

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



ESCOLA D'ENGINYERIA D'IGUALADA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Programa de Doctorado:

**“Enginyeria de Projectes: Mediambient, Seguretat,
Qualitat i Comunicació”**

Tesis Doctoral

NUEVO MODELO DE RECOGIDA Y RECICLAJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (JUGUETES): EXPERIMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL MODELO

Autor:

Miquel Solé i Gustems

Directores:

Dr. Pere Fullana i Palmer

Dra. Rita Puig i Vidal

Departamento:

Projectes d'Enginyeria

Igualada, febrero de 2012

Tesis presentada para obtener el título de Doctor por la Universitat Politècnica de Catalunya

Resumen

La recogida actual de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) es muy reducida, sobre todo para la categoría de los pequeños aparatos eléctricos y electrónicos. Con el objetivo de aumentar esta recogida, se propone un modelo alternativo que permite recoger y reciclar juguetes con componentes eléctricos y electrónicos. El sistema actual consiste en llevarlos a los puntos limpios y de allí al reciclaje, aunque actualmente la mayoría de pequeños RAEE son depositados en el contenedor junto con la fracción de rechazo de los residuos sólidos urbanos. Este nuevo modelo separa los juguetes reutilizables y los incorpora nuevamente al mercado, y recicla los materiales de los que se consideran residuos.

De todos los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos se han elegido los juguetes con componentes eléctricos y electrónicos porque forman parte de la actividad de los niños, hecho que puede ayudar a sensibilizar a los propios niños y a sus familias respecto a la importancia de una buena gestión de este tipo de residuos. El modelo propone que, por mediación de los profesores, en las escuelas se pueda realizar una acción de sensibilización que facilite la separación de estos residuos a través de campañas de comunicación, y la disposición de los mismos en un contenedor específico situado en la propia escuela. También es necesario el apoyo de la administración pública para que el modelo funcione.

Así, en esta tesis doctoral se ha realizado una experiencia piloto de este modelo durante dos años en un número reducido de municipios, y se ha evaluado la sostenibilidad del mismo. Se ha realizado una evaluación ambiental calculando los impactos ambientales que el modelo propuesto ahorraría respecto del sistema actual de recogida. Asimismo, se ha realizado una evaluación económica del sistema aplicando la metodología del coste-beneficio e incluyendo

los beneficios indirectos asociados al ahorro de impacto ambiental obtenido. Y, por último, se han realizado los primeros pasos para una evaluación social del modelo, llegando a proponer una serie de indicadores para dicha evaluación.

A partir de los resultados de las pruebas piloto se ha realizado una extrapolación del modelo tanto geográfica como temporal. Así, se ha evaluado ambiental y económicamente qué supondría extender el modelo propuesto a un ámbito geográfico mayor (Catalunya y España) y ampliar a 10 años la recogida de juguetes.

Abstract

The current rate of waste electrical and electronic equipment (WEEE) collection is very low, especially within the category of small electrical and electronic appliances. In order to increase the collection rate, we propose an alternative model that permits collection and recycling of electrical and electronic toys. Presently, nearly all small appliances go to recycling centers, since most of them are disposed in the bin along with a non-recyclable portion of local solid waste. The proposed model counts on the separation of electrical and electronic waste toys from reusable ones. That waste would go to recycling while the rest goes to the second hand market.

Out of all discarded electrical and electronic appliances, we chose toys because they are a critical part of children's activity and, therefore, they can serve as a catalyst to raise the consciousness of their families about the importance of good management of such waste. The new model proposes that, through teachers, schools can sharpen the awareness of their students' families for the need to separate the recyclable and non-reusable portions of such waste. We propose to accomplish this by means of communication campaigns and the placement of a specialized container in the school. Support of the school's administration will be needed to implement the model.

For two years we have run pilot model in a small number of municipalities, and we have assessed their sustainability. Also, we have calculated the environmental impact that the proposed model would have in terms of savings versus the current collection system. In tandem, we have included an economic assessment by applying a cost-benefit methodology

against our proposed model, including indirect benefits associated with the reduced environmental impact. Finally, we have been the first steps towards a social evaluation model, and to this end we propose a set of indicators for such evaluation.

The results of the pilot model have been extrapolated geographically and through time. We have calculated the results if this proposed model were to be implemented in a larger geographic area (Catalunya and Spain) and the toys collection period is extended to 10 years.

Resumen ejecutivo

El objetivo de este resumen ejecutivo es facilitar la lectura de los aspectos más importantes que se describen en cada uno de los capítulos de esta tesis.

Se ha diseñado un nuevo modelo de recogida de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), concretamente de juguetes, que añadido al sistema actual permite la clasificación y separación de los residuos que están en buen estado, para introducirlos nuevamente en el mercado, y llevar el resto a instalaciones de reciclaje.

Este modelo involucra a las administraciones locales, a las escuelas y a los alumnos y sus familias. Además de la recogida de residuos de juguetes, el modelo también puede extenderse a otro tipo de residuos de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos que existen en los hogares.

Este modelo se ha experimentado implantándolo, mediante unas pruebas piloto, en tres municipios de la provincia de Barcelona durante dos años. Se ha continuado su aplicación durante otros dos años más en un solo municipio. Los resultados de las recogidas de estas pruebas piloto han sido satisfactorios ya que se ha conseguido alcanzar los objetivos de recogida de RAEE contemplados en el Real Decreto 208/2005.

A partir de los datos extraídos de estas pruebas piloto se ha podido realizar una evaluación ambiental y económica de la campaña y además, se ha planteado una previsión de cómo funcionaría el modelo si se extendiera a ámbitos geográficos mayores y a lo largo del tiempo

(durante 10 años). También se han definido una serie de indicadores sociales que permitan evaluar el impacto social del modelo propuesto.

En la evaluación ambiental se han cuantificado los beneficios ambientales obtenidos por el impacto evitado debido a la recuperación y reutilización o reciclaje de los juguetes recogidos. Los costes ambientales que supone la implantación de la campaña (utilización de materiales de difusión y transportes), quedan ampliamente compensados por los ahorros de impacto conseguidos (recuperación de juguetes, que evitan fabricación de nuevos, y materiales obtenidos del reciclaje de los juguetes estropeados).

Se han evaluado cinco categorías de impacto: agotamiento de recursos abióticos, acidificación, eutrofización, calentamiento global y formación de oxidantes fotoquímicos y se ha constatado que el beneficio ambiental ha sido positivo en todos los casos.

Se ha realizado una evaluación económica del sistema utilizando la metodología del análisis coste-beneficio para determinar si la inversión en la implantación del modelo aporta a la sociedad beneficios que compensen sus costes. Para este análisis se han tenido en cuenta los ingresos directos obtenidos de: juguetes recuperados, materiales reciclados, ahorro en la recogida, transporte y gestión de residuos a vertedero, e ingresos indirectos debidos a externalidades, como son: emisiones de óxidos de azufre, dióxido de carbono, formación del oxidantes fotoquímicos, eutrofización, y ahorro de energía. También se han calculado los costes de la implantación: inversión, elementos de comunicación, contenedores de recogida, transportes, coordinación, clasificación de los juguetes y actividades en las escuelas.

Se han calculado indicadores económicos como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) en dos escenarios: el escenario 1 (base) donde se reparten materiales de difusión a los alumnos participantes y el escenario 2 (gasto mínimo) sin el reparto de materiales para reducir los costes. En ambos escenarios se ha comprobado que, si el modelo se extiende a un área geográfica como Catalunya o España, es económicamente viable con valores del VAN positivos.

Se han propuesto 4 indicadores sociales para evaluar el impacto social del modelo propuesto siguiendo las guías editadas por UNEP-SETAC y un ejemplo de gestión de residuos municipales de un proyecto europeo. Los indicadores sociales estudiados son:

comprensión/responsabilidad de fin de vida, implicación/afectación en la comunidad, empleo y comodidad.

Para cada uno de estos indicadores se ha planteado un método de cálculo que permita cuantificar el indicador con valores normalizados entre -1 y $+1$, indicando que, para valores positivos, se obtiene un beneficio social mientras que, para valores negativos, el efecto es contrario al descrito.

Por último, se describe un caso de éxito, el de la Escola Pia de Igualada, que recogió una cantidad de juguetes muy superior a la media del conjunto de escuelas participantes. La clave del éxito de esta escuela ha sido, que el equipo directivo de la propia escuela ha asumido y marcado una línea de actuación acorde con los principios de la gestión ambiental planteando un plan de acción global en este ámbito. Así, la participación de la dirección, los profesores y los propios alumnos ha contribuido a sensibilizar alumnos y familias para una correcta separación de los residuos de juguetes con componentes eléctricos y electrónicos.

Si todas las escuelas participantes en la campaña tuvieran recogidas similares a la de esta escuela, los beneficios ambientales conseguidos serían muy importantes. El modelo sería económicamente viable aun en el caso de que tan solo un 20% de las escuelas participantes tuvieran recogidas similares a la de esta escuela de éxito.

Contenido

Sumario

Resumen	iii
Abstract	v
Resumen ejecutivo	vii
Contenido	xi
Agradecimientos	xix
Nomenclatura	xxi
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. La sostenibilidad	1
1.1.1. <i>Concepto de sostenibilidad</i>	1
1.1.2. <i>El ACV-ambiental</i>	4
1.1.3. <i>El ACV-económico</i>	5
1.1.4. <i>El ACV-social</i>	6
1.2. Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) y la gestión de sus residuos	7
1.2.1. <i>Introducción</i>	7
1.2.2. <i>Los sistemas de gestión de RAEE en España</i>	10
1.2.3. <i>La venta de AEE y la recogida de sus residuos en cifras</i>	15
1.2.4. <i>Recogida de residuos de Pequeños Aparatos Eléctricos y Electrónicos (PAEE)</i>	17
1.3. Objetivos	20
Capítulo 2. Modelo de recogida propuesto	21
2.1. Descripción	21
2.2. Experimentación del modelo propuesto - pruebas piloto	26
2.2.1. <i>Municipio “cero”</i>	26
2.2.2. <i>Extrapolación de la campaña</i>	26
2.2.3. <i>Aplicación del modelo de recogida propuesto</i>	27
2.2.4. <i>Municipios y escuelas participantes</i>	30
2.2.5. <i>Plan de comunicación</i>	32
2.2.6. <i>Resultados sobre la recogida de juguetes</i>	34
2.3. Previsión de resultados a 10 años extendiendo la campaña a Catalunya y España	39

2.4. Principales elementos de continuidad del sistema.....	49
2.5. Conclusiones	51
Capítulo 3. Evaluación ambiental	53
3.1. Metodología utilizada.....	53
3.2. Cálculo de los impactos evitados	55
3.2.1. Composición de los juguetes	55
3.2.2. Impactos evitados por los juguetes reutilizados	57
3.2.3. Impactos evitados por los juguetes reciclados	58
3.3. Cálculo de los impactos debidos a la campaña	61
3.4. Beneficios ambientales de la campaña.....	64
3.5. Resultados previstos si la campaña se realiza durante 10 años extendida a Catalunya y España	66
3.5.1. Extrapolación de la campaña a Catalunya y España.....	66
3.5.2. Previsión de los impactos evitados debidos a la campaña.....	71
3.5.3. Estimación de los beneficios ambientales de la campaña.....	72
3.6. Interpretación de los beneficios ambientales conseguidos.....	75
3.7. Conclusiones	84
Capítulo 4. Evaluación económica	87
4.1. Metodología utilizada.....	87
4.2. Análisis económico de la campaña.....	95
4.2.1. Costes de la campaña.....	95
4.2.2. Ingresos obtenidos de la campaña	97
4.2.3. Resumen económico de la campaña.....	109
4.3. Análisis económico (coste-beneficio) si la campaña se realizara durante 10 años extendida a Catalunya y a España	111
4.4. Indicadores económicos	122
4.5. Análisis de sensibilidad.....	124
4.6. Discusión de los resultados de la evaluación económica	132
4.7. Conclusiones	133
Capítulo 5. Evaluación social.....	137
5.1. Metodología utilizada.....	137
5.2. Evaluación de la sostenibilidad	138
5.2.1. Introducción	138
5.2.2. El ACV-social.....	138
5.2.3. Comparación del ACV-ambiental y el ACV-social.....	141
5.3. El ACV-social	145
5.3.1. Impactos sociales que hay que evaluar	145
5.3.2. Fases de un ACV-social.....	147
5.3.3. Necesidades de investigación	149
5.4. Planteamiento del ACV-social para el modelo propuesto.....	150
5.4.1. Introducción	150
5.4.2. Etapas del sistema de recogida de juguetes propuesto	152
5.4.3. Metodología utilizada para la evaluación social	153
5.5. Evaluación de los indicadores sociales.....	153
5.5.1. Justificación y definición de los indicadores a evaluar.....	153
5.5.2. Método de cuantificación	158
5.5.3. Propuesta de cuantificación de los indicadores sociales	159
5.6. Conclusiones	166

