el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero de un sistema de recogida selectiva multimaterial (sistema 1) y el 25% de un sistema combinado (Sistema 3).

Con el objetivo de estimar la sensibilidad de los resultados sobre las distancias de recogida, se realizaron variaciones de +/- 50% sobre este parámetro: de 50 km. a un abanico de 25-75 km, tanto para la recogida viaria de envases no-vidrio como para la recogida de vidrio no retornable mediante iglús.

Los resultados se muestran en la tabla siguiente (para el indicador de efecto invernadero):

Indicadores de Eco-Eficiencia de los sistemas de recogida

Para 1ton.



Aunque sólo el gráfico que representa las cifras de efecto invernadero aparece en esta sección, el resto de indicadores medioambientales sigue la misma tendencia (Apéndice 9).

En los gráficos se puede observar un incremento de todos los indicadores medioambientales cuando las distancias de recogida viaria se incrementan (igualmente, se aprecia una reducción cuando las distancias disminuyen). Pero independientemente de cuál sea la variación de las distancias de recogida, los impactos medioambientales de un sistema combinado continúan siendo superiores a los de un sistema de recogida selectiva multimaterial en todos los indicadores.

Como conclusión, la distancia de recogida se muestra como un parámetro muy sensible sobre los resultados absolutos, pero no en los resultados relativos de cada uno de los sistemas.

4.3.2.- DISTRIBUCIÓN DE LOS VIAJES REALIZADOS POR LOS CIUDADANOS EN SUS VEHÍCULOS PARA LLEVAR SUS ENVASES DE BEBIDAS A LAS TIENDAS

En el sistema combinado (Sistema 3), el 20% de los viajes realizados por los ciudadanos en sus vehículos particulares para devolver a las tiendas sus envases de bebidas fueron asignados al sistema (podría responder a la siguiente situación: alrededor de la mitad de las veces que la gente va de compras aprovecha para llevar sus envases de bebidas, de forma que el 50% del impacto generado por este viaje se asigna a los envases de bebidas, mientras que el 50% restante se asigna a ir de compras). Esta etapa del ciclo de vida de los envases es muy importante en términos de impactos medioambientales, al ser responsable, por ejemplo, del 45% de las emisiones de gases de efecto invernadero del Sistema 3.

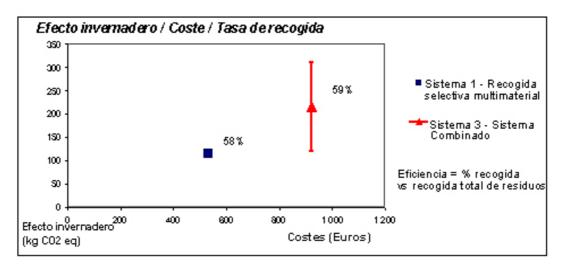
Con el fin de estimar la sensibilidad de los resultados de este parámetro, se realizaron simulaciones con variaciones de +/- 100% sobre este parámetro:

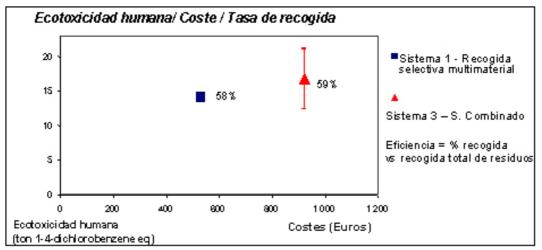
- 0% de los viajes asignados a este sistema: todos los impactos generados por el transporte son asignados a las tiendas.
- 40% de los viajes son asignados al sistema: la mitad de las veces que la gente va de compras lleva consigo sus envases de bebidas, y todo el impacto generado por los viajes es asignado a los envases de bebidas.

Los resultados figuran en el gráfico que aparece a continuación (para los indicadores de efecto invernadero y de toxicidad humana).

(Con variaciones en la distribución de los viajes realizados para transportar los residuos de envases de bebidas a las tiendas)

Indicadores de Eco-Eficiencia de los sistemas de recogida





Aunque en esta sección sólo aparecen el gráfico que representa las cifras de efecto invernadero y toxicidad humana, el resto de indicadores medioambientales sigue la misma tendencia (Apéndice 9).

Los impactos medioambientales del sistema combinado son muy sensibles a este parámetro. De media, todos los indicadores se reducen a la mitad cuando la asignación de los viajes en vehículos particulares pasa del 20% al 0%, y se multiplican por 1.5 cuando se incrementa del 20% al 40%.

En el caso de no asignar al sistema ningún viaje en coche particular es interesante destacar que los resultados de la comparación entre los dos sistemas de recogida cambia: las diferencias en los impactos medioambientales dejan de ser significativas en todos los indicadores. En este caso, los impactos medioambientales de los dos sistemas se vuelven equivalentes.

4.3.3.- TASA DE RECHAZO EN LAS PLANTAS DE CLASIFICACIÓN

No se aplica ninguna tasa de rechazo en las plantas de clasificación para la recogida viaria (asumiendo que todos los residuos de envases que entran en las plantas de clasificación son clasificados y transportados a las unidades de reciclado).

En el caso de la recogida selectiva multimaterial, la tasa del rechazo puede alcanzar el 10-20%, y los residuos rechazados son enviados tanto a un vertedero como a una planta de incineración.

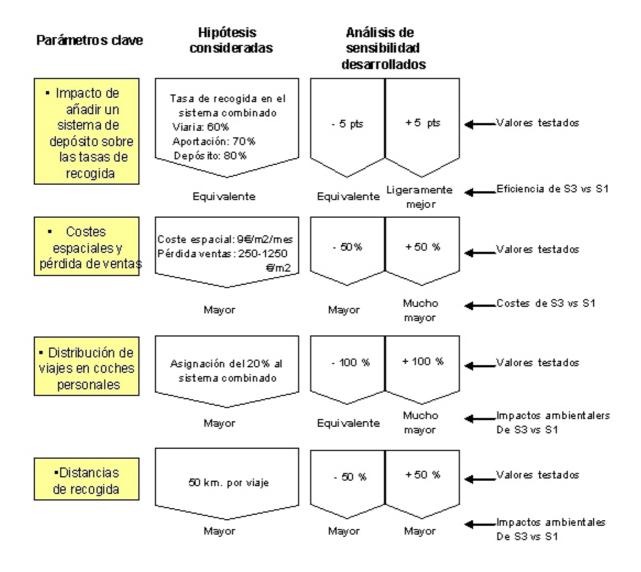
Considerar la tasa de rechazo no modificaría significativamente los impactos medioambientales en la etapa del transporte, puesto que los residuos rechazados también tendrían que ser transportados. Y los impactos medioambientales de su vertido o incineración serían añadidos tanto al Sistema 1 como al Sistema 3.

El comportamiento medioambiental global de ambos sistemas no se ve afectado significativamente, puesto que los impactos medioambientales proceden fundamentalmente de la etapa de recogida y las cantidades concernientes son relativamente pequeñas.

4.3.4.- CONCLUSIONES SOBRE EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Las tasas de recogida, el coste del espacio y la pérdida de ventas, así como la asignación de los viajes en coches particulares al sistema combinado, son parámetros sensibles.

La tabla que figura a continuación representa los diferentes análisis de sensibilidad desarrollados y sus resultados:



Al cambiar los parámetros uno a uno, puede resultar que el sistema combinado y el sistema de recogida selectiva multimaterial tengan una o dos equivalencias en los aspectos bajo estudio (impactos ambientales, costes y eficiencia), pero nunca los tres aspectos al mismo tiempo. El sistema combinado tampoco aparece nunca mejor que el sistema de recogida selectiva multimaterial en ninguno de los aspectos.

En pocas palabras, variar los parámetros de sensibilidad uno a uno no afecta a los resultados globales del estudio (mejores resultados medioambientales y de coste-eficiencia del sistema de recogida selectiva multimaterial frente al sistema combinado).

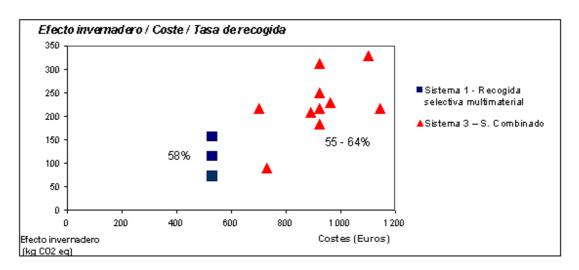
Con el objetivo de fijar estos resultados, se ha desarrollado un último análisis de sensibilidad, en el que todos los parámetros aumentan o disminuyen al mismo tiempo, como figura en la tabla siguiente:

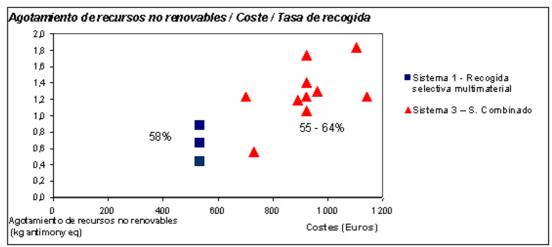
Parámetros	Hipótesis inicial	Abanico superior	Abanico inferior
Tasas de recogida en S3	Recogida viaria: 60% (vidrio por) Aportación: 70% Depósito: 80%	+ 5 points Recogida viaria: 65% Aportación: 75% Depósito: 85%	- 5 points Recogida viaria: 55% Aportación: 65% Depósito: 75%
Costes espaciales y pérdida de ventas en S3	Costes espaciales: 9 € m²/ mes Pérdida de ventas: de 280 a 1250 € m² ocupado	+50% Costes espaciales: 13,5 € m²/ mes Pérdida de ventas: de 420 a 1855 € m² ocupado	-50% Costes espaciales: 4,5 € m²/ mes Pérdida de ventas: de 140 a 625 € m² ocupado
Distancias de recogida	50 km	<u>+50%</u> 75 km	<u>- 50%</u> 25 km
Asignación de viajes realizados en coches particulares para llevar los envases a las tiendas	20% asignado a S3	<u>+100%</u> 40%	<u>-100%</u> 0%

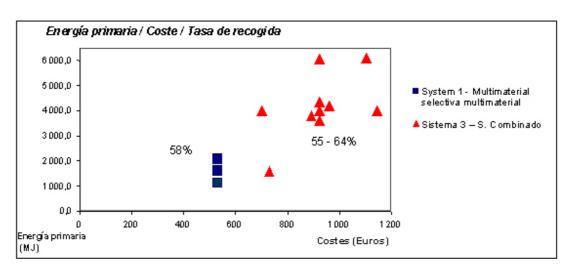
Los resultados de estos dos análisis, así como los resultados de todas las variaciones desarrolladas con anterioridad, se presentan en los gráficos que siguen, para todos los indicadores medioambientales. Los diferentes resultados obtenidos para costes e impactos medioambientales están representados en los iconos, mientras que el grado de eficiencia obtenido figura junto al correspondiente icono. En el Apéndice 9 figura una tabla en la que se presentan los resultados obtenidos cuando todos los parámetros varían al mismo tiempo.

Indicadores de Eco-Eficiencia de los sistemas de recogida

Para 1ton.