Capítulo 6. Ejemplo de un caso de éxito. “Escola Pia” de Igualada.....	167
6.1. Introducción	167
6.2. Funcionamiento de la escuela	168
6.3. Aspectos ambientales	170
6.4. Aspectos económicos	175
Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones	185
Bibliografía.....	191
Anexo 1. Cálculos intermedios de la evaluación ambiental.....	197
Anexo 2. Ejemplos de cuestionarios para la evaluación de indicadores sociales.....	203

Listado de tablas

Tabla 1-1. Clasificación de los RAEE en categorías	10
Tabla 1-2. Cantidad de AEE puestos en el mercado en Europa (EUROSTAT 2011).	15
Tabla 1-3. Cantidad de RAEE recogidos en Europa (EUROSTAT 2011).	16
Tabla 1-4. Cantidad de RAEE tratados / reciclados en Europa (EUROSTAT 2011).	17
Tabla 1-5. Cantidad de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos (categoría 2) puestos en el mercado y recogidos de algunos países de la Unión Europea (EUROSTAT 2011).	18
Tabla 2-1. Características de los municipios involucrados en las pruebas piloto (07-08 y 08-09).	30
Tabla 2-2. Cantidad de juguetes a recoger en los tres municipios para cumplir los objetivos marcados por el R.D. 208/2005.	31
Tabla 2-3. Utilidad de los diferentes materiales de la campaña.	34
Tabla 2-4. Resultados de la prueba piloto en tres ciudades (curso 07-08 y curso 08-09).	35
Tabla 2-5. Juguetes y equipos deportivos puestos en el mercado en España y Catalunya en los últimos años y tasas de reciclaje estimadas a partir de la recogida en puntos limpios.	36
Tabla 2-6. Cálculo del % de recogida de juguetes en la campaña R-CICLEJOGUINA realizada en 3 municipios de Catalunya	38
Tabla 2-7. Centros docentes, alumnos, población y distancia recorrida en la campaña por municipio “cero”.	39
Tabla 2-8. Estimación de la variación de centros docentes, alumnos, población y distancia recorrida en la campaña por municipio “cero”.	40
Tabla 2-9. Estimación de escuelas y de alumnos participantes en la campaña extendida a Catalunya y España.	41
Tabla 2-10. Evolución de las escuelas y alumnos participantes en la campaña extendida a Catalunya y España a lo largo de 10 años.	42
Tabla 2-11. Estimación de municipios, centros docentes, alumnos y población participantes en la campaña en Catalunya.	45
Tabla 2-12. Estimación de municipios y de centros docentes participantes en la campaña en España.	46
Tabla 2-13. Estimación de la previsión de recogida de juguetes en el municipio “cero”, extendiéndola a Catalunya y España.	48
Tabla 3-1. Costes y beneficios asociados a la campaña de recogida de juguetes.	53
Tabla 3-2. Composición media en porcentaje de los residuos de la categoría 7, juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre.	56
Tabla 3-3. Componentes y materiales de “Winnie the Pooh”.	57
Tabla 3-4. Impactos ambientales evitados por los juguetes reutilizados en la campaña.	58
Tabla 3-5. Impactos evitados debido al proceso de reciclaje de metales.	60
Tabla 3-6. Impactos ambientales evitados por los juguetes reciclados durante la campaña.	60

Tabla 3-7. Impactos ambientales evitados en un escenario futuro, reciclando un 40 % de la fracción de mixtos no férricos.	61
Tabla 3-8. Datos de escuelas participantes en la campaña y distancias de recogida.....	62
Tabla 3-9. Datos de los elementos de comunicación usados en la campaña.....	62
Tabla 3-10. Impactos ambientales de los materiales y el transporte de la campaña (Fuente: (GaBi-4 2007)).	63
Tabla 3-11. Cálculo de los impactos ambientales de la campaña.	63
Tabla 3-12. Ganancias ambientales debidas a la campaña R-CICLEJOGUINA.....	64
Tabla 3-13. Ganancias ambientales por municipio “cero”.....	67
Tabla 3-14. Ganancias ambientales debidas a la campaña si se extendiera a Catalunya.....	67
Tabla 3-15. Ganancias ambientales debidas a la campaña si se extendiera a España.....	68
Tabla 3-16. Estimación de los juguetes recogidos en la campaña.....	69
Tabla 3-17. Cálculo de los costes ambientales estimados si se extiende la campaña a Catalunya.....	72
Tabla 3-18. Estimación de las ganancias ambientales debidas a la campaña para el municipio “cero” durante 10 años.....	73
Tabla 3-19. Estimación de las ganancias ambientales debidas a la campaña extendida a Catalunya y a España durante 10 años.....	73
Tabla 3-20. Estimación del ahorro de impacto en acidificación debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.....	77
Tabla 3-21. Estimación del ahorro de impacto en eutrofización debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.....	78
Tabla 3-22. Estimación del ahorro de impacto en calentamiento global debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.....	81
Tabla 3-23. Estimación del ahorro de impacto en calentamiento global debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.....	82
Tabla 3-24. Estimación del ahorro de impacto en oxidantes fotoquímicos debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.....	84
Tabla 4-1. Ingresos y costes económicos asociados a la campaña de recogida de juguetes.....	89
Tabla 4-2. Inversión inicial de la campaña R-CICLEJOGUINA.....	96
Tabla 4-3. Costes anuales de la campaña R-CICLEJOGUINA.....	96
Tabla 4-4. Composición de tres juguetes ejemplo.....	98
Tabla 4-5. Resumen de los precios de los juguetes recuperados.....	99
Tabla 4-6. Valor económico de los materiales obtenidos del reciclaje de los juguetes (ELECTRORECYCLING 2009).....	100
Tabla 4-7. Costes económicos de la recogida y la gestión de los residuos sólidos urbanos.....	101
Tabla 4-8. Coste económico de evitar emisiones de SO ₂ por absorción con hidróxido de calcio.....	102
Tabla 4-9. Coste económico de evitar emisiones de SO ₂ con carbón activo.....	103
Tabla 4-10. Previsión del precio de emisiones de CO ₂ para el 2025, según distintos modelos.....	105
Tabla 4-11. Coste económico de evitar emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) con carbón activo.....	107
Tabla 4-12. Coste económico de evitar determinadas emisiones.....	108
Tabla 4-13. Ingresos económicos de los materiales de la primera campaña R-CICLEJOGUINA.....	109
Tabla 4-14. Ingresos económicos del ahorro en procesos de fabricación de la primera campaña R-CICLEJOGUINA.....	110
Tabla 4-15. Resumen financiero de la campaña R-CICLEJOGUINA.....	111
Tabla 4-16. Costes fijos de la campaña para un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).	115
Tabla 4-17. Costes variables de la campaña para un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).	116

Tabla 4-18. Ingresos directos obtenidos en la campaña en un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).	117
Tabla 4-19. Ingresos obtenidos de las externalidades en la campaña en un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).	118
Tabla 4-20. Resumen de ingresos obtenidos por la campaña en un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).	118
Tabla 4-21. Costes variables de la campaña por municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).	119
Tabla 4-22. Resumen de ingresos y costes de la campaña (euros corrientes – inflación anual 2 %).	120
Tabla 4-23. Resumen de beneficios de la campaña (euros corrientes – inflación anual 2 %).	122
Tabla 4-24. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España.	122
Tabla 4-25. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto.	123
Tabla 4-26. Precios máximos y mínimos de diversos componentes.	125
Tabla 4-27. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso más desfavorable...	126
Tabla 4-28. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso más desfavorable.	126
Tabla 4-29. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso más favorable.	127
Tabla 4-30. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso más favorable.	128
Tabla 4-31. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso del precio máximo de los juguetes recuperados.	128
Tabla 4-32. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso del precio máximo de los juguetes recuperados.	129
Tabla 4-33. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso del precio máximo de las emisiones de CO ₂ .	130
Tabla 4-34. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso del precio máximo de las emisiones de CO ₂ .	130
Tabla 4-35. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso del precio de los juguetes recuperados por su función social.	131
Tabla 4-36. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso del precio máximo de los juguetes recuperados por su función social.	132
Tabla 5-1. Categorías y subcategorías a evaluar en un ACV-social (UNEP-SETAC 2009).	146
Tabla 5-2. Sistema de evaluación desde categorías hasta la unidad de medida, adaptado de (BENOIT et al. 2007).	149
Tabla 5-3. Indicadores calculados en el proyecto europeo LCA-IWM (DEN BOER et al. 2005).	150
Tabla 5-4. Indicadores útiles para evaluar un sistema o modelo propuesto.	154
Tabla 5-5. Indicadores sociales calculables para los distintos procesos del modelo propuesto.	157
Tabla 5-6. Valores discretos propuestos para medir la comodidad de los distintos actores.	165
Tabla 6-1. Recogida de juguetes en la Escola Pia de Igualada.	168
Tabla 6-2. Estimación de la previsión de recogida de juguetes si la campaña se extiende a Catalunya y España.	171
Tabla 6-3. Estimación de la previsión de recogida de juguetes en el municipio “cero”, según recogida de la escuela de éxito.	172
Tabla 6-4. Estimación de la previsión de recogida de juguetes en el municipio “cero”, extendiéndola a Catalunya y España, según recogida de la escuela ejemplo.	172
Tabla 6-5. Resumen de ingresos comparados de la campaña en el municipio “cero” en € (inflación anual 2 %).	176
Tabla 6-6. Resumen de ingresos comparados de la campaña en Catalunya y España en € (inflación anual 2 %).	176

Tabla 6-7. Resumen de beneficios comparados de la campaña para el municipio “cero”. Escenario 1 (base) (inflación anual 2 %).	177
Tabla 6-8. Resumen de beneficios comparados de la campaña para Catalunya y España. Escenario 1 (base) (inflación anual 2 %).	178
Tabla 6-9. Resumen de beneficios comparados de la campaña para el municipio “cero”. Escenario 2 (gasto mínimo) (inflación anual 2 %).	178
Tabla 6-10. Resumen de beneficios comparados de la campaña para Catalunya y España. Escenario 2 (gasto mínimo) (inflación anual 2 %).	179
Tabla 6-11. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Escenario 1 (base).	180
Tabla 6-12. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Escenario 2 (gasto mínimo).	181
Tabla 6-13. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España con inversión inicial. Escenario 1 (base).	181
Tabla 6-14. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España con inversión inicial. Escenario 2 (gasto mínimo).	182
Tabla 6-15. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España con inversión inicial y sin las externalidades. Escenario 1 (base).	182
Tabla 6-16. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España con inversión inicial y sin las externalidades. Escenario 2 (gasto mínimo).	183
Tabla Anexo 1-1. Impactos ambientales ahorrados por los juguetes reutilizados en la campaña extendida a Catalunya y a España.	197
Tabla Anexo 1-2. Estimación del reciclado de juguetes según municipios participantes.	198
Tabla Anexo 1-3. Impactos ambientales evitados por los juguetes reciclados de la campaña extendida a Catalunya y a España.	198
Tabla Anexo 1-4. Estimación de los impactos ambientales evitados en un escenario futuro, reciclando la fracción de mixtos no férricos por municipio “cero”.	199
Tabla Anexo 1-5. Número de elementos de comunicación usados en la campaña por cada municipio “cero”.	200
Tabla Anexo 1-6. Pesos de los elementos de comunicación usados en la campaña por cada municipio “cero”.	200
Tabla Anexo 1-7. Costes ambientales de la campaña en un municipio “cero”.	200
Tabla Anexo 1-8. Estimación de los costes ambientales de los materiales usados en la campaña.	201
Tabla Anexo 1-1. Cuestionario para al evaluación del indicador social Comprensión / Responsabilidad de fin de vida.	204
Tabla Anexo 2-2. Cuestionario para al evaluación del indicador social Implicación / Afectación en la comunidad local.	205

Listado de ilustraciones

Figura 2-1. Proceso de recogida y gestión de residuos de juguetes y pequeños RAEE actual y propuesto (este último en línea discontinua).	22
Figura 2-2. Actores involucrados en el sistema propuesto de recogida de juguetes.	24
Figura 2-3. Actores involucrados en el sistema propuesto de recogida de juguetes.	28
Figura 2-4. Distribución de valores de la función racional para la incorporación de municipios.	44
Figura 2-5. Distribución de valores de la función racional del factor de recogida.	47
Figura 3-1. Comparación de las ganancias y los costes ambientales debidos a la campaña R-CICLEJOGUINA.	65
Figura 3-2. Comparación de la previsión de las ganancias ambientales debidas a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.	74
Figura 4-1. Precios de los derechos de emisión de CO ₂ de los años 2008-11 y de los años 2009-11.	104
Figura 4-2. Previsiones de los precios de materias primas. Banco Mundial (WORLD BANK - CMR 2011).	114
Figura 4-3. Ingresos y costes de la campaña expresados como porcentaje de los ingresos.	121

Figura 5-1. Alcance de las herramientas de responsabilidad social corporativa y de impacto ambiental de la empresa y sus productos (UNEP-SETAC 2009).	147
Figura 5-2. Ejemplo del cálculo de uno de los indicadores sociales propuesto en un estudio de gestión de residuos (DEN BOER et al. 2005).	151
Figura 5-3. Valor que toma el indicador PTC_{10000} saturado a 1 para $Puestos_{10000} \geq 10$	163
Figura 5-4. Valor que toma el indicador S_{ONG} saturado a 1 para $Salario_{ONG} \geq 20\%$ del salario medio.	164
Figura 6-1. Comparación de las ganancias ambientales de la campaña con recogidas similares a la escuela de éxito “Escola Pia”	174

Agradecimientos

A todas las personas que de alguna manera han contribuido a que pudiera completar la realización de esta tesis.

Y en especial:

A los directores de esta tesis, el Dr. Pere Fullana i Palmer y la Dra. Rita Puig i Vidal, por su valiosa e inestimable ayuda a lo largo de la realización de la tesis.

A la asociación ECOTIC y concretamente a su director, el Sr. Joan Riba, por su colaboración y financiación de la campaña R-CICLEJOGUINA, cuya prueba piloto ha servido para la obtención de los datos para la experimentación y evaluación del modelo.

A la Cátedra Unesco de “Cicle de Vida i Canvi Climàtic” (ESCI – Universidad Pompeu Fabra), por las facilidades dadas para el acceso a los proyectos ECOJOGUINA y R-CICLEJOGUINA.

A la Sra. Jenna Watson, por su colaboración en la fase de implantación del proyecto R-CICLEJOGUINA.

Al Sr. Ramón Altadill Colominas, de la empresa Electrorecycling, por su colaboración desinteresada en la aportación de datos de reciclaje de RAEE.

Al Sr. Salvador Torné i Baró y a la “Escola Pia” de Igualada, por su implicación en la campaña de recogida de juguetes.

Al Gremi de Recuperació de Catalunya por los datos sobre materiales reciclados aportados.

Y por último agradecer el apoyo recibido por parte de mi familia y amigos, en especial a Teresa y a mis hijos, Pau y Sergi, que han sabido soportar pacientemente estos momentos estando constantemente a mi lado.

Nomenclatura

A	Acidificación, expresado en kg SO ₂ -equivalente
ACV	Análisis del Ciclo de Vida
AEE	Aparatos Eléctricos y Electrónicos
ARA	Agotamiento de Recursos Abióticos, expresado en kg Sb-equivalente
CCV	Costes del Ciclo de Vida (“Life Cycle Costing” o LCC)
CG	Calentamiento Global, expresado en kg CO ₂ -equivalente
DOE	Disminución de Ozono Estratosférico, expresado en kg CFC-11-equivalente
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Eu	Eutrofización, expresado en kg PO ₄ -equivalente
FOF	Formación de Oxidantes Fotoquímicos, expresado en kg C ₂ H ₄ -equivalente
IPP	Política Integrada del Producto
LCIA	Análisis de Inventario del Ciclo de Vida
ONG	Organización no Gubernamental
PAEE	Pequeños Aparatos Eléctricos y Electrónicos
PCI	Placa de Circuito Impreso
PRI	Período de Retorno de la Inversión
RAEE	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
RSE	Responsabilidad Social de las Empresas
SDDR	Sistema de Depósito, Devolución y Retorno
SIG	Sistema Integrado de Gestión
TIR	Tasa Interna de Retorno

UE	Unión Europea
VAN	Valor Actual Neto
VOC	Compuestos Orgánicos Volátiles

Capítulo 1. Introducción

1.1. La sostenibilidad

1.1.1. Concepto de sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad fue adoptado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) en Río de Janeiro en el año 1992 como el principal objetivo político para el desarrollo futuro de la humanidad.

Allí se establecieron los componentes más importantes de la sostenibilidad, que deben ser evaluados y debidamente equilibrados. Así, estos componentes tienen en cuenta los aspectos ambientales, los económicos y los sociales. Para la mayoría de los autores hay un consenso sobre estos tres pilares, pero no se ha conseguido aún un consenso sobre el peso que cada uno de ellos debe tener en la evaluación de la sostenibilidad (KLOEPFFER 2008).

En su sentido más amplio, la producción limpia, la ecología industrial, el análisis del ciclo de vida (ACV) y la gestión ambiental involucran no sólo a la cadena de suministro, sino también a una red de actores, los tradicionales y otros, la sociedad local y las futuras generaciones. Esto significa enfrentarse a los nuevos retos de los aspectos ambientales y sociales de la sostenibilidad. Como resultado de la globalización mundial y la creciente complejidad de las economías modernas aparece un nuevo concepto sobre la responsabilidad social de las empresas (RSE), que se ha convertido en un foco de interés.

Los modelos de negocio y su regulación entre sistemas de distribución y de producción, que a menudo comprenden varias organizaciones y sectores entre distintos países, deben ser

abordados desde la perspectiva de la RSE. Esto implica que la RSE debe conceptualizarse e implementarse no sólo en las distintas unidades de negocio sino también a través de las relaciones de mercado, observándose dos grandes categorías de empresas, las que tienen una actitud reactiva frente a las que tienen una actitud proactiva (MAGERHOLM FET 2006).

Para dar respuesta a sus actividades de negocio, las empresas utilizan como aplicación herramientas orientadas hacia la sostenibilidad, y entre ellas las más comunes son: la huella ecológica, la ecología industrial y el ACV. Sin embargo, estas herramientas tienen una orientación demasiado ambiental y no tienen suficientemente en cuenta la orientación social para abarcar completamente el concepto de desarrollo sostenible. Debido a que el ACV se ha convertido en la herramienta más utilizada en la práctica ambiental y en la gestión ambiental, ésta necesita mejoras en el sentido de incorporar los aspectos sociales o de la sociedad.

Para ampliar la metodología del ACV con el objetivo de integrar el desempeño social en las actividades de las empresas, se proponen dos caminos: por un lado, añadir más fases en el ACV y, por otro lado, añadir los criterios necesarios a fin de incorporar el desempeño social de un producto durante las distintas etapas de su ciclo de vida. Así se deben tener en cuenta principios fundamentales sobre el trabajo, los derechos humanos, la integridad del sistema y las prácticas ambientales.

Una iniciativa importante de la Global Reporting Initiative (GRI 2011) establece un sistema coherente de información internacional para el desempeño económico, ambiental y social de las empresas, similares a los ya existentes para la información financiera. Ofrece una herramienta común para la comparabilidad entre empresas y permite un alto grado de transparencia. Se pueden distinguir dos categorías: criterios sociales internos (tienen en cuenta los empleados y la calidad, la seguridad y la salud en el trabajo) y criterios sociales externos (las relaciones contractuales con las partes interesadas y las relaciones con otros grupos de interés) (GAUTHIER 2005).

Con el objetivo de lograr resultados fiables en la evaluación de la sostenibilidad se deben aplicar los principios del ciclo de vida. La perspectiva del ciclo de vida considera todas las etapas, ya sea de los productos o para las organizaciones en toda la cadena de valor, desde la materia prima, extracción y adquisición, el uso de la energía y de los materiales de fabricación, hasta el final de su vida útil con el tratamiento y la disposición de residuos. Dado que este ciclo de vida tiene en cuenta todos los aspectos en la evaluación, esto le confiere un

punto de vista multidimensional que hace que se puedan identificar y evaluar los aspectos ambientales, económicos, y sociales (UNEP-SETAC 2011).

Mientras que el uso del ACV-ambiental está muy extendido, el uso del ACV-económico o los Costes del Ciclo de Vida (“Life Cycle Costing” o LCC) y del ACV-social (“Social Life Cycle Assessment” o SLCA) aun siguen siendo limitados. De momento, el modelo estándar aceptado por la industria es el compuesto por la integración de los tres pilares de la sostenibilidad. Para lograr evaluar la sostenibilidad, se tienen en cuenta los aspectos ambientales, económicos y sociales que además tienen que estar sincronizados y chequeados entre ellos (KLOEPFFER 2008).

Dada la amplia aceptación del modelo estándar, es bastante sencillo proponer el esquema siguiente de evaluación de sostenibilidad del ciclo de vida:

$$ASCV = ACV\text{-ambiental} + ACV\text{-económico} + ACV\text{-social}$$

ASCV: Análisis de sostenibilidad del ciclo de vida (en inglés “Life Cycle Sustainability Assessment”)

Sin embargo, existen algunos requisitos previos para el uso de este sistema. El requisito más importante es que los límites del sistema de las tres evaluaciones sean consistentes, e idealmente deberían ser idénticos. La mejor solución sería el uso del mismo o idéntico inventario para los tres componentes, sin embargo el inventario de ciclo de vida social es mucho más exigente con respecto a la resolución regional que el análisis de ciclo de vida ambiental y el análisis de costes.

Con respecto a la sostenibilidad es de especial importancia evitar el aplazamiento de los problemas hacia el futuro por una cuestión de justicia intergeneracional.

Recientemente se han presentado algunos trabajos basados en el análisis de la ecoeficiencia, una combinación del análisis de ciclo de vida simplificado y el análisis de costos aproximado. Los esquemas de ecoeficiencia de dos dimensiones se pueden representar en un entorno de tres dimensiones en el que se muestra la posición del producto de acuerdo con los tres pilares de la sostenibilidad (KLOEPFFER 2008).

1.1.2. El ACV-ambiental

El concepto de Análisis de Ciclo de Vida Ambiental apareció por primera vez en 1960 (BAUMAN et al. 2004). Hasta principios de los años noventa los estudios ambientales se llevaron a cabo como flujos de materiales, energía y residuos y tenían una gran variedad de nombres. En 1993 la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) desarrolla un método estandarizado para el ACV-ambiental que ha servido de base para la confección de las normas de la serie ISO 14040, que proporcionan un marco riguroso para la realización del ACV (CONSOLI et al. 1993).

Recientemente ha aumentando la conciencia social, y la industria y los gobiernos han incorporado el concepto de integración del medio ambiente en la gestión de los sistemas y su uso en la elaboración de las políticas ambientales, ya que el ACV puede ayudar en la comunicación de los temas ambientales de una manera más equilibrada.

A nivel mundial muchos países están desarrollando estrategias que promueven el ACV. Como ejemplo está el concepto de Política Integrada del Producto (IPP) desarrollada en la Unión Europea, o también, el uso de las etiquetas ecológicas que aportan información para identificar con mayor precisión los productos ecológicos (UNEP-SETAC 2011).

En la serie de normas ISO 14040 y su actualización en las ISO14044:2006 (UNE-EN ISO 14040: 2006), se establecen los principios y la estructura para la realización del ACV-ambiental. Se establecen las siguientes fases: determinación del objetivo y del alcance del estudio, el análisis de inventario, realización de la evaluación del impacto ambiental de todo el ciclo de vida y la interpretación de los resultados (FULLANA et al. 2009).

El ACV-ambiental se define como: un procedimiento objetivo de valoración relativo a un proceso o una actividad, que incluye la extracción y el tratamiento de la materia prima, el transporte, la fabricación, la distribución, el uso, la reutilización, el reciclaje y el vertido final, y en el que se evalúan los impactos ambientales potenciales durante todo su ciclo de vida (FULLANA et al. 1997).

El ACV-ambiental es una medida de carácter cuantitativo, pero cuando esto no sea posible, se pueden utilizar aspectos cualitativos que se deben tener en cuenta para conseguir de la manera más amplia posible una lista completa de los impactos ambientales involucrados (GUINEE 2002).

Las principales aplicaciones del ACV-ambiental son:

- Analizar los orígenes de los problemas relacionados con un producto en particular.
- Comparar diferentes versiones de mejora de un producto determinado.
- Diseño de nuevos productos.
- Escoger entre una serie de productos comparables.