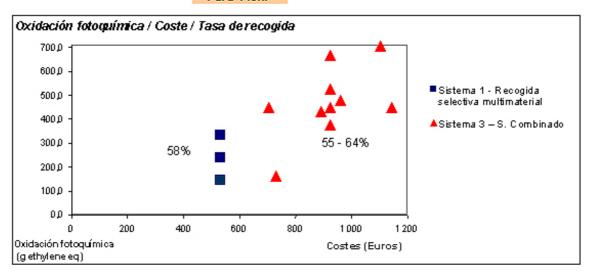


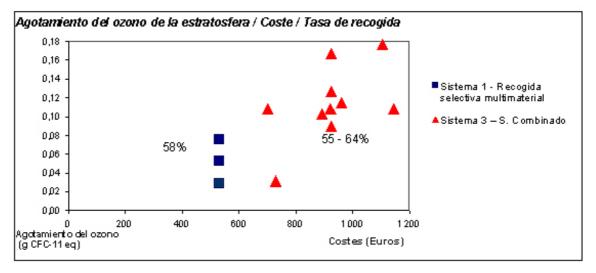


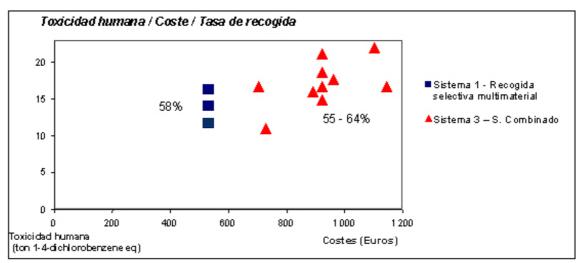


Indicadores de Eco-Eficiencia de los sistemas de recogida

Para 1ton.

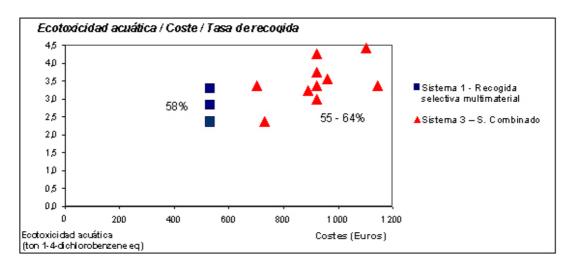


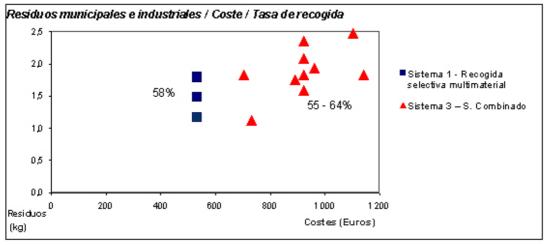




Indicadores de Eco-Eficiencia de los sistemas de recogida

Para 1ton.





Estos gráficos confirman los resultados obtenidos con las variaciones individuales:

- El sistema combinado no resulta nunca significativamente mejor que la recogida selectiva multimaterial en ninguno de los aspectos estudiados (impactos medioambiental, costes y eficiencia).
- En algunas situaciones específicas el sistema combinado puede ser equivalente en términos de impactos medioambientales o ligeramente mejor en términos de eficiencia frente a la recogida selectiva multimaterial, pero los costes serán siempre mayores.

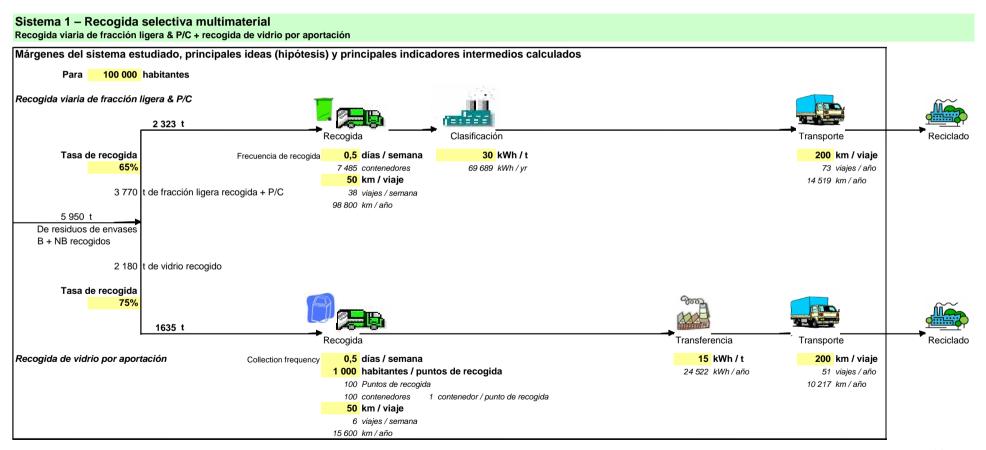
5. CONCLUSIONES

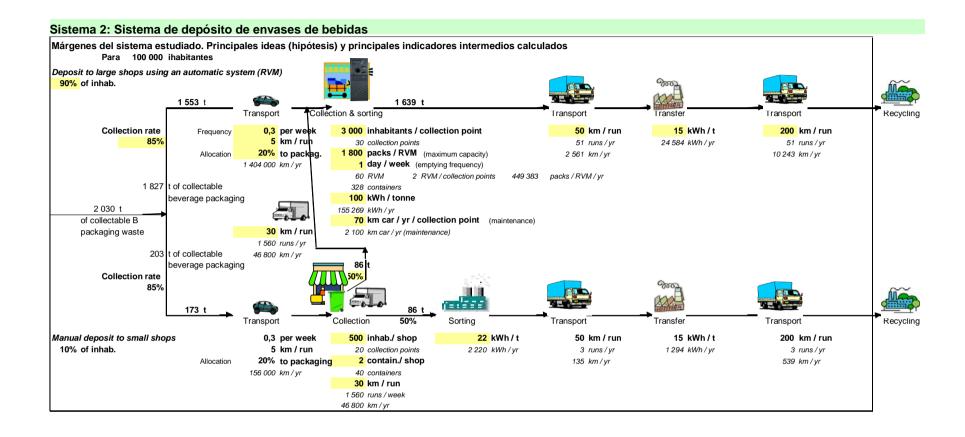
os resultados de este estudio muestran que cuando un sistema de depósito se añade a un sistema de recogida viaria multimaterial ya existente, los resultados obtenidos por el sistema combinado son peores en términos medioambientales y de coste-eficiencia frente al sistema de recogida selectiva multimaterial único existente con anterioridad.

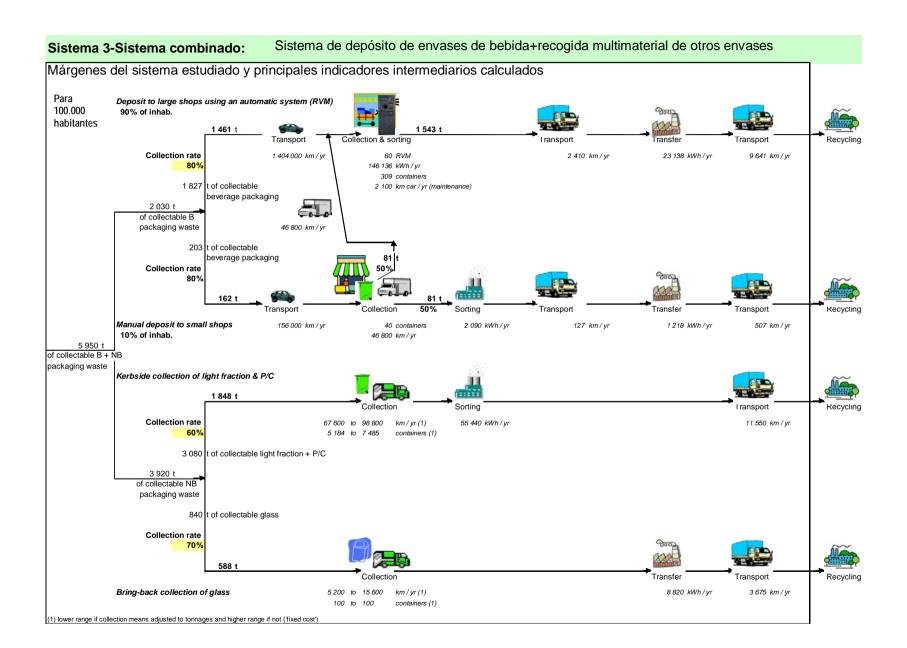
El análisis medioambiental y de coste-eficiencia llevado a cabo no permite recomendar la puesta en marcha de un sistema de depósito adicional a una recogida selectiva multimaterial ya existente en ninguna circunstancia. Son necesarios análisis locales y regionales para determinar la mejor solución en un perímetro dado, teniendo en consideración las especificidades locales (distancias), los hábitos esperables de los ciudadanos (participación en los sistemas de recogida múltiple), y las opciones técnicas y organizativas (posibilidad de optimizar los medios de recogida existentes, espacio donde ubicar los equipos de depósito...).

APÉNDICE 1: SISTEMAS BAJO ESTUDIO

Las figuras presentadas son los principales ejes del sistema. En amarillo figuran las que tiene que introducir el usuario de la herramienta (aquí figuran presunciones basadas en datos existentes), y en itálica las que calcula la herramienta.







APÉNDICE 2: HIPÓTESIS DETALLADA UTILIZADA PARA LAS ESTIMACIONES MEDIOAMBIENTALES

Los siguientes datos han sido elaborados mediante el programa Wisard, versión 4.0:

HYPOTHESES	SOURCES
пігоілезез	OF DATA

MULTIMATERIAL	SELECTIVE COLLECTION	
Containers		
Volume	240 L	А
	1.35 kg of steel / container End of life: landfill	
Structure	15 kg of PE / container End of life: incineration with energy	΄ Α
Structure	recovery	A
	2.7 kg of rubber / container End of life: landfill	
Life duration	15 years	Α
Cleaning	Cleaning frequency: once a month	Α
_	Quantity of water per cleaning: 6 L	Α
Collection truck		
Type of gas	Gasoil	A
Volume	16 m ³	В
	55% collection	
Structure of the rur		Α
	10.4 t of steel / truck	
Weight	1 t of PP / truck	Α
vveigni	500 kg of aluminium / truck	A
	100 kg glass / truck	
Life duration	200 000 km	Α
	Cleaning frequency: 7 times / 1000 km	
Cleaning	312 L of water per cleaning	Α
	0.23 L of detergent per cleaning	
	90 L / 100 km during collection	
Gas consumption	52.5 L / 100 km during deadhead	Α
	30 L / 100 km on highways	
	Motor oil:	
	Emptying frequency: 1.25 / 10 000 km	
Oils	Consumption per emptying: 22 L	Α
	Hydraulic oil:	
	Emptying frequency: 0.25 / 10 000 km	
	Consumption per emptying: 100 L	

SORTING PLANT		
	505 t of asphalt	
Structure of the	76.8 t of concrete	
builing	18.5 t of steel	В
	0.1 t of aluminium	
	0.1 t of rubber	
Life duration	10 years	В
Engines	Conveyor, overband, AC, baler and metal press	В

TRANSPORT B	Y TRUCK	
Type of vehicle	Gas consumption: 38 L / 100 km ¹	Α
Type of verticle	Lorry capacity: 24 tons	A

REVERSE VENDING MACHINE		
Weight	250 kg, with - 210 kg of steel - 15 kg of aluminium	С
Life duration of a machine	10 years	End of life: landfill for aluminium, and recycling for steel

TRANSPORT BY PERSONAL CAR		
Type of vehicle	Gas consumption: 0,06 kg diesel / 100 km	D
Type of verticle	Lorry capacity: 24 tons	

^{1:} Gas consumption (litres) = km * 38/100 * [2/3 + 1/3 * real load/payload + empty return rate * 2/3] Sources of data

B: Assumption made by Bio Intelligence Service based on Wisard data

C: Assumption made by Bio Intelligence Service based on data provided by Tomra

D: SIMAPRO LCA software

APÉNDICE 3: IMPACTOS AMBIENTALES CONSIDERADOS

A continuación figuran las descripciones y los métodos de cálculo de los diferentes indicadores medioambientales utilizados en este estudio (fuente: Wisard).