1.1.3. El ACV-económico

El ACV-económico (o Coste de Ciclo de Vida, del inglés “Life Cycle Costing”), es la más antigua de las tres técnicas, y su desarrollo originario era el coste financiero estricto desde el punto de vista contable. En los últimos años el coste del ciclo de vida ha ido ganando importancia. Hoy en día existen diferentes formas de incorporar estos costes:

- Convencional: incorporar costes y beneficios previstos.
- Costes del ciclo de vida: se tienen en cuenta los costes y las externalidades más relevantes y los beneficios previstos.
- Costes de ciclo de vida social: se incluyen todos los costes privados y las externalidades y los beneficios monetarios.

Básicamente la evaluación de los costes del ciclo de vida se aplica a todos los costes que están directamente relacionados con un producto durante todo el ciclo de vida (UNEP-SETAC 2011). También se tienen cuenta todos los costes externos y beneficios pertinentes que se prevén, y normalmente se lleva a cabo en cuatro fases:

- Definir el objetivo, el alcance y la unidad funcional
- Inventario de todos los costes
- Los gastos totales por categorías de costes
- Interpretación de los resultados

El ACV-económico es una metodología que estima o pronostica todos los posibles “flujos de caja” que pudieran ocurrir durante toda la vida útil de un activo, sistema o proceso, incluyendo todas las fases de la vida útil, desde el diseño, producción, fabricación, uso, mantenimiento hasta su final de vida en residuos, y convierte estos flujos de caja proyectados o futuros en un valor económicamente comparable considerando el valor del dinero en el tiempo, tal como el valor actual neto (VAN) (DE RUS MENDOZA 2008).

La evaluación económica del ciclo de vida debe considerar todos los costos asociados a la vida de un sistema o proceso (directos, indirectos, variables y fijos, probabilísticas y determinísticos) desde el inicio hasta su fin. En todas las etapas de un proyecto, hay decisiones que tomar, información a recabar, costos a evaluar, registrar y considerar, capacitación de operarios y personal de mantenimiento, análisis de qué hacer ante cada evento, referentes a distintos aspectos de la operación y el mantenimiento del activo. La adecuada consideración de todos esos factores es clave en el logro del objetivo de maximizar el retorno sobre los activos y minimizar el coste del ciclo de vida, para así lograr los adecuados niveles de VAN (valor actual neto) de la inversión y una TIR (tasa interna de retorno) que hagan viable los proyectos (DE RUS MENDOZA 2008).

1.1.4. El ACV-social

Las discusiones sobre cómo tratar la responsabilidad social y los criterios socioeconómicos de los productos a lo largo de todo su ciclo de vida se iniciaron en la década de 1980. Una de las primeras iniciativas tuvo lugar en Alemania, por el Öko-Institute (Institute for Applied Ecology) en 1987 (GRIEBHAMMER et al. 2006). En el año 1993 la SETAC elaboró un informe sobre un marco conceptual para el análisis de ciclo de vida social. Estas iniciativas comprenden los aspectos sociales y una evaluación ambiental del producto, siendo las primeras contribuciones a una evaluación más integrada (FAVA et al. 1993).

En el año 2009, reconociendo la necesidad de la integración de los criterios sociales, se lleva a cabo la iniciativa para determinar las directrices para la evaluación social del ciclo de vida (UNEP-SETAC 2009).

Las directrices mencionadas proporcionan un entorno a los interesados y ofrecen una base para permitir la evaluación de los aspectos sociales y socioeconómicos en los ACV de los productos. Aunque el análisis de ciclo de vida social es complementario con el ambiental y otras técnicas de evaluación, hay áreas en las que son necesarias la investigación y el desarrollo (UNEP-SETAC 2011), tales como:

- La relación entre la función y la utilidad del producto
- Hojas metodológicas para el análisis de necesidades de inventario

- Métodos para la evaluación de los impactos y efectos de los aspectos ambientales y socioeconómicos
- Áreas de protección
- Sistemas de puntuación
- La relación entre el análisis de ciclo de vida social y los costes del ciclo de vida.

El ACV-social pretende evaluar aspectos sociales y socioeconómicos de un producto y su impacto potencial positivo o negativo a lo largo de todo el ciclo de vida. Complementa al ACV-ambiental con los aspectos sociales y socioeconómicos. El ACV-ambiental por sí solo no proporciona toda la información necesaria para tomar decisiones desde una perspectiva de sostenibilidad, necesita de la complementariedad de un ACV-social (UNEP-SETAC 2009).

Los aspectos sociales y socioeconómicos evaluados son aquellos que pueden afectar directamente (de forma positiva o negativa) a los actores involucrados.

El ACV-social es una técnica que ayuda a conocer incrementos en la mejora de un producto pero no proporciona una solución para un consumo o modelo de vida sostenible. Estos temas van más allá del alcance de la herramienta.

1.2. Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) y la gestión de sus residuos

1.2.1. Introducción

El origen de los aparatos eléctricos y electrónicos se remonta al nacimiento de los transistores en el año 1947, cuando comienza una nueva era para la ciencia de la tecnología de la electrónica que se irá extendiendo a toda la humanidad.

Con el desarrollo de los dispositivos semiconductores durante la segunda mitad del siglo pasado se produjo un aumento de la complejidad de los dispositivos electrónicos y una reducción de su tamaño, lo cual comportó que se pudieran fabricar sofisticados equipos electrónicos, a unos precios cada vez más económicos, llegando a generalizarse su uso.

Durante la segunda mitad del siglo XX, el aumento de la complejidad de estos aparatos hizo que continuamente fueran apareciendo nuevos equipos en una rápida evolución que dio lugar

a una gran transformación de nuestra sociedad y a la producción de una cantidad importante de residuos, debido al proceso de cambio y renovación de estos aparatos (RELEC 2011).

En la década de los años setenta del siglo pasado se inicia lo que se considera la tercera revolución de la era tecnológica, propiciada por la aparición en 1971 del primer microprocesador fabricado por la compañía Intel. A partir de esta fecha surgen continuamente nuevos aparatos eléctricos y electrónicos, lo que provoca un mayor consumo de todos éstos y, en consecuencia, la aparición creciente de sus residuos.

Los aparatos eléctricos y electrónicos están constituidos básicamente por tres grandes categorías de sustancias (RELEC 2011):

- Substancias valorizables. Son las que tras ser extraídas de estos equipos poseen un cierto valor en el mercado, como son los metales, férricos y no férricos, para los cuales existen métodos de recuperación suficientemente aceptados y eficientes y un buen mercado de materiales reciclados.
- Sustancias peligrosas. Aquellas que han de ser necesariamente separadas del equipo y tratadas de modo especial, ya que constituyen un peligro para la salud o para el medio ambiente. Con el reciclado se consigue la recuperación de estas sustancias para una posterior reutilización. Actualmente, los fabricantes de aparatos eléctricos y electrónicos han eliminado o se encuentran en proceso de eliminación de la mayoría de sustancias peligrosas en sus equipos, como son: plomo, mercurio, cadmio, cromo VI, PBB (polibromobifenilos), PBDE (polibromodifenil éteres), etc. De todas formas el problema actual está en la gran cantidad de aparatos eléctricos y electrónicos existentes que han sido fabricados con algunas sustancias peligrosas y que acabarán como residuos en los próximos años.
- Sustancias no valorizables, pero que no son peligrosas. Estas sustancias pueden ser enviadas a vertederos normales sin que suponga ningún riesgo para la salud ni para el medio. Esta actuación presenta dos inconvenientes: la ocupación de vertederos y la no recuperación de la sustancia en cuestión.

Ya se ha mencionado que hace unas pocas décadas sólo una parte de la población podía tener estos aparatos eléctricos y electrónicos debido sobre todo a su elevado precio, los cuáles se utilizaban durante largos períodos de tiempo, ya que se reparaban cada vez que tenían una avería. La situación actual es muy distinta debido a la gran variedad de equipos eléctricos y

electrónicos existentes, que ha comportado un alto consumo de ellos y al mismo tiempo una reducción del tiempo de su uso, que en muchas ocasiones llega a ser de pocos años (RELEC 2011).

Además, las empresas fabricantes de estos productos imponen continuamente cambios de modelos y, en consecuencia, los usuarios van adquiriendo nuevos aparatos que acaban en poco tiempo desechados para sustituirlos rápidamente por los nuevos modelos. Así el aumento de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos ha ido creciendo últimamente de forma masiva produciendo cada vez mayores impactos en el ámbito ambiental.

Según la Agencia Europea del Medio Ambiente la tasa de crecimiento de productos electrónicos obsoletos alcanzará niveles de crisis a no ser que se adopten medidas rápidamente (EEA 2009). La basura electrónica representa actualmente el 5 % de los residuos sólidos urbanos de todo el mundo (de 20 a 50 millones de toneladas generados cada año a nivel mundial), casi la misma cantidad que todos los envases de plástico pero mucho más peligrosa. De los residuos sólidos urbanos, la fracción de residuos electrónicos es, sin duda, la que crece con mayor rapidez, principalmente debido a teléfonos móviles y ordenadores, que son los equipos que se cambian más a menudo. Estas cantidades se incrementan anualmente en un 3-5 % (HISCHIER et al. 2005). Se calcula que en los países de la Unión Europea se generan unos 20 kg de residuos eléctricos y electrónicos por habitante y año. La contribución de los particulares es de unos 12 kg, del sector industrial proceden 5 kg y los otros 3 kg son cables (VILLASEVIL 2008).

La Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (Directive 2002/96/CE 2003) tiene como objetivo reducir la cantidad de RAEE que van a parar al vertedero, y es la que establece la responsabilidad de los fabricantes e importadores de estos productos en la gestión adecuada de estos residuos. Esta Directiva clasifica los RAEE en 10 categorías (ver tabla 1-1).

Tabla 1-1. Clasificación de los RAEE en categorías

Categoría	Tipo de RAEE
1	Grandes electrodomésticos
2	Pequeños electrodomésticos
3	Equipos de informática y telecomunicaciones
4	Aparatos electrónicos de consumo
5	Aparatos de alumbrado
6	Herramientas eléctricas o electrónicas (excepto las industriales permanentemente fijas)
7	Juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre
8	Aparatos médicos (excepto los implantados o infectados)
9	Instrumentos de vigilancia y control
10	Máquinas expendedoras

Fuente: Directiva 2002/96/CE de la Comisión Europea.

Los objetivos de valorización que plantea esta Directiva 2002/96/CE van del 70 al 80 % según la categoría de RAEE considerada. También propone alcanzar un promedio de recogida selectiva de RAEE de 4 kg por habitante y año. En España, la Directiva 2002/96/CE se traspuso en el año 2005 mediante el Real Decreto 208/2005 (RD 208/2005).

Este Real Decreto establece la obligación que tienen los fabricantes de aparatos eléctricos y electrónicos de hacerse cargo de los costes de gestión de los residuos de aparatos que ponen en el mercado, a diferencia de lo que disponía la ley 10/1998, del 24 de abril, donde la responsabilidad sobre la gestión de los residuos recaía básicamente en el productor de los residuos.

1.2.2. Los sistemas de gestión de RAEE en España

A partir del Real Decreto 208/2005 (RD 208/2005), es el fabricante el que tiene la responsabilidad de buscar un sistema para recuperar o recoger los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos que ha producido allí donde se produzcan, de gestionar estos residuos adecuadamente y asumir el coste que ello origine.

Así, podemos distinguir entre dos casos de gestión de los RAEE y de otros residuos como envases (de cartón, vidrio o plástico), medicamentos, aceites industriales, etc. Algunas grandes empresas pueden hacerse cargo de todo el sistema de gestión de sus residuos de manera individualizada, estableciendo un sistema logístico que les permita esta recogida y

gestión, los sistemas individuales de gestión. O bien, con el fin de disminuir los costes de esta gestión individualizada, muchas empresas adoptan formas asociadas para poder realizar una gestión de forma correcta, lo que se ha denominado Sistemas Integrados de Gestión (SIG) (ARC 2010).

Sistemas individuales de gestión (SDDR - Sistema de Depósito, Devolución y Retorno)

El sistema individual de gestión de residuos consiste en que los fabricantes pueden tener un sistema de logística inversa que a través, por ejemplo, de los distribuidores pueda recoger los residuos que produce el consumidor para que, de esta forma, el residuo pueda llegar de nuevo al productor y, de éste, a su reutilización o bien al gestor autorizado.

Con este sistema, los fabricantes establecen un depósito que el consumidor debe pagar al adquirir el producto que compra, y que se le devuelve cuando retorna el producto como residuo (ARC 2010).

Sistemas integrados de gestión (SIG)

Los sistemas integrados de gestión de residuos son, generalmente, asociaciones sin ánimo de lucro compuestas por los propios fabricantes de los productos, con una oficina centralizada para gestionar y desempeñar las funciones de recogida y gestión de estos residuos.

Los sistemas integrados de gestión pueden establecer acuerdos con distribuidores, entes locales y consorcios para garantizar que cualquier residuo generado, ya sea de origen urbano o industrial, se recoja dentro del sistema establecido.

Los costes del sistema integrado de gestión repercuten en los propios socios fabricantes con una distribución de costes que está de acuerdo con la cuota de mercado asignada a cada uno de los fabricantes (ARC 2010).

En España dentro del sector de los aparatos eléctricos y electrónicos operan los siguientes SIG (MINETUR 2011):

- AMBILAMP y ECOLUM son entidades sin ánimo de lucro, creadas para la recogida, el tratamiento y la gestión de residuos de lámparas y residuos generados por los aparatos de iluminación.

Estas asociaciones tienen básicamente como objetivo la valorización y el reciclado de los residuos de lámparas obteniendo los materiales de reciclado y disminuyendo el impacto ambiental generado por ellos. Están prácticamente presentes en todas las Comunidades Autónomas (AMBILAMP 2011) y (ECOLUM 2011).

- ECOASIMELEC gestiona todo tipo de residuos eléctricos y electrónicos salvo grandes electrodomésticos y aparatos de iluminación.

Esta Fundación para la gestión medioambiental de aparatos eléctricos y electrónicos nace en el año 2005 por iniciativa de la Asociación multisectorial de empresas de tecnologías de la información, comunicaciones y electrónica (ASIMELEC). El sistema integrado de gestión tiene un ámbito de actuación en todo el territorio español. Los residuos recogidos se envían a plantas especializadas de tratamiento (ECOASIMELEC 2011).

- ECOFIMÁTICA y TRAGAMOVIL gestionan residuos de equipamientos informáticos y de telecomunicaciones.

Ecofimática un sistema de gestión tanto de grandes equipos de copia, de uso profesional, como de equipos de impresión más pequeños, de uso cotidiano en los hogares (ECOFIMÁTICA 2011). Tragamovil gestiona los residuos de aparatos de telefonía, comunicaciones y sus accesorios (TRAGAMOVIL 2011).

- ECOTIC, ECOLEC y ERP-SAS gestionan todo tipo de residuos eléctricos y electrónicos salvo los aparatos de iluminación.

ECOTIC es una fundación sin ánimo de lucro creada por una asociación de empresas fabricantes de aparatos eléctricos y electrónicos de consumo con el objetivo de gestionar los residuos de dichos aparatos de las empresas adheridas, con el fin de dar respuesta a los requerimientos legales que los productores de los aparatos eléctricos y electrónicos han de satisfacer. El sistema integrado de gestión de ECOTIC contempla el establecimiento, el desarrollo y la gestión de los sistemas de recogida, tratamiento y control de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos al final de su vida útil (ECOTIC 2010).

- ECOPILAS gestiona los residuos de pilas y acumuladores domésticos usados. Tiene un sistema de recogida y reciclado de pilas y baterías usadas con independencia de las

marcas, con la optimización de los costes de recogida y reciclado, asegurando economías de escala gracias al volumen de residuos gestionados (ECOPILAS 2011).

- SIGCLIMA gestiona los residuos de aire acondicionado. Exceptuando los aparatos fijos en los edificios, gestiona las siguientes categorías de aparatos: portátiles y compactos de aire acondicionado, deshumidificadores, purificadores y humidificadores.

Otros SIG que también operan en España, aunque no son específicamente del sector de los aparatos eléctricos y electrónicos, son:

- ECOEMBES para la recogida selectiva y la recuperación de residuos de envases (excepto los de vidrio) y su posterior tratamiento, reciclado y valorización (ECOEMBES 2011).
- ECOVIDRIO para residuos de envases de vidrio en toda España (ECOVIDRIO 2011).
- SIGAUS gestiona los residuos de aceites industriales usados (SIGAUS 2011).
- SIGNUS y TNU gestionan los neumáticos fuera de uso. Los neumáticos usados son recogidos en los puntos de generación y tras un transporte y almacenamiento temporal se preparan los residuos, se clasifican y se llevan a los puntos de recauchutado o de reciclado y finalmente a los puntos de valorización.
- SIGFITO gestiona los envases de productos fitosanitarios agrícolas.
- SIGRAUTO gestiona los residuos de los vehículos fuera de uso y de las reposiciones de piezas mecánicas.
- SIGRE es una entidad sin ánimo del lucro creada por el conjunto de laboratorios farmacéuticos (Farmaindustria), los distribuidores de medicamentos y el Consejo General de colegios oficiales de farmacéuticos para garantizar la correcta gestión medioambiental de los envases y restos de medicamentos de origen doméstico. Utilizan un sistema de gestión cerrado, de logística inversa en que los residuos de medicamentos se recogen en las farmacias, a continuación, la distribuidora farmacéutica los recoge y los almacena, y finalmente son retirados por los gestores autorizados y transportados hasta la planta de clasificación de residuos de

medicamentos de Cerceda (La Coruña). En esta planta de Galicia los residuos de medicamentos son clasificados y enviados a los gestores autorizados (SIGRE 2011).

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) pueden provenir de cuatro vías distintas ¹:

1. Particulares que entregan RAEE en los puntos limpios o en instalaciones municipales habilitadas para este fin.
2. Distribuidores que entregan RAEE que han recogido de sus clientes.
3. Particulares que entregan RAEE de uso industrial en los establecimientos municipales o en centros de almacenamiento temporal habilitados para este fin.
4. Distribuidores o instaladores que han retirado de sus clientes aparatos eléctricos y electrónicos de uso industrial, habiendo instalado o comercializado a su vez un aparato eléctrico y electrónico nuevo.

Los sistemas integrados de gestión únicamente financian la gestión de los residuos a los productores, y sus asimilados, en la recogida y tratamiento posterior de los residuos eléctricos y electrónicos contemplados en las vías 1, 2 y 4. Respecto a la vía 3 se pueden acordar con la instalación municipal o con el centro de almacenamiento temporal que se cargue al particular un importe equivalente al coste que supone para la fundación o el sistema integrado de gestión realizar el tratamiento de los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos (ECOLEC 2011).

En los países europeos, generalmente, la gestión de los RAEE se realiza mediante sistemas mixtos en los que los ayuntamientos se encargan de su recogida, mientras que los productores se encargan del reciclaje y tratamiento de los mismos.

La función de los minoristas y distribuidores en la gestión de RAEE puede variar enormemente según los países. En Suiza y Noruega, por ejemplo, desempeñan un papel primordial y reciben pagos como incentivo a la función que desempeñan (clasifican y distribuyen los aparatos dañados según si pueden o no ser reparados) (VILLASEVIL 2008). En España, por el contrario, los puntos de venta solo realizan la recogida de los grandes

¹ Como se explicará en el Capítulo 2 de esta tesis doctoral, se propone una nueva vía de recogida.

aparatos eléctricos y electrónicos que son sustituidos por uno nuevo y se dispone del sistema de recogida municipal para la recogida del resto de aparatos.

El sistema de recogida municipal es un servicio público que recoge los residuos urbanos de dos formas: la recogida en acera, selectiva o no, según horario o previa solicitud, y las áreas de aportación (o puntos limpios) donde el propio consumidor puede llevar los aparatos desechados. Además de este servicio público tradicional, también existen organizaciones o asociaciones que recogen electrodomésticos y aparatos eléctricos y electrónicos, los clasifican, los reparan y los venden en comercios de segunda mano, todo ello empleando a personas con problemas de exclusión social. Mediante estos sistemas se consigue gestionar adecuadamente una gran proporción de los RAEE de gran tamaño, pero los de pequeño tamaño se eliminan generalmente con la fracción resto de residuos urbanos y van al vertedero (BABU et al. 2007).

1.2.3. La venta de AEE y la recogida de sus residuos en cifras

El aumento espectacular de AEE que se introducen en el mercado se puede comprobar en la tabla 1-2, donde se indica el aumento en toneladas puestas en el mercado de estos aparatos en la Unión Europea, desde el año 2005 al 2008. Según la categoría de AEE ha habido aumentos desde un factor de 3,5 hasta un factor de más de 20. En promedio en estos 4 años se ha multiplicado por más de 7 la cantidad de estos aparatos eléctricos y electrónicos vendidos.

Tabla 1-2. Cantidad de AEE puestos en el mercado en Europa (EUROSTAT 2011).

Categoría de RAEE	2005		2006		2007		2008	
	toneladas	kg/hab	toneladas	kg/hab	toneladas	kg/hab	toneladas	kg/hab
1	582.710	1,27	3.165.703	6,36	4.513.110	9,02	4.789.463	9,53
2	113.588	0,25	546.789	1,10	803.277	1,61	847.778	1,69
3	163.789	0,36	982.170	1,97	1.483.696	2,97	1.518.851	3,02
4	347.627	0,76	971.764	1,95	1.062.728	2,12	1.232.747	2,45
5	83.422	0,18	403.529	0,81	733.297	1,47	745.416	1,48
6	58.438	0,13	351.177	0,71	548.601	1,10	661.547	1,32
7	10.990	0,02	108.642	0,22	271.398	0,54	245.256	0,49
8	8.451	0,02	53.390	0,11	77.096	0,15	103.204	0,21
9	21.857	0,05	53.161	0,11	80.492	0,16	82.489	0,16
10	3.916	0,01	37.067	0,07	76.630	0,15	72.983	0,15
Total	1.394.786	3,04	6.673.392	13,40	9.650.324	19,29	10.299.734	20,49

En Europa, en el año 2005 se pusieron en el mercado casi 1,4 millones de toneladas de aparatos eléctricos y electrónicos (3 kg/habitante) y estas cifras aumentan progresivamente cada año hasta los 10,3 millones de toneladas (20,5 kg/habitante) en el año 2008.

La categoría 1, de los grandes electrodomésticos, es la que en mayor cantidad se vende, aumentando en un factor de 8. La categoría que más ha crecido ha sido la categoría 7, juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre, multiplicándose su venta en un factor de 22. Otras categorías de gran crecimiento son la categoría 10, máquinas expendedoras, categoría 8, aparatos médicos, y categoría 6, herramientas eléctricas o electrónicas, con crecimientos de entre 11 y 18 veces.

De todos estos AEE puestos en el mercado, en el año 2008, se recogieron como residuos sobre un 30 % y se trataron o reciclaron aproximadamente el 26 % (EUROSTAT 2011).

Tabla 1-3. Cantidad de RAEE recogidos en Europa (EUROSTAT 2011).

Categoría de RAEE	2006		2007		2008	
	toneladas	kg/hab	toneladas	toneladas	toneladas	kg/hab
1	830.509	1,67	1.269.479	2,54	1.793.681	3,57
2	90.598	0,18	128.671	0,26	181.729	0,36
3	226.781	0,46	392.009	0,78	561.605	1,12
4	236.402	0,47	341.347	0,68	427.946	0,85
5	47.478	0,10	61.741	0,12	74.788	0,15
6	31.981	0,06	45.424	0,09	66.776	0,13
7	6.803	0,01	12.892	0,03	15.634	0,03
8	5.603	0,01	27.231	0,05	7.898	0,02
9	4.299	0,01	9.564	0,02	8.405	0,02
10	10.043	0,02	10.695	0,02	15.403	0,03
Total	1.490.497	2,99	2.299.053	4,60	3.153.867	6,27

Tabla 1-4. Cantidad de RAEE tratados / reciclados en Europa (EUROSTAT 2011).

Categoría de RAEE	2006		2007		2008	
	toneladas	kg/hab	toneladas	toneladas	toneladas	kg/hab
1	760.690	1,53	1.203.278	2,41	1.395.297	2,78
2	88.431	0,18	131.768	0,26	175.050	0,35
3	214.650	0,43	370.572	0,74	466.469	0,93
4	233.846	0,47	418.967	0,84	506.613	1,01
5	37.609	0,08	43.769	0,09	54.622	0,11
6	31.133	0,06	39.066	0,08	55.432	0,11
7	5.861	0,01	11.903	0,02	14.824	0,03
8	4.426	0,01	26.169	0,05	6.969	0,01
9	3.855	0,01	10.126	0,02	8.436	0,02
10	8.611	0,02	8.713	0,02	12.077	0,02
Total	1.389.112	2,79	2.264.331	4,53	2.695.791	5,36

Mientras que en el año 2006, la cantidad de RAEE recogidos y reciclados en Europa representaba sólo el 22,3 % del total de aparatos eléctricos y electrónicos puestos en el mercado, un 12,5 % de la categoría 1 y un 1,4 % de la categoría 2, en el año 2008, el porcentaje de recogida de estos aparatos aumentó hasta el 30,6 % del total de aparatos eléctricos y electrónicos puestos en el mercado, un 17,4 % de la categoría 1 y un 1,8 % de la categoría 2 (EUROSTAT 2011).