ENERGÍA PRIMARIA

⇒ Breve descripción

Energía primaria disponible en la naturaleza. La energía fósil, hidráulica, geotérmica, mareomotriz, solar, eólica y nuclear son energías primarias.

Estas fuentes de energía pueden ser utilizadas directamente (por ejemplo, la combustión del carbón en una chimenea), o bien transformadas (por ejemplo, la combustión de carbón en una central térmica).

EFECTO INVERNADERO

⇒ Breve descripción

La Tierra absorbe la radiación del Sol, principalmente en la superficie. A continuación, la energía de redistribuye por la atmósfera y los océanos, y vuelve a radiarse hacia el espacio en grandes longitudes de onda. Parte de la radiación termal es absorbida por gases ('efecto invernadero') en la atmósfera, principalmente vapor de agua, pero también dióxido de carbono, metano, CFCs, ozono y otros gases de efecto invernadero. La energía absorbida es re-radiada en todas las direcciones –hacia abajo y hacia arriba-, de forma que la radiación que eventualmente se pierde en el espacio procede de las capas más altas y frías de la atmósfera. El resultado es que la superficie pierde menos calor de lo que perdería en ausencia de los gases invernadero y, consecuentemente, la temperatura aumenta. Este fenómeno, que actúa como una 'capa' sobre la Tierra, es conocido como 'efecto invernadero'.

El efecto invernadero es un fenómeno normal. Lo que resulta peligroso es el incremento del mismo debido a las emisiones antropogénicas. La consecuencia de este incremento general de la temperatura puede alterar las temperaturas de la atmósfera y de los océanos, lo que podría llegar a provocar una alteración de los ciclos de temperaturas y de lluvias que conocemos. También se ha predecido un aumento del nivel del mar por la expansión térmica de los océanos y la fundición del hielo de los casquetes polares.

⇒ Efecto invernadero: índices

El indicador presentado aquí es IPCC-Efecto invernadero (100 años). Considera los efectos potenciales directos sobre el calentamiento global por la emisión de 38 gases con 'efecto invernadero'.

A continuación figura una tabla de los flujos tenidos en cuenta con su correspondiente factor de caracterización (para convertir las unidades en g ep $C0_2$):

IPCC-Efecto invernadero (directo, 100 años) (g ep. CO2)

(a) Dióxido de Carbono (CO ₂ , fósil)	1
(a) Metano (CH ₄)	23
(a) Óxido de Nitrógeno (N ₂ O)	296
(a) CFC 11 (CFC13)	4600
(a) CFC 12 (CCI2F2)	10600
(a) CFC 13 (CF3CI)	14000
(a) CFC 114 (CF2CICF2CI)	9800
(a) HCFC 22 (CHF2CI)	1900
(a) Halón 1301 (CF ₃ Br)	6900
(a) Tetrafluoruro de Carbono (CF ₄)	5700
(a) Hexafluoretano (C ₂ F ₆ , FC116)	11900

AGOTAMIENTO DEL OZONO DE LA ESTRATOSFERA

⇒ Breve descripción

La capa de ozono está presente en la estratosfera y actúa como un filtro que absorbe las ondas cortas de luces ultravioleta dañinas, al tiempo que permite el paso de las ondas más largas.

Desde finales de los años setenta se viene observado en primavera un adelgazamiento de la capa de ozono sobre el Antártico, llegando a alcanzar entre el 80% y el 98% de esta capa (es lo que se conoce como 'agujero de ozono').

Este agujero sobre el Antártico se ha creado por la especial composición química presente en los Polos. Durante el invierno, un vórtice ciclónico se forma sobre el Antártico, en donde las temperaturas pueden llegar a ser muy bajas (hasta -80° C), lo que provoca la formación de 'nubes polares estratosféricas' (NPS). La mayor parte del cloro y del bromo presente en la atmósfera (procedentes de CFCs y de otras fuentes) se concentra en campos de reserva que los hacen inertes e impiden que afecten al ozono. Sin embargo, con la presencia de NPSs se producen complejas reacciones que liberan el cloro y el bromo de sus campos de reserva. La adición de la luz ultravioleta durante la primavera provoca reacciones en las que se ven envueltos el cloro y el bromo y que provocan el agotamiento del ozono. Cuando el vórtice se descompone, este aire de ozono agotado se mezcla con el resto de la estratosfera. Estas reacciones también ocurren en el Ártico, aunque en menor grado.

La reducción de la capa de ozono provoca una mayor radiación de las ondas cortas dañinas que recibe la superficie de la Tierra, provocando potenciales cambios en los ecosistemas, ya que la flora y la fauna tienen diferentes capacidades para hacer frente a los cambios. También puede provocar efectos adversos para la productividad agrícola, y sus efectos en el hombre podrían incluir un aumento de las tasas de cáncer de piel (particularmente el tipo de melanoma maligno) y de cataratas de los ojos, así como un debilitamiento del sistema inmune.

⇒ Indicador de agotamiento del ozono de la estratosfera

El agotamiento del ozono se expresa en gramos de CFC-11

La siguiente es una tabla con los flujos tomados en cuenta, con su correspondiente factor de caracterización.

Agotamiento del ozono de la estratosfera	(g eq CFC11)	
(a) CFC 11 (CFC13)		1
(a) CFC 114 (CF2CICF2CI)		0,85
(a) CFC 12 (CI2F2)		0,82
(a) Halón 1301 (CF3Br)		12
(a) HCFC 22 (CHF2CI)		0,034

TOXICIDAD HUMANA Y ACUÁTICA

⇒ Breve descripción

El sistema de la Unión Europea para la Evaluación de Sustancias (EUSES, en sus siglas en inglés) es un método de caracterización de los riesgos tóxicos en humanos (riesgo de ecotoxicidad de los ecosistemas) procedentes de las emisiones atmosféricas, corrientes líquidas o sustancias dispersas en los suelos. La naturaleza real y el daño no están cuantificados. El riesgo se evalúa sobre una escala estandarizada con un 1,4 de diclorobenceno como sustancia de referencia. Por tanto, los resultados expresan una equivalencia de riesgo por la emisión de un gramo de 1,4 de diclorobenceno.

⇒ Indicadores de toxicidad humana y acuática

A continuación figura un listado con los flujos tenidos en consideración, con sus correspondientes factores de caracterización:

USOS 2.0	Toxicidad humana	(g. ea	1-4-diclorobenceno))
CD CD =•0	I Oznerada mamama	(5.04	1 i diciol obelicello,	,

(a) Antimonio (Sb)	6.200
(a) Arsénico (As)	370.000
(a) Bario (Ba)	710
(a) Berilio (Be)	240.000
(a) Cadmio (Cd)	160.000
(a) Cobalto (Co)	19.000
(a) Cobre (Cu)	4.700
(a) Plomo (Pb)	360
(a) Mercurio (Hg)	1.200
(a) Molibdeno (Mo)	4.900
(a) Níquel (Ni)	38.000
(a) Selenio (Se)	43.000
(a) Talio (Tl)	310.000
(a) Estaño (Sn)	1,2
(a) Vanadio (V)	6.000
(a) Zinc (Zn)	110
(a) Amoniaco (NH ₃)	1
(a) Hidrógeno sulfúrico (H ₂ S)	0,77
(a) Hidrógeno clorhídrico (HCI)	2,4
(a) Etileno (C ₂ H ₄)	0,69
(a) Formaldehido (CH ₂ O)	0,91
(a) Benceno (C_6H_6)	2.000
(a) Tolueno	0,36
(a) Fenol (C6H5OH)	0,57
(a) Etilobenceno (C6H5C2H5)	1,1
(a) Dicloroteno (1,2-CH2CICH2CI)	7
(a) Tricloroteno (1,1,1-CH3CCI3)	16
(a) Tetracloroetileno (C2CI4)	5,3
(w) Arsénico (As3+, As5+)	880
(w) Bario (Ba++)	570
(w) Cadmio (Cd++)	23
(w) Cromo (Cr III)	2,1
(w) Cromo (Cr VI)	3,4
(w) Cobalto (Co I, Co II, Co III)	99
(w) Cobre (Cu+, Cu++)	1,3
(w) Plomo (Pb++, Pb4+)	12
(w) Mercurio (Hg+, Hg++)	250
(w) Molibdeno (Mo II, Mo III, Mo IV, Mo V, Mo)	5.000

(w) Níquel (Ni++, Ni3+)	310
(w) Selenio (Se II, Se IV, Se VI)	51.000
(w) Estaño (Sn++, Sn4+)	0,017
(w) Vanadio (V3+, V5+)	2.900
(w) $Zinc(Zn++)$	0,57
(w) Formaldehido (CH2O)	0,04
(w) Benceno (C6H6)	1.900
(w) Tolueno	0,33
(w) Fenol (C6H5OH)	0,054
(w) Etilobenceno (C6H5C2H5)	0,9
(w) Metileno clorato (CH2CI2, HC-130)	1,8
(w) Cloroformo (CHCI3, HC-20)	12
(w) Tricloroteno (1,1,1-CH3CCI3)	16
(w) Trocloroetileno (CCI2CHCI)	36
(w) Tetracloroetileno (C2CI4)	5,5
(s) Arsénico (As)	490
(s) Cadmio (Cd)	90
(s) Cobalto (Co)	61
(s) Cobre (Cu)	3,2
(s) Plomo (Pb)	180
(s) Mercurio (Hg)	200
(s) Molibdeno (Mo)	2.800
(s) Níquel (Ni)	160
(s) Selenio (Se)	25.000
(s) Talio (Tl)	100.000
(s) Estaño (Sn)	32
(s) Vanadio (V)	1.600
(s) Zinc (Zn)	0,35
(s) Clorobenceno (C6H5CI)	7,1
(2) (23-20-)	7,1

USOS 2.0 Toxicidad acuática (g. eq 1-4-diclorobenceno)