1.2.4. Recogida de residuos de Pequeños Aparatos Eléctricos y Electrónicos (PAEE)

En cuanto a la recogida de residuos de PAEE, algunos de los países europeos con mayor porcentaje de recogida de la categoría 2, pequeños electrodomésticos, se muestran en la tabla 1-5. En estos países, los porcentajes de recogida oscilan entre el 30 y el 55 % (EUROSTAT 2011).

Tabla 1-5. Cantidad de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos (categoría 2) puestos en el mercado y recogidos de algunos países de la Unión Europea (EUROSTAT 2011).

	Bélgica	Dinamarca	Alemania	España	Holanda	Austria	Suecia	Noruega
2006								
Puestos en el mercado (t)	249.736	173.468	1.836.912	512.478	99.010	156.809	226.615	187.049
kg/habitante	23,76	31,96	22,28	11,71	6,06	19,00	25,05	40,31
Puestos mercado (cat. 2) (t)	39.487	12.513	144.877	38.100	18.763	13.938	24.465	13.947
Recogidos (cat. 2) (t)	11.700	1.389	42.827		9.027	4.179	10.652	5.860
Porcentaje recogidos	29,63	11,10	29,56		48,11	29,98	43,54	42,02
2007								
Puestos en el mercado (t)	265.728	206.565	1.612.228	978.077	111.718	167.194	285.747	212.564
kg/habitante	25,11	37,92	19,59	21,99	6,83	20,19	31,36	45,41
Puestos mercado (cat. 2) (t)	41.784	13.386	158.123	52.992	22.502	15.171	20.320	13.661
Recogidos (cat. 2) (t)	12.288	5.241	52.472	2.528	9.584	4.548	11.352	5.493
Porcentaje recogidos	29,41	39,15	33,18	4,77	42,59	29,98	55,87	40,21
2008								
Puestos en el mercado (t)	295.086	162.367	1.883.545	775.730	144.419	171.667	233.954	206.023
kg/habitante	27,66	29,65	22,91	17,13	8,80	20,64	25,48	43,49
Puestos mercado (cat. 2) (t)	27.456	10.438	148.341	52.147	20.658	16.808	20.778	12.901
Recogidos (cat. 2) (t)	9.137	5.150	82.791	3.611	9.340	5.940	7.499	5.080
Porcentaje recogidos	33,28	49,34	55,81	6,92	45,21	35,34	36,09	39,38

En España, se estima que en el año 2006 se generaron sobre unos 12 kg de PAEE por persona y, de éstos, sólo se consiguió reciclar el 30 %, y el resto fue enviado directamente a vertedero (ECOTIC 2010). En el año 2007 los valores de reciclaje aumentaron considerablemente llegando a gestionarse unos 5,85 kg/habitante (PNIR 2008).

Los porcentajes de recogida de residuos de PAEE, de la categoría 2, aumentaron en España hasta el 7 % en el año 2008. En el caso de la categoría 7 de RAEE, juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre, el hábito de reciclarlos no está interiorizado entre la ciudadanía española y por ello en España solo se recogen en los puntos limpios alrededor del 0,5 % de este tipo de residuos (ECOTIC 2010).

La categoría 7, juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre, es la categoría que más ha incrementado su venta en el período de 2005 a 2008 (ver tabla 1-2). Estos tipos de residuos son el objeto de estudio de esta tesis, con el convencimiento de que, junto con los residuos de

esta categoría, también se incrementará la recogida de los de la categoría 2. Aunque los juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre, de la categoría 7, han experimentado un gran incremento de venta, solo se recoge una fracción muy pequeña de ellos, aproximadamente el 6 % de los puestos en el mercado. De la categoría 2, pequeños electrodomésticos, la cantidad recogida es del 21 % que, aunque no sea muy elevada, es bastante superior a la de la categoría 7 (EUROSTAT 2011).

Además, la logística de recogida de estos pequeños aparatos eléctricos y electrónicos permite generalmente el reciclado de los materiales peligrosos pero no la reutilización de los aparatos o de sus componentes. Una logística de recogida de mayor calidad permitiría un mejor aprovechamiento de los residuos de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos. Por lo tanto, existe la necesidad de una solución logística que responda a las demandas de las estrategias de reutilización en la que la separación se lleva a cabo en el punto de recogida (KNOTH et al. 2001).

El reciclaje y la reutilización de los pequeños RAEE representan un reto debido a que la composición de estos productos incorpora materiales muy diversos de forma compleja y son necesarias tecnologías de desmontaje rentables. También debe tenerse en cuenta la importancia de que el reciclado de los RAEE sea cercano para reducir al mínimo los costes de transporte: cuando existen instalaciones de desensamblaje cercanas, la minimización de los costes de la mano de obra comporta beneficios económicos y a la vez ambientales (HULA 2003).

Es por todo ello que la presente tesis doctoral se centrará en los RAEE de la categoría 7, concretamente los juguetes.

1.3. Objetivos

El objetivo de la presente tesis consiste en diseñar un sistema alternativo de recogida de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), centrándolo en los residuos de juguetes, que pueda aportar mejoras en la sostenibilidad respecto al sistema tradicional.

Para ello, se plantean dos objetivos parciales que requieren sus respectivos desarrollos metodológicos:

- Diseñar y probar un sistema logístico de recogida de residuos de juguetes con componentes eléctricos y electrónicos que disminuya la cantidad de los mismos que va a vertedero y que favorezca su reutilización y reciclaje. Un efecto colateral previsto de esta iniciativa será probablemente el de aumentar la sensibilización ciudadana hacia el reciclaje de todos los pequeños RAEE mejorando así los actuales niveles de recogida.
- Realizar la evaluación de sostenibilidad, ambiental, económica y social del modelo propuesto y determinar los beneficios ambientales, económicos y sociales que se puedan obtener en una proyección futura a 10 años.

Entre todos los tipos de pequeños RAEE se han elegido los juguetes con componentes eléctricos y electrónicos, por su simbolismo y porque a través de ellos se puede sensibilizar primero a los niños y sus familias y posteriormente al resto de la población.

Para conseguir estos objetivos, se ha realizado una parte experimental, es decir, unas pruebas piloto que han consistido en la aplicación del modelo propuesto en un número reducido de municipios. Esta parte experimental ha permitido recabar información de cómo funciona el sistema propuesto y estudiar cómo puede implantarse y generalizarse.

Los resultados de las pruebas piloto han servido para modificar y ajustar el diseño del modelo, para facilitar su implantación y permitir la realización de la evaluación de sostenibilidad del mismo.

Capítulo 2. Modelo de recogida propuesto

2.1. Descripción

El modelo de recogida de juguetes propuesto tiene su origen en el proyecto ECOJOGUINA. El proyecto de investigación aplicada ECOJOGUINA, llevado a cabo por el Grupo de Investigación en Gestión Ambiental (GIGA) de la Escuela Superior de Comercio Internacional – Universitat Pompeu Fabra, estuvo participado por distintos estamentos: administraciones (Departament de Medi Ambient i Habitatge, Agència de Residus de Catalunya, Centre d’Innovació, Desenvolupament Empresarial (CIDEM) e Institut Català de Consum de la Generalitat de Catalunya), universidad (Universitat Rovira i Virgili y Universitat Pompeu Fabra), empresas (IMC TOYS, EDUCA BORRÀS, NINCO DESAROLLOS, IBB Autoracing), asociaciones (ANCOJ – Asociación de Investigación de la Industria del Juguete, Conexas y Afines, AIJU – Asociación Nacional de Comerciantes de Juguetes, ECOTIC – Sistema Integrado de Gestión de RAEE, Solidança – Empresa de Reinserción Social) y ayuntamientos (Molins de Rei y Esplugues de Llobregat). Tuvo como objetivo el estudio del impacto que generan los juguetes en el medio ambiente de cara a mejorar su diseño para que tanto desde el punto de vista del comprador como del fabricante se puedan tener juguetes más sostenibles.

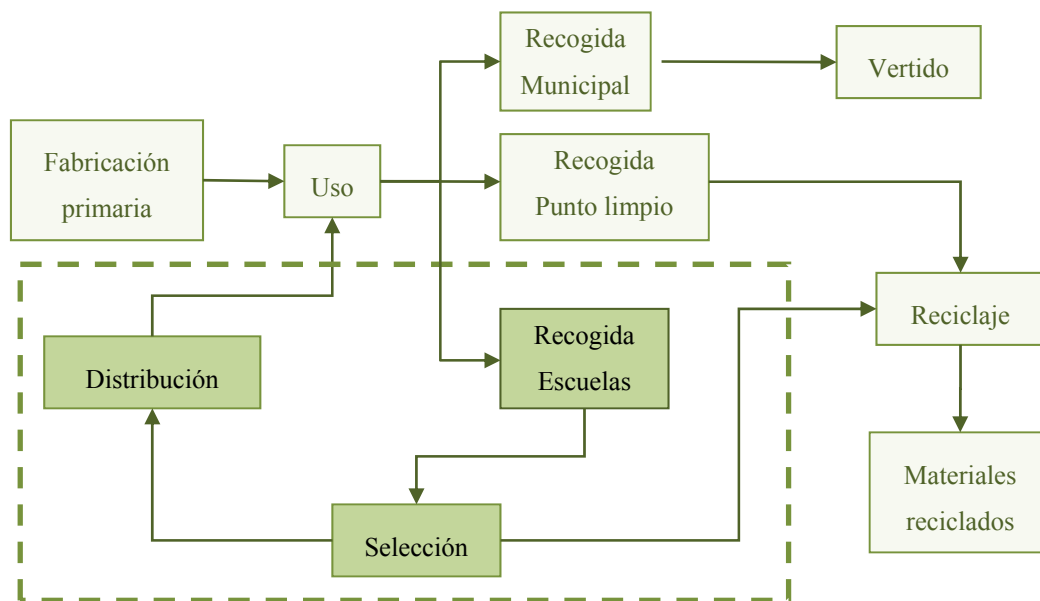
En el marco del proyecto anterior, como un subproyecto, se diseñó R-CICLEJOGUINA para impulsar una campaña educativa con el objetivo de sensibilizar a la población en general y a la escolar en particular sobre la importancia de la recogida selectiva de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos, incluyendo los juguetes. Con este proyecto se pretendía incrementar

la reutilización y reciclaje de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y evitar la emisión de componentes peligrosos al medio ambiente.

El objetivo del proyecto R-CICLEJOGUINA, iniciado por ECOTIC y en el que también participó GIGA-UPF, era diseñar un modelo de recogida de juguetes fuera de uso y realizar una prueba piloto del mismo durante 2 años.

Este modelo añade, al sistema actual de recogida, un circuito específico para la recogida y selección de los residuos de juguetes que permite la reutilización de los que se encuentran en buen estado, destinando el resto al reciclaje. El esquema del circuito de recogida adicionado al sistema actual se muestra en la figura 2-1.

Figura 2-1. Proceso de recogida y gestión de residuos de juguetes y pequeños RAEE actual y propuesto (este último en línea discontinua).



El modelo diseñado se basa en la participación de tres estamentos: las familias con sus hijos, las escuelas y los ayuntamientos. A través de las escuelas, se pretende la sensibilización de los propios alumnos y de sus familias en la gestión de residuos, para que separen de forma selectiva los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Dado que una gran parte de los juguetes que los niños utilizan en sus juegos tienen componentes eléctricos y electrónicos, se espera que, sabiendo que estos elementos deben separarse de la basura normal, se vayan sensibilizando en la separación de estos residuos evitando que vayan

mezclados al contenedor de rechazo. Además, se puede concienciar a los padres para que separen el resto de aparatos eléctricos y electrónicos que existen en sus hogares.

Las escuelas, que son el nexo de unión de los alumnos con su entorno educativo, pueden ser el eje de transmisión de los valores de la concienciación de los aspectos ambientales y de sostenibilidad ayudando a la separación de estos residuos.

El papel de los maestros y profesores en este proceso es fundamental para transmitir a sus alumnos unos valores ambientales y para que todo ello pueda desembocar en un sistema eficaz de recogida de juguetes. La dirección de los centros también debe facilitar el trabajo de sus maestros y profesores ayudándoles en la realización de las actividades que correspondan.

Los ayuntamientos también juegan un papel importante en el modelo, ya que la mayoría de las escuelas de enseñanza primaria y secundaria dependen para su gestión de los ayuntamientos, y sus concejales de educación tienen control sobre los equipamientos escolares de su municipio.

Si estos tres estamentos trabajan conjuntamente el resultado que podemos esperar puede ser muy positivo.

Finalmente, para que todo el sistema funcione, se necesita además alguna entidad que coordine y haga el seguimiento de todo el proceso. Junto con la entidad coordinadora se pensó en la posibilidad de evaluar la importancia de tener un coordinador local para cada municipio. Este coordinador local podría, por proximidad al ayuntamiento y a las escuelas, dinamizar mejor todo el proceso.

Por otro lado, es necesario también un operador logístico que pueda recoger, separar, clasificar y transportar los juguetes de las escuelas a las plantas de tratamiento y reciclado de estos residuos. Dado que se pretende que el modelo sea local, el operador logístico también debe serlo y, en este sentido, lo ideal sería que fuera una ONG local (que empleará personas con riesgo de exclusión social) para así aumentar los beneficios sociales del sistema.

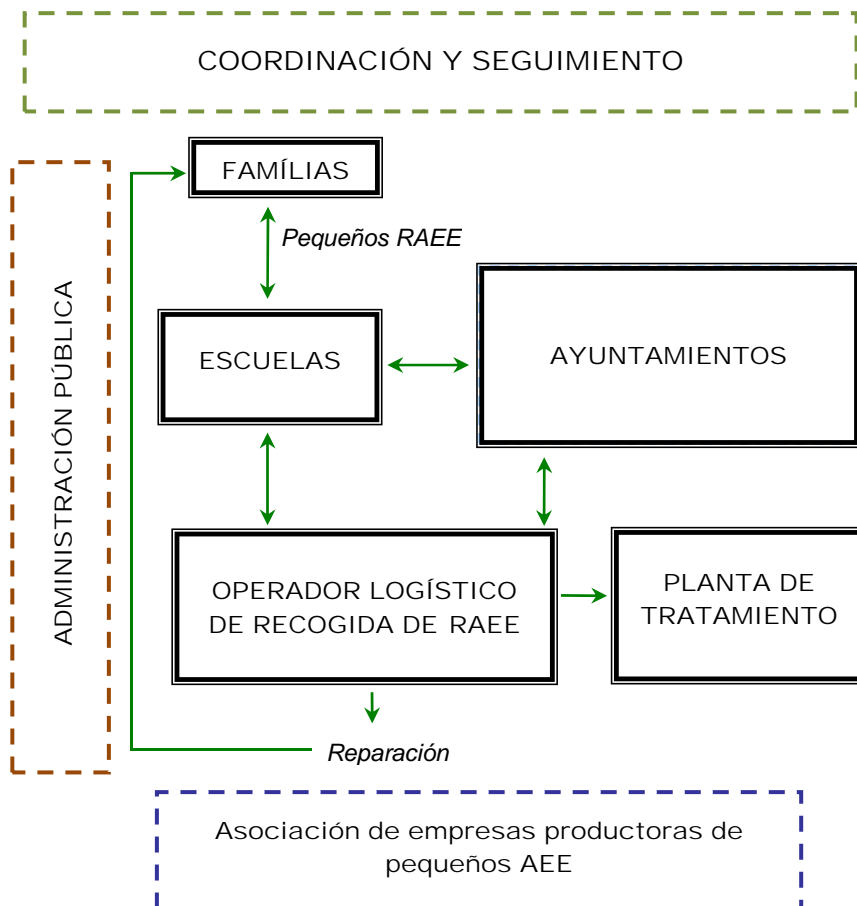
También se necesita la participación de asociaciones de empresas productoras de aparatos eléctricos y electrónicos que puedan costear económicamente algunos de los gastos que puedan producirse como, por ejemplo, la realización de campañas de difusión.

La participación de la Administración autonómica y/o estatal también será decisiva para la implantación masiva de este modelo, ya que requiere gran esfuerzo debido a la dimensión que

puede alcanzar, si se generaliza a todo un territorio como Catalunya o a nivel de todo el Estado español.

Las relaciones entre los diferentes actores participantes en el modelo propuesto, que involucra a las escuelas, las familias, los ayuntamientos y el resto de actores, se muestra en la figura 2-2.

Figura 2-2. Actores involucrados en el sistema propuesto de recogida de juguetes.



El proceso de recogida de juguetes es el siguiente: los ayuntamientos de cada municipio participante dan su aceptación para comenzar la recogida y ofrecen ayuda a las escuelas para ponerlo en marcha. En las escuelas se distribuyen, además de materiales informativos de sensibilización, unos contenedores especiales para la disposición de los juguetes que traerán los niños desde sus casas. Los niños o los alumnos llevan a las escuelas los juguetes viejos, fuera de uso o estropeados que tienen en casa y de los cuales quieren desprenderse. El operador logístico se encarga de recoger de las escuelas los contenedores con los juguetes depositados, separar los juguetes que estén en buen estado o reparables de los que ya no

funcionan o están rotos y estropeados, y vender o donar los primeros y transportar los segundos a las plantas de tratamiento adecuadas.

Para que todo el modelo funcione es necesario que haya un sistema de comunicación importante. Los elementos de comunicación que se ha previsto utilizar en la campaña R-CICLEJOGUINA son: un vídeo explicativo de la campaña, una página web con información actualizada, elementos para distribuir a los alumnos como son imanes y dípticos, y también los contenedores para la recogida de los juguetes y pósters para que puedan colgarse en los espacios de comunicación de las escuelas. Estos elementos de comunicación tendrán un diseño suficientemente atractivo para que sean vistos con agrado por parte de los alumnos y que su imagen pueda asociarse inequívocamente a la campaña.

Además de este sistema de comunicación estandarizado, a través del coordinador local, también se puede crear un sistema más eficaz de comunicación mediante un seguimiento más personalizado con cada una de las escuelas o cada uno de los coordinadores de la campaña dentro de la escuela. La creación de esta red de contactos, a través de llamadas telefónicas, correos electrónicos o incluso reuniones, probablemente pueda conseguir un mayor acercamiento de la campaña al claustro de profesores (actores determinantes para la buena marcha de la campaña).

Conseguir involucrar a los profesores en el proyecto es uno de los factores que permitirá el éxito de la campaña.

La implantación de este modelo permitiría una mayor sensibilización de los ciudadanos, a través de sus hijos, hacia los temas medioambientales consiguiendo a más largo plazo, a parte de la separación de juguetes, la correcta gestión de los residuos de los pequeños aparatos eléctricos y electrónicos que se tienen en todos los hogares.

Los niños siempre son más susceptibles de incorporar esta sensibilización medioambiental y transmitirla a sus familias, con lo cual se espera que esta concienciación medioambiental pueda repercutir en unos hábitos de consumo más sostenibles por parte de los ciudadanos.

2.2. Experimentación del modelo propuesto - pruebas piloto

2.2.1. Municipio “cero”

Se han realizado dos pruebas piloto de la campaña R-CICLEJOGUINA, en los dos cursos académicos 2007-08 y 2008-09, con el objetivo de recoger residuos de juguetes en las escuelas. Se han contabilizado el número de escuelas participantes, los alumnos de primaria y secundaria matriculados, la población de estos municipios y los transportes realizados para la recogida y el vaciado de los contenedores. También se han registrado datos sobre las cantidades de juguetes recogidos por cada escuela, obteniendo de esta manera las cantidades recogidas en cada municipio y en el conjunto de la campaña.

A partir de los datos anteriores se ha calculado un promedio de los mismos para obtener escuelas, alumnos, población, transportes y cantidades recogidas de un municipio representativo o equivalente a los municipios que participaron en la campaña. Este municipio equivalente o base es el que hemos denominado “municipio cero” y nos servirá de patrón para realizar una previsión de las cantidades que se recogerían si la campaña se extendiera en ámbitos geográficos mayores, como puede ser una comunidad autónoma o todo el Estado español, o si se extendiera en el tiempo, por ejemplo durante los próximos 10 años.

2.2.2. Extrapolación de la campaña

La extensión de la campaña a ámbitos geográficos mayores se realiza a partir de los datos del municipio cero teniendo en cuenta la cantidad de municipios cero que equivaldrían al ámbito geográfico propuesto.

Además de esta proporcionalidad de escala geográfica, si se quiere extender la campaña durante los próximos años, habrá que tener en cuenta la variación poblacional que se producirá a lo largo del período en cuestión. Esto comportará que las cantidades de juguetes recogidas también fluctúen en función de la variación de la población.

Por lo tanto, extender la campaña a un mayor número de municipios y mantenerla durante los próximos años comportará una variación en el número de escuelas que se irán adhiriendo a la campaña, al aumentar la sensibilización respecto a este tipo de recogida, y una variación de escuelas y alumnos participantes en función de la variación de la población durante este

período. Debemos tener en cuenta que, si la población aumenta, hecho que ha sucedido en los últimos años, también aumentarán el número de escuelas de los municipios y en consecuencia el número de alumnos, comportando un aumento en la recogida de juguetes.

Esta previsión de alumnos participantes en la campaña a lo largo de los 10 años siguientes se calcula según la tendencia de la variación que ha tenido lugar en la población de edades comprendidas entre 3 y 18 años en el último decenio. Estos datos de la población se han obtenido del Instituto de Estadística de Catalunya (IDESCAT 2010) para Catalunya y del Instituto Nacional de Estadística (INE 2010) para España.

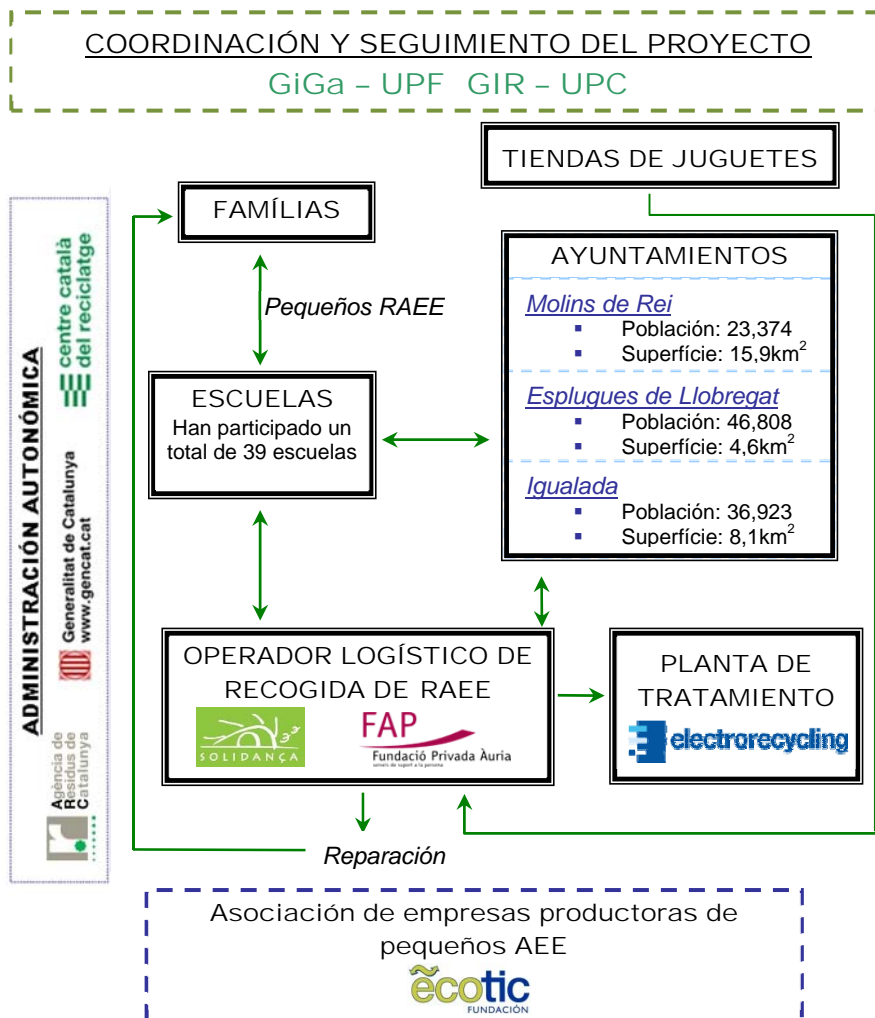
2.2.3. Aplicación del modelo de recogida propuesto

Tal como se ha comentado anteriormente, el sistema propuesto (figura 2-3) consiste en involucrar a escuelas de educación primaria y secundaria para realizar la recogida de juguetes y conseguir la sensibilización de las familias. La coordinación de la implantación de las pruebas piloto para comprobar el funcionamiento del sistema se llevó a cabo por el grupos de investigación GiGa – UPF y GIR – UPC.