USOS 2.0 Toxicidad acuática (g. eq 1-4-diclorobenceno)	
(a) Antimonio (Sb)	44.000
(a) Arsénico (As)	290.000
(a) Bario (Ba)	1.000.000
(a) Berilio (Be)	620.000.000
(a) Cadmio (Cd)	1.500.000
(a) Cobalto (Co)	7.200.000
(a) Cobre (Cu)	1.200.000
(a) Plomo (Pb)	9.000
(a) Mercurio (Hg) (a) Molibdeno (Mo)	1.600.000 2.600.000
(a) Níquel (Ni)	5.000.000
(a) Selenio (Se)	28.000.000
(a) Talio (Tl)	34.000.000
(a) Estaño (Sn)	9.600
(a) Vanadio (V)	16.000.000
(a) Zinc (Zn)	89.000
(a) Etileno (C2H4)	1,1E-10
(a) Formaldehido (CH ₂ O)	2,4
(a) Benceno (C6H6)	0,0037
(a) Tolueno	0,00093
(a) Fenol (C6H5OH)	0,77
(a) Etilobenceno (C6H5C2H5)	0,0011
(a) Benzo(a)pireno	1.800
(a) Dicloroteno (1,2-CH2CICH2CI)	0,11
(a) Tricloroteno (1,1,1-CH3CCI3)	0,44
(a) Tetracloroetileno (C2CI4)	0,45 160.000
(w) Arsénico (As3+, As5+) (w) Bario (Ba++)	1.100.000
(w) Cadmio (Cd++)	290.000
(w) Cromo (Cr III)	1.100
(w) Cromo (Cr VI)	4.600
(w) Cobalto (Co I, Co II, Co III)	5.800.000
(w) Cobre (Cu+, Cu++)	310.000
(w) Plomo (Pb++, Pb4+)	1.500
(w) Mercurio (Hg+, Hg++)	280.000
(w) Molibdeno (Mo II, Mo III, Mo IV, Mo V, Mo	2.800.000
(w) Níquel (Ni++, Ni3+)	3.000.000
(w) Selenio (Se II, Se IV, Se VI)	34.000.000
(w) Estaño (Sn++, Sn4+)	1.600
(w) Vanadio (V3+, V5+)	11.000.000
(w) Zinc (Zn++)	18.000
(w) Formaldehido (CH2O)	7,5
(w) Benceno (C6H6)	0,0059 0,0092
(w) Tolueno (C6H5CH3) (w) Fenol (C6H5OH)	6,2
(w) Etilobenceno (C6H5C2H5)	0,016
(w) Fluoreteno	1.500
(w) Metileno clorato (CH2CI2, HC-130)	0,005
(w) Cloroformo (CHCI3, HC-20)	0,078
(w) Tricloroteno (1,1,1-CH3CCI3)	0,44
(w) Trocloroetileno (CCI2CHCI)	0,0069
(w) Tetracloroetileno (C2CI4)	0,47
(s) Arsénico (As)	81.000
(s) Cadmio (Cd)	150.000
(s) Cobalto (Co)	2.900.000
(s) Cobre (Cu)	170.000
(s) Plomo (Pb)	880
(s) Mercurio (Hg)	220.000
(s) Molibdeno (Mo)	1.500.000
(s) Níquel (Ni)	1.500.000
(s) Selenio (Se) (s) Talio (TI)	17.000.000 18.000.000
(s) Tano (11) (s) Estaño (Sn)	18.000.000 980
(s) Vanadio (V)	5.900.000
(s) Validatio (V) (s) Zinc (Zn)	9.400
(s) Clorobenceno (C6H5CI)	0,11
(-,	0,11

AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS NO RENOVABLES

⇒ Breve descripción

El agotamiento de recursos puede ser definido como una disponibilidad decreciente de los recursos naturales. Los recursos considerados en este impacto son recursos fósiles y minerales, quedando excluidos los recursos biológicos y sus impactos asociados, como la extinción de especies o la pérdida de la biodiversidad. Este índice hace referencia al agotamiento de varios recursos más que a los impactos causados por su extracción en el medio ambiente (por ejemplo, las emisiones de metano por las actividades mineras).

Algunas escuelas de pensamiento consideran que el agotamiento de recursos no debe ser considerado como un impacto medioambiental. Se basan en las siguientes apreciaciones:

- se piensa que los mecanismos que regulan los precios del mercado tendrán en cuenta el problema de la escasez, siendo el precio una medida del nivel de agotamiento de los recursos o de su escasez y su valor social.
- todavía hay reservas crecientes conocidas de minerales fósiles.
- el mayor potencial de las energías limpias sustitutivas, como la energía solar, aún no ha sido explorado suficientemente.

Sin embargo, un argumento contrario podría ser:

- los precios se ven influidos por muchos más factores, como por ejemplo la existencia de mercados imperfectos (monopolios, subsidios...).
- otras energías sustitutivas, como la energía solar, probablemente sean una solución parcial a largo plazo.
- El continuado uso de los recursos podría provocar un cambio en aquellas reservas más pobres o menos favorecidas, resultando en un aumento de las emisiones.

Independientemente de la posición que se adopte, el problema del agotamiento de los recursos se encuentra en el centro del debate de la sostenibilidad y es suficientemente importante como para intentar ofrecer una 'medida de escasez' mediante el uso de indicadores. La valoración de la importancia relativa del índice de agotamiento de recursos en comparación con otros impactos medioambientales queda a criterio del usuario.

⇒ Indicador de agotamiento de recursos no renovables

Este indicador calcula la inversa de los años que quedan de utilización y del tamaño de la reserva de un recurso. Viene expresada en ar(-1), siendo "r" el tamaño de la reserva (en kg.) y "a" el número de años que quedan de uso.

A continuación figura una tabla de los flujos tenidos en cuenta con sus correspondientes factores de caracterización:

EB (R*A)-Agotamiento de los recursos no renovables (ar-1)	
(r) Petróleo (en suelo)	0,0557
(r) Gas natural (en suelo)	0,117
(r) Carbón (en suelo)	0,0005037
(r) Bauxita (AI203, mineral)	0,108
(r) Cobre (Cu, mineral)	28,16
(r) Hierro (Fe, mineral)	0,04
(r) Plomo (Pb, mineral)	157
(r) Manganeso (Mn, mineral)	0,296
(r) Níquel (Ni, mineral)	59,7
(r) Roca de fosfato (en suelo)	0,115
(r) Potasio clorhídrico (KCI, como K ₂ O, en suelo)	0,086
(r) Plata (Ag, mineral)	92.837
(r) Uranio (U, mineral)	181
(r) Zinc (Zb, mineral)	40,29
(r) Lignito (en suelo)	0,0005037
(r) Sulfato de Bario (BaSO ₄ , en suelo)	26,91
(r) Cromo (Cr, mineral)	0,319
(r) Fluorita (CaF ₂ , mineral)	33,163
(r) Ilmenita (FeO.TiO ₂ , mineral)	5,74
(r) Perlita (SiO ₂ , mineral)	0,468
(r) Sulfuro (S, en suelo)	4,408

OXIDACIÓN FOTOQUÍMICA

⇒ Breve descripción

Esta polución proviene, principalmente, de las reacciones químicas que se producen entre los óxidos de nitrógeno y las partículas orgánicas volátiles por medio de la luz solar. Como resultado, se producen altos niveles de ozono y otros agentes químicos tóxicos para el hombre y las plantas. La unidad base para evaluar la oxidación fotoquímica es el kg. de equivalente de etileno (C2H4).

⇒ Indicador

A continuación aparece una tabla con los flujos tomados en consideración con sus correspondientes factores de caracterización:

Oxidación fotoquímica		g etileno eq
(a) ¿? (CH3CHO)	0,65	•
(a) Ácido ¿? (CH3COOH)	0,16	
(a) Acetona (CH3COCH3)	0,18	
(a) Acetileno (C2H2)	0,28	
(a) Alcohol (sin especificar)	0,44	
(a) ¿? (sin especificar)	0,75	
(a) ¿? (sin especificar)	0,6	
(a) ¿? (sin especificar)	0,91	
(a) ¿? (sin especificar)	0	
(a) AOX (orgánicos absorbibles + halógenos)	0	
(a) Hidrocarbonos aromáticos (sin especificar)	0,96	
(a) ¿? (C6H5CHO)	0	
(a) Benceno (C6H6)	0,33	
(a) Benzopireno (C20H12)	0	
(a) Butano (n-C4H10)	0,6	
(a) Butano (1-CH3CH2CHCH2)	1,13	
(a) ¿? (1,2-CH2CICH2CI)	0	
(a) Etano (C2H6)	0,14	
(a) Etanol (C2H5OH)	0,45	
(a) Etilobenceno (C6H5C2H5)	0,81	
(a) Etileno (C2H4)	1	
(a) ¿? (sin especificar)	0,11	
(a) ¿? (sin especificar)	0	

(a) Halón 1301 (CF3Br)	0
(a) HCFC 22 (CHF2CI)	0
(a) Heptano (C7H16)	0,77
(a) / (C2F6, FC116)	0,77
(a) Hexano (C6H14)	0,65
(a) Hidrocarbonos (excepto metano)	0,42
(a) Hidrocarbonos (sin especificar)	0,38
(a) Queroseno	0
(a) ¿? (sin especificar)	0
(a) Metanol (CH3OH)	0,21
(a) Materia orgánica (sin especificar)	0
(a) Pentano (C5H12)	0,62
(a) Fenol (C6H5OH)	0
(a) Hidrocarbonos aromáticos policíclico (excepto naftalina)	0
(a) Hidrocarbonos aromáticos policíclicos (sin especificar)	0,96
(a) Propano (P3H8)	0,41
(a) ¿? (CH3CH2CHO)	0,75
(a) ¿? CH3CH2COOH)	0
(a) Propileno (CH2CHC3)	0
(a) ¿? (sin especificar)	0
(a) Tetracloroetileno (C2CI4)	0
(a) ;? (C6H5CH3)	0,77
(a) Tricloroetano (1,1,1-CH3CCI3)	.,
(a) Partículas orgánicas volátiles	0,38
(a) ;? (C6H4(CH3)2)	0
(4) (. (4)11.(4)12)	Ü

APÉNDICE 4: DENSIDAD DE MATERIALES EN LOS RESIDUOS DE ENVASES

Packaging waste flows							
Population concerned]	100 000	inhabitants				
Material		Density kg / m3 in bulk	Density kg / m3 compacted in truck	Density kg / m3 compacted in RVM	Compacting rate of a collection truck	Compacting rate of the RVM	Average weight per unit kg / unit
Steel]	100	150	400	1,5	4	0,032
Aluminium]	60	90	240	1,5	4	0,016
PVC	Ī	30	45	120	1,5	4	0,033
PET]	30	45	120	1,5	4	0,033
HDPE	Ī	30	45	120	1,5	4	0,033
Beverage cartons]	65	97,5	260	1,5	4	0,025
Paper / cardboard		70	105		1,5		
Glass]	300	450	1200	1,5	4	0,264
Others							
	Source:	Ecobilan	= bulk density x	= bulk density x		TOMRA	APEAL, 2004

APÉNDICE 5: CÁLCULO DE LOS COSTES EN EL SISTEMA DE DEPÓSITO DEL SISTEMA 3

Costs					
Automatic deposit (large shops)		Sys	tem 2	Syst	em 3
Investment cost	_	Min	Max	Min	Max
RVM purchase	Euros/yr	122 281	163 042	122 281	163 042
RVM installation	Euros/yr	6 114	24 456	6 114	24 456
Containers	Euros/yr	1 115	1 338	1 050	1 260
Operation cost	· -		·		
RVM, containers included	Euros/yr	39 900	136 500	39 900	136 500
Space	Euros/yr	174	234	165	891
Specific packaging labelling	Euros/yr	0	36 492	0	34 346
Sales losses	Euros / yr	453 009	2 013 373	431 317	1 916 963
Transport	Euros/yr	82	275	77	436
Transfer	Euros/yr	4 997	12 292	4 703	11 569
	Euros/yr/	100 000	inhabitants	100 000	inhabitants
	-	Min	Max	Min	Max
Total cost for large shops	Г	883 926	2 644 004	848 691	2 531 462
<u> </u>	Euros / ton collected	539	1 613	550	1 641
	Euros / pack collected	0,036	0,109	0,037	0,111
Manual deposit (small shops)	_				
Investment cost		Min	Max	Min	Max
Containers	Euros/yr	136	163	136	163
Operation cost	Luios, yi	100	100	100	100
Containers	Euros/yr	85	176	85	176
Space	Euros/yr		280		280
Specific packaging labelling	Euros/yr	0	3 841	0	3 615
Sales losses	Euros/yr	44 928	199 680	44 928	0
Transport to sorting, transfer and	Euros / yr		848	4	563
recycling	Luios / yi	4	040	4,	503
Sorting	Euros/yr	12 508	53 482	11 772	50 336
Transfer	Euros/yr	263	647	248	609
Transport to large shop	Euros/yr	5	18	4	87
Total cost for small shops		Min	Max	Min	Max
Euros / yr / inhabitants	100 000	165 656	365 634	164 589	162 229
	Euros / ton collected	960	2 119	1 014	999
	Euros / pack collected	0,065	0,143	0,068	0,067
Total deposit system cost		Min	Max	Min	Max
Investment cost	Euros/yr/	129 646	188 999	129 581	188 920
Operation cost	100 000	919 936	2 820 639	883 700	2 504 770
Overhead cost	inhabitants	116 620	334 404	112 587	299 299
Total cost of deposit system	Ī	1 166 203	3 344 042	1 125 867	2 992 990
Investment cost	Euros / ton collected	75	110	80	116
Operation cost		533	1 635	544	1 543
Overhead cost	F	68	194	69	184
Total cost of deposit system		676	1 938	693	1 843
Investment cost	■ Euros / pack collected	0,005	0,007	0,005	0,008
Operation cost		0,036	0,110	0,037	0,104
Overhead cost	<u> </u>	0,005	0,013	0,005	0,012
Total cost of deposit system		0,046		0,047	
i otal cost of deposit system	L	0,040	0,131	0,047	0,124

APÉNDICE 6: HIPÓTESIS SOBRE LOS IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES EN EL SISTEMA DE RECOGIDA SELECTIVA MULTIMATERIAL (SISTEMA 1 Y SISTEMA 3)

Multimaterial selective collection (Sys	stems 1 & 3)				
For 100 000) inhabitants per year	System 1 Kerbside Bring bac collection of collection glass & P/C (bever. (bever. + non bever.)	of	System 3 Kerbside collection of light fraction & collection of P/C (non beverage) Sring back collection of glass (non beverage)	Source
Number of inhabitants per collection point Number of collection points Collection frequency Volume of waste to be collected per week (no compacted)	day per week		0,5 B	1 000 100 0,5 0,5 497 582 37 692	= 100000 / A Assumption -Weight of waste to be collected * Density
Containers Filling rate Container volume Number of reusable containers	L/container reusable containers	240 3.0	0% E 000 F 000 G	80% 80% 240 3 000 5 184 100	Wisard
Collection vehicles Filling rate Volume of a collection vehicle Compacting rate Volume of waste to be collected per week (compacted in trucks) Number of runs necessary Distance	m3/truck L/week runs/week km/run km coll. veh./yr	16 1,5 479 022 69 8	6 L 50 M	80% 80% 16 16 1,5 1,5 331 722 25 128 26 2 50 50 67 600 5 200	Wisard Assumption =Weight of waste to be collected * Density in truck / 52 = K / (H*1*1000) Assumption
Sorting plant / Transfer centre Energy consumption	kWh / tonne kWh / yr	30 69 689 24 5	15 O 522 P	30 15 55 440 8 820	= O*Weight of waste to be collected per
Transport to the recycling plant Filling rate Maximum charge of a truck Weight transported per year Number of runs per year Distance	tonnes tonnes/year runs/year km/run km truck/yr	40 2 323 1 6	51 T 200 U	80% 80% 40 40 1 848 588 58 18 200 200 11 550 3 675	Assumption = Weight of waste to be collected per year

APÉNDICE 7: HIPÓTESIS SOBRE LOS IMPACTOS MEDIOAMBIETALES EN EL SISTEMA DE DEPÓSITO (SISTEMA 1 Y SISTEMA 3)

Fig.1: Hipótesis para el cálculo de Máquinas de Devolución de Depósitos (MDD ó RVM en sus siglas en inglés) en grandes superficies

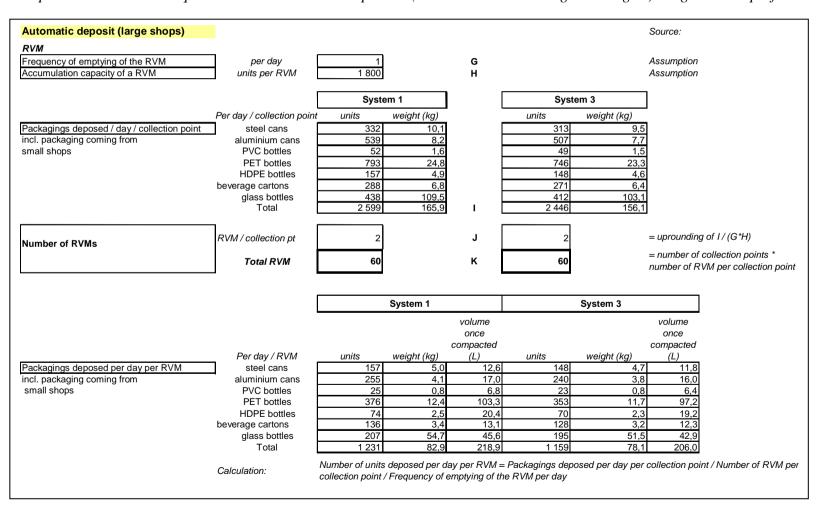


Fig.2: Hipótesis del impacto medioambiental de un sistema de depósito automático

		System 1		System 3	
Energy consumption	kWh / tonne	100	L	100	Assumption
	kWh / yr	155 269	М	146 136	= L*Weight of waste to be collected through automatic deposit
Cleaning frequency	per week	3,0	N	3,0	Assumption
Volume of water consumed	L / cleaning / RVM	1,5	0	1,5	Assumption
Volume of detergent consumed	L/ cleaning / RVM	0,010	Р	0,010	Assumption
Average distance per year driven for maintenance service	km/yr/collection pt	70	Q	70	Assumption
	km car / year	2 100	R	2 100	= Q*Number of collection points with automatic deposit
Waste containers					
Volume of waste containers where packaging are stored after emptying RVMs	L / container	240	S	240	Assumption
Frequency of emptying of waste containers	per week	1,0	Т	1,0	Assumption
Number of reusable HEDP containers	contain./collection pt	11	U	10	=Volume of packaging per rvm per
	reusable containers	328	V	309	= U * Number of collection points
Cleaning frequency	per week	1,0	W	1,0	Assumption
Volume of water consumed	L/ cleaning/ contain.	1,5	X	1,5	Assumption
Weight of detergent consumed	kg/ cleaning / RVM	0,005	Υ	0,005	Assumption

Fig.3: Hipótesis de impacto medioambiental de un sistema de depósito manual

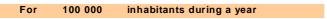
Manual deposit (small shops)	ſ	System 1			System 3			
	Per day / small shop	units	weight (kg)	volume (L)	units	weight (kg)	volume (L)	
Packagings deposed per day per small shop	steel cans	52	1,7	16,8	49	1,6	15,8	
	aluminium cans	85	1,4	22,7	80	1,3		
	PVC bottles	8	0,3	9,1	8	0,3	8,5	
	PET bottles	125	4,1	137,7	118	3,9	129,6	
	HDPE bottles	25	0,8	27,2	23	0,8	25,6	
	beverage cartons	45	1,1	17,5	43	1,1	16,5	
	glass bottles	69	18,2	60,8	65	17,2	- /-	
	Total	410	27,6	291,8	386	26,0	274,7	
Waste containers	_							
Volume	L / container	240,0		A	240,0	Assumption		
Number of reusable HEDP containers	containers / small shop	2		В	2	Assumption		
	reusable containers	40		С	40	= B * Number	of small shops	;
Containers capacity	_ L	480,0		D	480,0	= A * B		
Emptying frequency	per week	3,0		E	3,0		of packaging w	aste per shop per day / l
Cleaning frequency	per week	1,0		F	1,0	Assumption		
Volume of water consumed	L / cleaning / container	1,5		G	1,5	Assumption		
W eight of detergent consumed	kg/cleaning/container	0,005		Н	0,005	Assumption		
Transport of the packaging collected in sma % transported to large shops % transported to sorting centres	all shops	50% 50%		l J	50% 50%	Assumption Assumption		
-	- I			-		·		
Filling rate per van		90%		K	90%	Assumption		
Volume of a van	m3/van	4		L	4	Assumption		
Transport to large shops	_							
Volume transported to large shops	L / yr	910 541		М	856 980	= I * Volume o 6 * 52 *Numbe		aste per shop per day * ps
Number of runs	runs per year	1 560		N	1 560	= E * I * 52 * N	lum ber of sma	ll shops
Distance small shops - large shops	km / run	30		0	30	Assumption		
	km van / yr	46 800		P	46 800	= N * O		
Transport to sorting centres								
Volume transported to sorting centres	L/yr	910 541		Q	856 980	= J * Volume o * 6 * 52 *Numb		aste per shop per day ops
Number of runs	runs per year	1 560		R	1 560	= E * J * 52 * N	Number of sma	all shops
Distance small shops - sorting centres	km / run	30		s	30	Assumption		
	km van / yr	46 800		Т	46 800	= R * S		
Sorting plant (sorting and compacting)		<u></u>						
Energy consumption	kWh / tonne	22		U	22	Assumption		
	kWh / yr	2 220		v	2 090	= U * Weight o 1000 * 365 * N		er small shop per day / Il shops * J

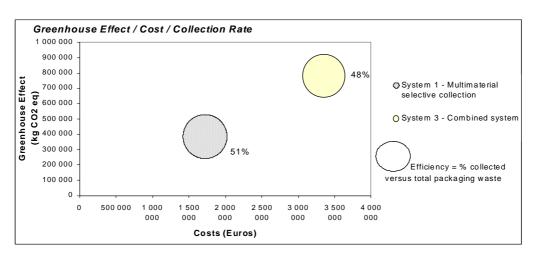
Fig. 4: Hipótesis sobre los transportes de entrada y salida en un sistema de depósito

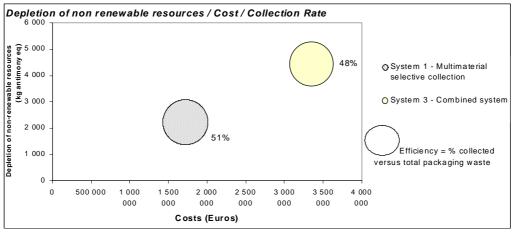
Upstream and downstream transports		System 1		System 3	
NB: all packaging quantities collected through the	e deposit system are c	oncerned			
Transport by consumers to shops					
Frequency	per week / inhab.	0,3	Α	0,3	Assumption
Number of runs	runs / yr / inhab.	16	В	16	= A * 52
Proportion of km allocated to packaging		20%	С	20%	Assumption
deposit		20 76	C	20%	Assumption
Distance to shops	km /run	5	D	5	Assumption
	km car/yr	1 560 000	E	1 560 000	= D *B * C * 100 000
Transport to transfer centres					
Filling rate per truck		80%	F	80%	Assumption
Maximum charge of the truck	tonnes / truck	40	G	40	Assumption
					= (Weight of packaging
W eight transported to transfer centres	tonnes / yr	1 725	н	1 624	Total number RVM + W
w eight transported to transfer certifes	tonnes / yr	1 7 2 5	••	1 024	small shop per day *6
					shops)/1000
Number of runs	runs/yr	54	1	51	= H/(F * G)
Average distance large shops/sorting plant -	km / run	50	J	50	Assumption
transfer centres	KIII / TUII	30	J	30	Assumption
	km truck/yr	2 6 9 6	K	2 537	= I * J
Transfer centre (baling and storage)					
W eight treated in transfer centres	tonnes / yr	1 725	L	1 624	= <i>H</i>
Energy consumption	kWh / tonne	15,0	М	15,0	Assumption based on V
	kWh / yr	25 878	N	24 356	= L * M
Towns and to the assessment and but					
Transport to the recycling plant		000/	•	0.00/	A
Filling rate per truck Maximum charge of the truck	tonnes / truck	80%	O P	80%	Assumption
Weight transported to recycling plant	tonnes / truck tonnes / yr	1 725	Q	1 624	Assumption = H
Number of runs	runs/yr	54	Q R	51	= n = Q / O * P
Distance to recycling plant	runs/yr km/run	200	S	200	= Q / O P Assumption
	km truck/yr	10 783	T	10 148	= R * S
	KIII UUCK/YI	10 7 03	'	10 146	- N 3

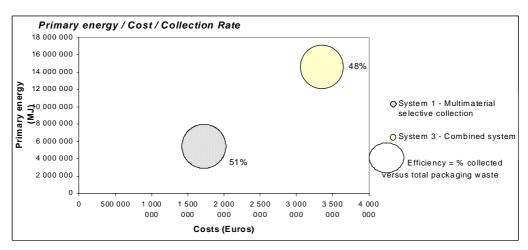
APÉNDICE 8: RESULTADOS POR 100.000 HABITANTES

Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems

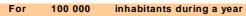


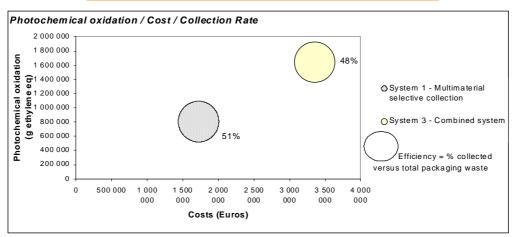


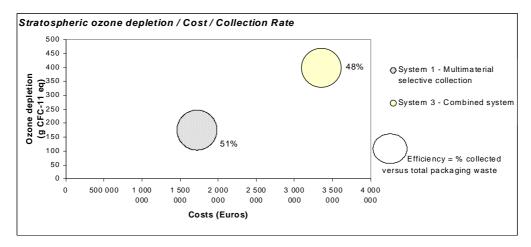


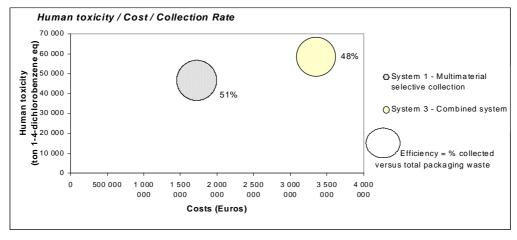


Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems



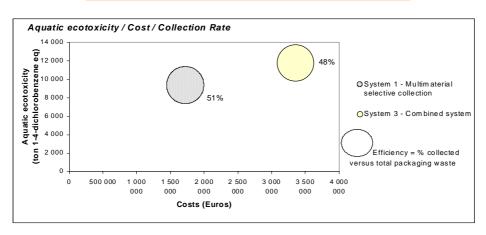


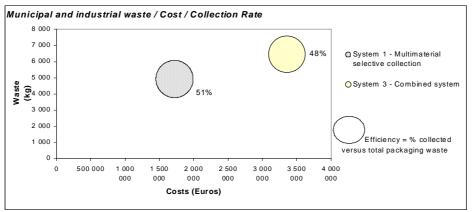




Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems

For 100 000 inhabitants during a year





Details	about	Indicate	rs

System 1 - Multimaterial selective collection	, ,	eposit system e packaging	System 3 - Co	ombined system
(kerbside collection of light fraction & P/C + bring-back collection of glass)			m ultim aterial selec	beverage packaging + tive collection of other kaging)
	MIN	MAX	MIN	MAX

With kerbside collection adjusted

With kerbside collection nonadjusted

Efficiency indicator

% collected vs total packaging waste

51%	25%	48%	
100	49	94	

Cost indicator

Euros

1 721 668	1 166 203	3 344 042	2 549 402	4 149 972
100	68	194	148	241

Environment indicators

Depletion of non renewable resources kg antimony eq.

Prim ary energy

Greenhouse effect (direct, 100 yrs)

kg C02 eq

Photochemical oxidation

g ethylene eq.

Stratospheric Ozone Depletion

g CFC-11 eq.

Human Toxicity ton eq. 1-4-dichlorobenzene

Aquatic Ecotoxicity

ton eq. 1-4-dichlorobenzene

Municipal and industrial waste

kg

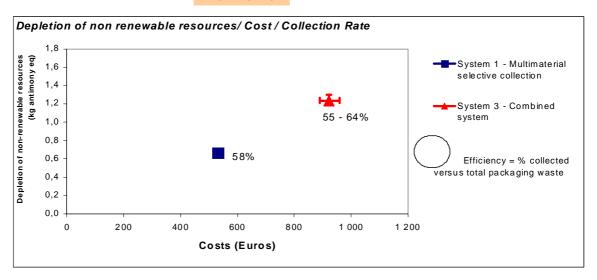
-		-	
2 227	2 996	4 115	4 785
100	135	185	215
5 425 723	11 362 696	13 910 804	15 386 487
100	209	256	284
384 700	526 486	722 496	843 541
100	137	188	219
805 230	1 073 621	1 511 202	1 785 714
100	133	188	222
175	276	369	431
100	157	211	246
46 660	21 699	51 406	66 050
100	47	110	142
9 384	4 358	10 334	13 280
100	46	110	142
4 923	2 583	5 672	7 269
100	52	115	148

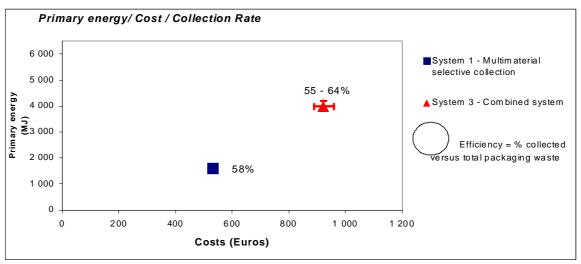
APÉNDICE 9: RESULTADOS SOBRE EL ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD

9.1. VARIACIONES DE SISTEMAS DE RECOGIDA

(Con variaciones sobre las tasas de recogida en el sistema combinado)

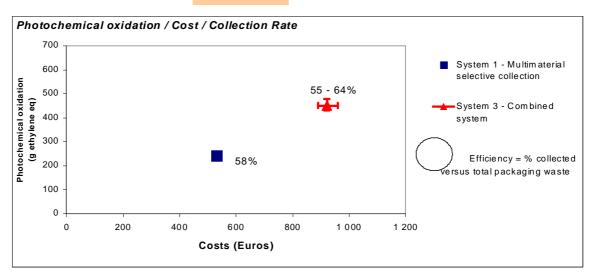
Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems

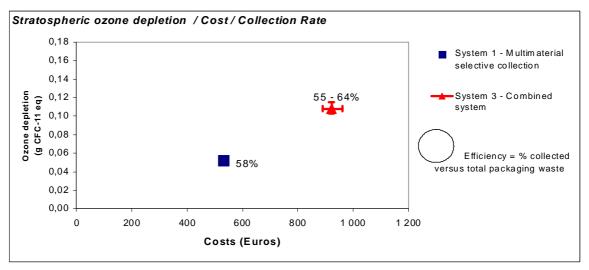


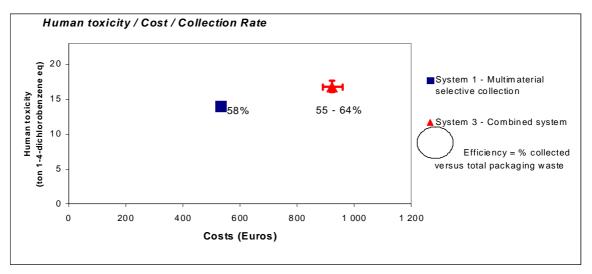


(Con variaciones sobre las tasas de recogida en el sistema combinado)

Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems

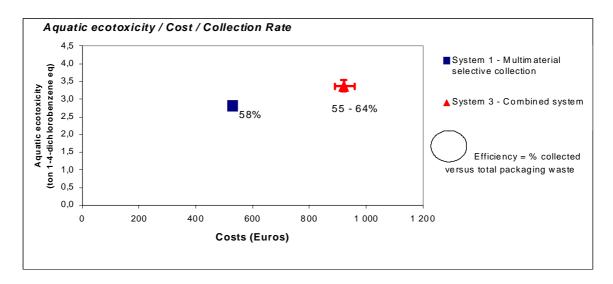






(Con variaciones sobre las tasas de recogida en el sistema combinado)

Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems



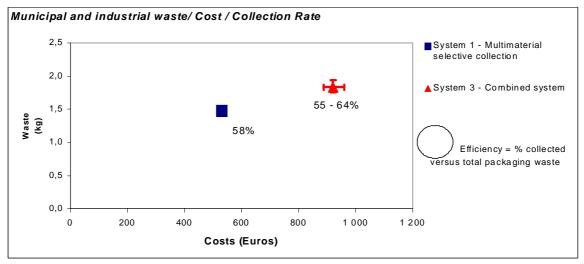


Fig.5: Resultados obtenidos del descenso de la tasa de recogida del Sistema 3

System 1 - Multimaterial System 3 - Combined system selective collection Details about Indicators (deposit system of beverage packaging + (kerbside collection of light fraction & P/C + m ultimaterial selective collection of other bring-back collection of glass) packaging) MIN MAX W ith kerbside With kerbside collection collection nonad juste d adju ste d Efficiency indicator 58% % collected vs total packaging waste 55% 100 **Cost indicator** 531 678 1 242 Euros 234 100 **Environment indicators** 0,7 1,2 1,4 Depletion of non renewable resources kg antimony eq. 100 180 212 1 611,7 3 970 4 445 Prim ary energy 100 246 276 MJ115 208 247 Greenhouse effect (direct, 100 yrs) 100 182 216 kg C02 eg 241 433 521 Photochem ical oxidation 100 180 217 g ethylene eq. Stratospheric Ozone Depletion 0,05 0,12 100 g CFC-11 eq. 14 15 20 Human Toxicity 100 ton eq. 1-4-dichlorobenzene 109 143 2.8 Aquatic Ecotoxicity ton eq. 1-4-dichlorobenzene 100 109 143 Municipal and industrial waste 1,5 1,7 2,2 100 kg

Fig. 6: Resultados obtenidos del aumento de las tasas de recogida del Sistema 3

System 1 - Multimaterial System 3 - Combined system selective collection Details about Indicators (deposit system of beverage packaging + (kerbside collection of light fraction & P/C + multimaterial selective collection of other bring-back collection of glass) packaging) MIN MAX With kerbside With kerbside collection collection nonadjuste d adju ste d **Efficiency indicator** % collected vs total packaging waste 58% 64% 100 **Cost indicator** 1 147 Euros 531 633 100 **Environment indicators** Depletion of non renewable resources 1,1 kg antimony eq. 100 189 170 Primary energy 1 611,7 3 672 3 947 ΜJ 100 228 245 115 196 Greenhouse effect (direct, 100 yrs) 219 100 171 191 Photochemical oxidation 241 405 456 100 169 190 g ethylene eq. 0,05 0,10 Stratospheric Ozone Depletion 0,11 g CFC-11 eq. 100 186 208 14 15 17 Human Toxicity 100 104 125 ton eq. 1-4-dichlorobenzene 2,8 2,9 3,5 Aquatic Ecotoxicity ton eq. 1-4-dichlorobenzene 100 104 125 Municipal and industrial waste 1,6 100 108 129

9.2. VARIACIONES DE COSTES DE ESPACIO Y PÉRDIDAS EN VENTAS

Fig. 7: Resultados obtenidos con el descenso del coste del espacio y las pérdidas en ventas

Details about Indicators	System 1 - Multimaterial selective collection	System 3 - Co	System 3 - Combined system	
	(kerbside collection of light fraction & P/C + bring-back collection of glass)	(deposit system of beverage packaging multimaterial selective collection of oth packaging)		
		MIN With kerbside collection adjusted	MAX With kerbside collection non- adjusted	
Efficiency indicator				
% collected vs total packaging waste	58%	59	9%	
	100	103		
Cost indicator				
Euros	531	548	855	
	100	103	161	
Environment indicators				
Depletion of non renewable resources	0,7	1,1	1	
kg antimony eq.	100	173	200	
Prim ary energy	1 611,7	3 789	4 178	
MJ	100	235	259	
Greenhouse effect (direct, 100 yrs)	115	200	232	
kg C02 eq	100	175	202	
Photochemical oxidation	241	414	486	
g ethylene eq.	100	172	202	
Stratospheric Ozone Depletion	0,05	0,10	0,12	
g CFC-11 eq.	100	191	222	
Human Toxicity	14	15	19	
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	106	133	
Aquatic Ecotoxicity	2,8	3,0	3,8	
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	106	133	
Municipal and industrial waste	1,5	1,6	2,0	
kg	100	110	138	

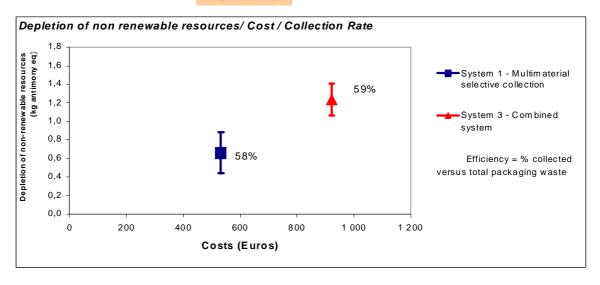
Fig. 8: Resultados obtenidos del incremento del coste del espacio y las pérdidas en ventas

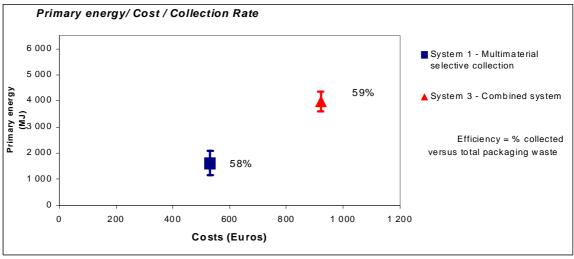
System 1 - Multimaterial System 3 - Combined system selective collection **Details about Indicators** (deposit system of beverage packaging + multimaterial selective collection of other (kerbside collection of light fraction & P/C + bring-back collection of glass) packaging) MIN MAX With kerbside With kerbside collection collection nonadjusted adjusted **Efficiency indicator** 58% 59% % collected vs total packaging waste 100 **Cost indicator** 531 Euros 758 1 527 143 287 100 **Environment indicators** Depletion of non renewable resources 0,7 1,1 kg antimony eq. 100 173 200 1612 3 789 4 178 Primary energy MJ100 235 115 200 232 Greenhouse effect (direct, 100 yrs) 100 175 202 kg C02 eq 241 414 486 Photochemical oxidation g ethylene eq. 100 172 202 Stratospheric Ozone Depletion 0,05 0,10 0,12 100 191 g CFC-11 eq. 14 15 19 Hum an Toxicity 100 106 133 ton eq. 1-4-dichlorobenzene 2,8 3 Aquatic Ecotoxicity ton eq. 1-4-dichlorobenzene 100 106 133 Municipal and industrial waste 1,5 2 2 100 110 138

9.3: VARIACIONES DE DISTANCIAS DE RECOGIDA EN EL SISTEMA DE DEPÓSITOS

(Con variaciones en las distancias de recogida para el sistema de depósitos)

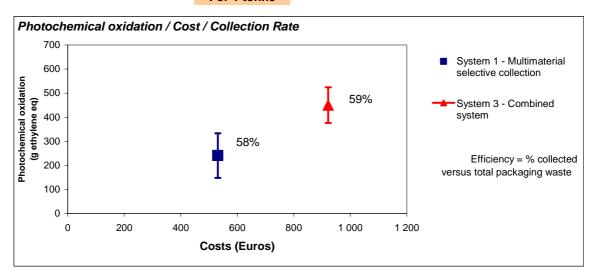
Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems

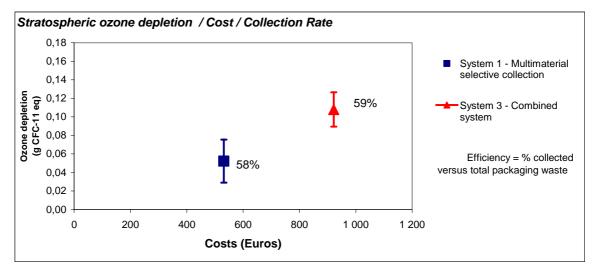


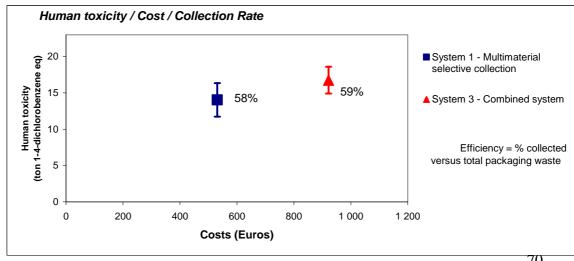


(Con variaciones en las distancias de recogida para el sistema de depósitos)

Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems

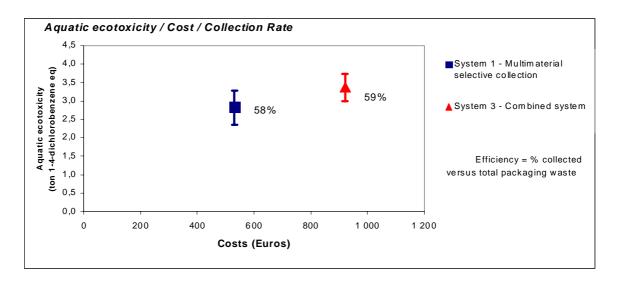






(Con variaciones en las distancias de recogida para el sistema de depósitos)

Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems



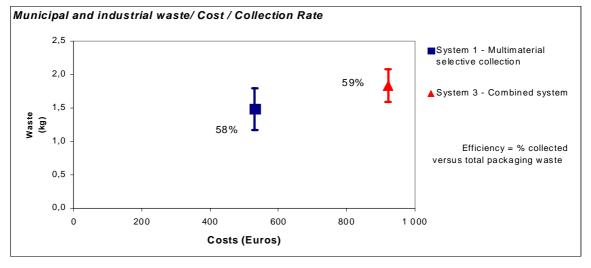


Fig. 9: Resultados obtenidos del descenso de las distancias de recogida

System 1 - Multimaterial System 3 - Combined system selective collection **Details about Indicators** (deposit system of beverage packaging + multimaterial selective collection of other (kerbside collection of light fraction & P/C + bring-back collection of glass) packaging) MIN MAX With kerbside With kerbside collection collection nonadjusted adjusted **Efficiency indicator** % collected vs total packaging waste 58% 59% 100 **Cost indicator** 531 654 1 190 Euros 100 **Environment indicators** 0,4 Depletion of non renewable resources 1,0 1,1 kg antimony eq. 100 228 250 1 142,2 3 498 3 720 Primary energy 100 306 326 MJ 174 Greenhouse effect (direct, 100 yrs) 73 191 100 239 262 kg C02 eq 148 357 396 Photochemical oxidation 100 241 268 Stratospheric Ozone Depletion 0,03 0,09 0,09 g CFC-11 eq. 100 295 323 **Human Toxicity** 12 16 13 100 114 140 ton eq. 1-4-dichlorobenzene 2,4 2,7 3,3 Aquatic Ecotoxicity ton eq. 1-4-dichlorobenzene 100 114 140 Municipal and industrial waste 1,2 1,4 1,7 100 122 149

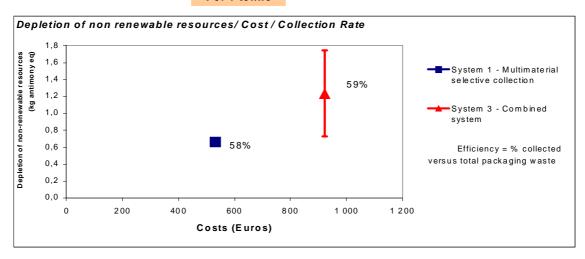
Fig. 10: Resultados obtenidos del incremento de las distancias de recogida

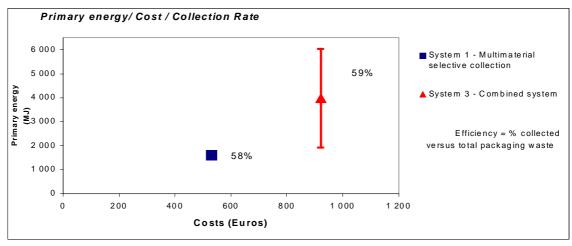
Details about Indicators	System 1 - Multimaterial selective collection	System 3 - Combined system (deposit system of beverage packaging + multimaterial selective collection of other packaging)	
	(kerbside collection of light fraction & P/C + bring-back collection of glass)		
		MIN With kerbside collection adjusted	MAX With kerbside collection non- adjusted
Efficiency indicator			
% collected vs total packaging waste	58%	59	9%
	100	103	
Cost indicator			
Euros	531	654	1 190
	100	123	224
Environment indicators			
Depletion of non renewable resources	0,9	1,3	2
kg antimony eq.	100	145	174
Primary energy	2 081,2	4 081	4 635
MJ	100	196	223
Greenhouse effect (direct, 100 yrs)	156	226	272
kg C02 eq	100	145	175
Photochemical oxidation	333	472	577
g ethylene eq.	100	141	173
Stratospheric Ozone Depletion	0,08	0,11	0,14
g CFC-11 eq.	100	151	184
Human Toxicity	16	16	21
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	99	128
Aquatic Ecotoxicity	3,3	3,3	4,2
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	99	128
Municipal and industrial waste	1,8	1,8	2,3
kg	100	101	131

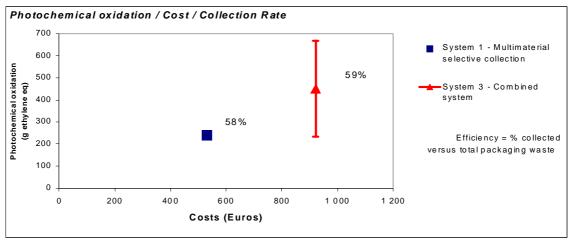
9.4. VARIACIONES DE LACONTRIBUCIÓN DE VIAJES REALIZADOS POR COCHES PARTICULARES DE CIUDADANOS PARA LLEVAR LOS RESIDUOS DE ENVASES DE BEBIDA A LOS PUNTOS DE RECOGIDA

(Con variaciones en la distribución de viajes para transportar residuos de bebidas a las tiendas)

Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems

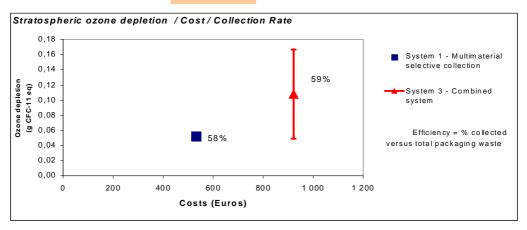


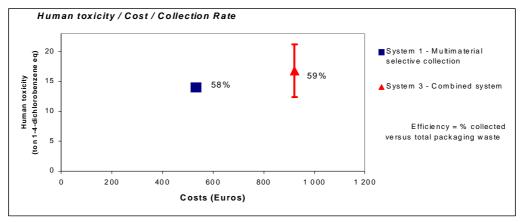


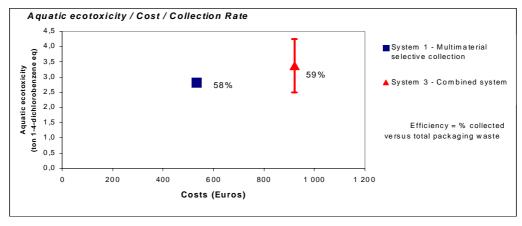


(Con variaciones en la distribución de viajes para transportar residuos de bebidas a las tiendas)

Eco-Efficiency Indicators of Collection Systems







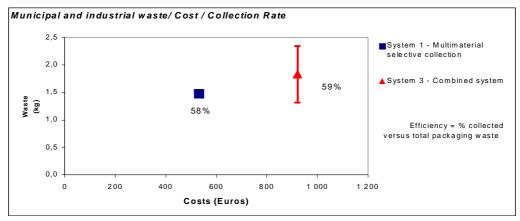


Fig. 11: Resultados obtenidos del incremento de la asignación del sistema estudiado en función de los viajes realizados en coches particulares para llevar los envases de bebida a los puntos de recogida.

System 1 - Multimaterial System 3 - Combined system selective collection **Details about Indicators** (deposit system of beverage packaging + (kerbside collection of light fraction & P/C multimaterial selective collection of other bring-back collection of glass) packaging) MIN MAX With kerbside With kerbside collection collection nonadjusted adju ste d **Efficiency indicator** 58% 59% % collected vs total packaging waste 100 103 **Cost indicator** Euros 531 654 1 190 100 **Environment indicators** 0,7 1,7 1,8 Depletion of non renewable resources 250 kg antimony eq. 100 277 5 856 Prim ary energy 1 611,7 6 245 100 363 387 115 295 327 Greenhouse effect (direct, 100 yrs) 100 258 286 kg C02 eg 241 705 633 Photochemical oxidation 263 g ethylene eq. 100 293 Stratospheric Ozone Depletion 0,05 0,16 0,18 g CFC-11 eq. 100 305 336 14 19 23 Human Toxicity ton eq. 1-4-dichlorobenzene 100 137 164 2,8 3,9 4,6 Aquatic Ecotoxicity 100 137 164 ton eq. 1-4-dichlorobenzene 1,5 2,1 2,6 Municipal and industrial waste 100 144 173

Fig. 12: Resultados obtenidos del descenso de la asignación del sistema estudiado en función de los viajes realizados en coches particulares para llevar los envases de bebida a los puntos de recogida

System 1 - Multimaterial System 3 - Combined system selective collection **Details about Indicators** (deposit system of beverage packaging + (kerbside collection of light fraction & P/C + multimaterial selective collection of other bring-back collection of glass) packaging) MIN MAX With kerbside With kerbside collection collection nonadjuste d adju ste d **Efficiency indicator** 58% 59% % collected vs total packaging waste 100 **Cost indicator** 531 653 1 190 Furos 224 123 100 **Environment indicators** 0,7 0,6 0,8 Depletion of non renewable resources kg antimony eq. 100 96 123 1 722 1 611,7 Primary energy 100 107 MJ 131 105 115 137 Greenhouse effect (direct, 100 yrs) 119 kg C02 eq 241 Photochemical oxidation 196 268 g ethylene eq. 100 81 111 Stratospheric Ozone Depletion 0,05 0,04 0,06 100 109 g CFC-11 eq. 14 10 14 Human Toxicity 100 102 ton eq. 1-4-dichlorobenzene 2,8 2,1 2,9 Aquatic Ecotoxicity ton eq. 1-4-dichlorobenzene 100 102 1,5 1,5 Municipal and industrial waste 100

9.5: VARIACIONES DE TODOS LOS PARÁMETROS SIMULTÁNEAMENTE

Fig. 13: Resultados obtenidos de las variaciones del descenso de todos los parámetros

Details about Indicators	System 1 - Multimaterial selective collection	System 3 - Combined system		
	(kerbside collection of light fraction & P/C + bring-back collection of glass)	m ultimaterial selectiv	(deposit system of beverage packaging + multimaterial selective collection of other packaging)	
		MIN	MAX	
		With kerbside	With kerbside	
		collection adjusted	collection non- adjusted	
Efficiency indicator		22,222	,	
% collected vs total packaging waste	58%	55%		
	100	9:	5	
Cost indicator				
Euros	531	567	891	
	100	107	168	
Environment indicators				
Depletion of non renewable resources	0,4	0,5	0,6	
kg antimony eq.	100	114	141	
Primary energy	1 142,2	1 447	1 720	
MJ	100	127	151	
Greenhouse effect (direct, 100 yrs)	73	80	101	
kg C02 eq	100	109	138	
Photochemical oxidation	148	140	188	
g ethylene eq.	100	95	127	
Stratospheric Ozone Depletion	0,03	0,03	0,04	
g CFC-11 eq.	100	91	125	
Human Toxicity	12	9	13	
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	77	110	
Aquatic Ecotoxicity	2,4	1,8	2,6	
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	77	110	
Municipal and industrial waste	1,2	0,9	1,3	
kg	100	79	113	

Fig. 14: Resultados obtenidos de las variaciones del incremento de todos los parámetros

Details about Indicators	System 1 - Multimaterial selective collection		System 3 - Combined system (deposit system of beverage packaging +	
	(kerbside collection of light fraction & P/C + bring-back collection of glass)	multimaterial select	ive collection of other aging)	
		MIN With kerbside collection adjusted	MAX With kerbside collection non- adjusted	
Efficiency indicator		•	·	
% collected vs total packaging waste	58%	64	1%	
	100	1	10	
Cost indicator				
Euros	531	733	1 471	
	100	138	277	
Environment indicators				
Depletion of non renewable resources	0,9	1,7	1,9	
kg antimony eq.	100	198	218	
Primary energy	2 081,2	5 908	6 299	
MJ	100	284	303	
Greenhouse effect (direct, 100 yrs)	156	313	345	
kg C02 eq	100	200	221	
Photochem ical oxidation	333	670	744	
g ethylene eq.	100	201	223	
Stratospheric Ozone Depletion	0,08	0,17	0,19	
g CFC-11 eq.	100	223	246	
Human Toxicity	16	20	24	
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	124	145	
Aquatic Ecotoxicity	3,3	4,1	4,8	
ton eq. 1-4-dichlorobenzene	100	124	145	
Municipal and industrial waste	1,8	2,3	2,7	
kg	100	128	149	

APÉNDICE 10: MODELOS ELÉCTRICOS

Este estudio utilizó el modelo eléctrico europeo.

	Modelo eléctrico		
	Europa ^(a)	Francia ^(a)	Alemania (b)
Carbón	18,60%	5,10%	28,90%
Lignito	7,50%	0,10%	18,80%
Gas procesado	1,20%	0,80%	0,00%
Fuel oil	6,20%	1,50%	1,20%
Gas natural	17,20%	2,10%	4,50%
Nuclear	33,10%	76,90%	39,30%
Electric. gratuita (1)	2,00%	0,10%	0,00%
Hidroelectricidad (2)	14,20%	13,40%	6,30%

⁽¹⁾ Geotérmica, solar, biomasa y productos animals, residuos industriales , residuos municipales y otros libres de impacto.

Fuentes:

- (a) Wisard
- (b) BUWAL 250, Parte2, tabla 16.8

⁽²⁾ Hidroeléctrica + vientos + olas + mareas

APÉNDICE 11: INVENTARIO DETALLADO DEL CICLO DE VIDA DEL SISTEMA 1

<u>Cuestiones preliminares</u>: los resultados aquí presentados corresponden a una población de 100.000 habitantes. En cambio, los resultados expuestos en la tabla 2 se refieren a una tonelada de residuos recuperados.

APÉNDICE 12: INVENTARIO DETALLADO DEL CICLO DE VIDA DEL SISTEMA 1

<u>Cuestiones preliminares</u>: los resultados aquí presentados corresponden a una población de 100.000 habitantes. En cambio, los resultados expuestos en la tabla 2 se refieren a una tonelada de residuos recuperados.