La forma de iniciar el proceso fue el contacto con las escuelas a través de los correspondientes ayuntamientos en un trabajo de cooperación entre sus departamentos de educación y de medioambiente. Además, se implicó también a una ONG local (operador logístico) que recogió los RAEE de las escuelas y los clasificó, reparando los que podrían reutilizarse y llevando a reciclar todos los demás. El operador logístico envió los datos de recogida tanto a la Fundación ECOTIC como a los coordinadores del proyecto (GiGa – UPF y GIR – UPC). En el segundo año de la campaña se involucró a tiendas de juguetes.

La campaña se realizó durante el curso académico 2007-2008 en dos municipios: Molins de Rei y Esplugues de Llobregat, y en el curso 2008-2009 se introdujo en la campaña un tercer municipio, Igualada, con la incorporación de un coordinador local para evaluar la influencia positiva que podía comportar su actuación. En los siguientes cursos académicos, 2009-10 y 2010-11, se ha mantenido la campaña en un único municipio, el de Igualada, con un presupuesto muy reducido.

Figura 2-3. Actores involucrados en el sistema propuesto de recogida de juguetes.



La asociación de empresas productoras de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos participante fue la Fundación ECOTIC (ECOTIC 2010), cuyo objetivo es la mejora de la recogida de residuos de pequeños electrodomésticos RAEE, entre ellos los juguetes, porque sus empresas asociadas representan una proporción importante de este sector. La Fundación ECOTIC proporcionó el material de difusión necesario para la campaña, que se encuentra en su página web informativa (R-CICLEJOGUINA 2011).

La ONG local que participó en el primer año de la campaña fue Solidança, (SOLIDANÇA 2010) que hizo la gestión en los municipios de Molins de Rei y Esplugues de Llobregat. En el segundo año de la campaña la misma asociación Solidança se ocupó de la gestión en los dos municipios anteriores y además de la del municipio de Igualada.

En los años sucesivos la campaña quedó reducida solamente al municipio de Igualada y, como ONG, participó la Fundación Privada Àuria (FAP 2010), que se dedica a la formación de personas con disminución psíquica para su incorporación al mercado laboral, y que realizó esta actividad de recogida y selección de juguetes dentro de su plan docente.

La empresa de reciclado de los juguetes estropeados y en mal estado ha sido Electrorecycling (ELECTRORECYCLING 2009), que se dedica a reciclado de residuos de equipos eléctricos y electrónicos, desde grandes electrodomésticos, pequeños electrodomésticos, equipos de informática y telecomunicaciones y otros aparatos de consumo hasta juguetes y equipos deportivos y de tiempo libre.

En el segundo año de la campaña se intentó incorporar en la misma a tiendas de juguetes que tenían juguetes en mal estado o con defectos de embalaje o de presentación y que no se podían poner a la venta. Una de estas tiendas de Igualada, Magatzems el Faro (Magatzems FARO 2011), donó a la campaña una cantidad importante de los juguetes que no podía vender. De esta manera se pudo recuperar una parte de los mismos y la otra se destinó al reciclaje.

La participación de tiendas de juguetes en la campaña puede facilitar la recogida de residuos de juguetes que quedan sobrantes. Las tiendas de juguetes acumulan después de cada período de ventas una cantidad importante de juguetes que, por tener algún defecto de fabricación, un defecto en el embalaje, por ausencia de alguna pieza o de una parte del juguete o el deterioro del propio embalaje, no se venden o no pueden venderse.

Una parte de estos juguetes se devuelven al fabricante, que compensa al comerciante, ya sea económicamente o con el cambio del juguete defectuoso, pero una cantidad importante de estos juguetes provienen de la importación de países del Lejano Oriente, que no admiten ninguna devolución y solamente compensan al comerciante con una dotación económica. Por lo tanto, el comerciante se encuentra con que debe deshacerse de toda una serie de productos que no puede vender y que le quedan como residuos.

Intentar recuperar estos juguetes, ya que muchos de ellos aún están en condiciones de ser usados, permitirá la reutilización de los que estén en buen estado, mientras que los que ya no sirvan para el juego podrán ser reciclados, consiguiendo la recuperación de los materiales de estos residuos de juguetes.

2.2.4. Municipios y escuelas participantes

Tal como se ha indicado en el apartado anterior, en el primer año de las pruebas piloto participaron en la campaña dos municipios de la provincia de Barcelona: Esplugues de Llobregat y Molins de Rei. En el segundo año de las pruebas piloto se incorporó otro municipio, Igualada, con el objetivo de establecer la influencia en el modelo de la incorporación de un coordinador local que dinamizara la campaña desde el propio municipio. En el caso de este tercer municipio, el de Igualada, el Ayuntamiento se hizo cargo de los costes de recogida de los juguetes. Los datos referentes a estos municipios y las escuelas participantes se muestran en la tabla 2-1.

Tabla 2-1. Características de los municipios involucrados en las pruebas piloto (07-08 y 08-09).

	Esplugues de Llobregat	Molins de Rei	Igualada
Población (año 2007)	46.286	23.544	36.923
Superficie (km ²)	4,6	15,9	8,1
Densidad de población (hab./ km ²)	10.173,4	1.466,3	4.552,8
CEIP (público/privado)	8 (8/0)	7 (7/0)	6 (3/3)
IES (público/privado)	4 (4/0)	2 (2/0)	2 (1/1)
CEIP-IES (público/privado)	4 (0/4)	2 (0/2)	2 (0/2)
CEE (privado)	2	0	0

Fuente: Institut d'Estadística de Catalunya, www.idescat.net; www.dsbarcelona.com; www.a-s-b.com

Nota: CEIP Centro de Educación Infantil-Primaria, IES Instituto de Educación Secundaria, CEE Centro de Educación Extranjero

El objetivo de la recogida de juguetes en cada uno de los tres municipios de la primera y segunda fase de la campaña era cumplir los objetivos marcados en el R.D. 208/2005, que consistían en obtener una recogida de 4 kg de RAEE por habitante y año. Para conseguir este objetivo global se estimó que la recogida de juguetes en la campaña debía lograrse de forma equitativa entre las distintas categorías de RAEE en función de los porcentajes de puesta en el mercado.

Así, en los años 2006 y 2007, en el mercado español, la proporción aproximada de juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre vendida respecto al total de AEE fue del 1,8 % (2006) y del 1,9 % (2007), (PNIR 2008).

La Fundación ECOTIC, que agrupa a una gran cantidad de empresas de fabricación y comercialización de AEE, planteaba como objetivo de recogida de RAEE, según la proporción de puesta al mercado de sus asociados, unos índices para los juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre del 1,08 % (ECOTIC 2010). Por lo tanto, el índice de recogida de juguetes en la campaña debería ser este 1,08 % de los 4 kg por habitante y año que marca el R.D. 208/2005 como objetivo global, es decir, de unos 43,2 g/alumno y año.

Estos objetivos de recogida se presentan en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Cantidad de juguetes a recoger en los tres municipios para cumplir los objetivos marcados por el R.D. 208/2005.

Municipio	Esplugues de Llobregat		Molins de Rei		Igualada	
	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria
Nº alumnos (2007-08)	3.797	4.936	1.351	1.756	--	--
kg juguetes ^a	164,03	213,24	58,36	75,86	--	--
Total kg	377,27		134,22		--	
Nº alumnos (2008-09)	2.481	2.871	1.773	2.053	2.402	1.776
kg juguetes ^a	107,18	124,03	76,59	88,69	103,77	76,72
Total kg	231,21		165,28		180,49	

a) Estimando como índice de recogida de 43,2 g/alumno (en base al objetivo de recoger 1,08 % de 4 kg/habitante).

Fuente: Fundación ECOTIC (ECOTIC 2010).

2.2.5. Plan de comunicación

El objetivo del plan de comunicación era diseñar un método innovador de comunicación, que incrementase la recogida de residuos de juguetes y pequeños aparatos eléctricos y electrónicos, que el mensaje ambiental perdurase y que aumentase la eficiencia de los recursos económicos destinados.

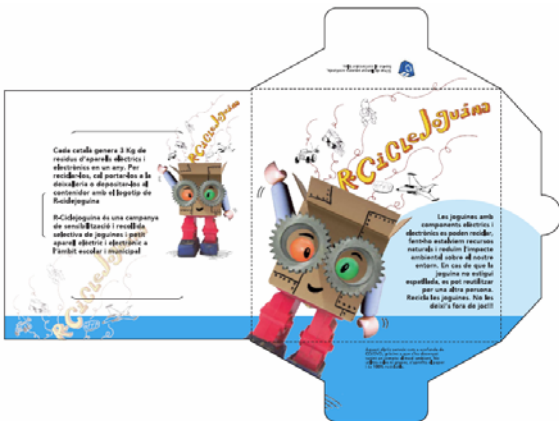


El **logotipo** diseñado pretende evocar la infancia y la juventud y aportar un aire fresco y desenfadado a la campaña. La tipografía hace referencia a trabajos escolares ilustrados y va acompañada de grafismos ilustrativos referentes al mundo del juguete (electrónico). Estas ilustraciones parecen imágenes para colorear; asimismo, los colores utilizados simulan coloreados con rotulador.

La **imagen** de la campaña (mascota) se basa en las ideas de reciclaje y recogida.

Los elementos de comunicación utilizados fueron: contenedores de residuos, carteles, dípticos, imanes, manuales para profesores (con actividades para centros de educación primaria o secundaria), cortometraje audiovisual y página web.

Todo este material se distribuyó en las escuelas y también en otras entidades municipales (puntos limpios), centros cívicos, biblioteca municipal, etc. A continuación se muestra el díptico, que con el plegado se transforma en una funda para CD, y el contenedor de cartón que se distribuyó a las escuelas para la recogida de los juguetes.



Durante los meses de octubre y noviembre se llevaron a cabo reuniones con los colegios de cada municipio. En estas reuniones, en las que estuvieron presentes los responsables municipales de educación y de medio ambiente (concejal y técnico), se presentó la campaña a los directores/profesores y se explicaron los diferentes elementos de comunicación y el enfoque general de la campaña: las propias escuelas/profesores debían ser los que en base a los materiales elaborados dinamizasen las actividades dentro del centro educativo para promover la recogida selectiva de juguetes y RAEE.

Se envió una encuesta a todas las escuelas para evaluar de una forma más sistemática la opinión del público escolar sobre el diseño y los materiales de la campaña, los problemas detectados para ponerla en marcha y las ideas o sugerencias para mejorarla. La encuesta fue contestada por el 56 % de los centros de Esplugues, el 64 % de los centros de Molins y por el 80 % de los centros de Igualada.

El 79 % de las escuelas encuestadas consideran que los carteles, dípticos e imanes son adecuados y útiles para transmitir el mensaje de la campaña. Sólo un 52 % de las escuelas encuestadas ha utilizado el manual de actividades para profesores; el resto alegó falta de tiempo y de planificación. Aun así, el 77 % de las que lo han utilizado considera que es apropiado y útil.

Sólo un 37,5 % de las escuelas ha mostrado el cortometraje audiovisual a sus alumnos (60 % de los centros de Esplugues de Llobregat, 17 % de los de Molins de Rei y 25 % de los de Igualada); de nuevo la causa de la baja participación parece ser la falta de tiempo y/o planificación. El 86 % de las que lo han mostrado consideran que es útil para transmitir el mensaje.

Finalmente, el 52 % de las escuelas encuestadas ha consultado la página web de la campaña y la mayoría, un 80 % de éstas, considera que es adecuada y útil.

De todos los materiales de divulgación de la campaña, los mejor valorados por las escuelas que los han utilizado son los imanes, el cortometraje y los dípticos (ver la tabla 2-3). La valoración utilizada en las encuestas ha sido con una puntuación de 0, cuando no se había utilizado el material, hasta una máximo de 3, cuando el material había sido útil.

Tabla 2-3. Utilidad de los diferentes materiales de la campaña.

	Esplugues de Llobregat	Molins de Rei	Igualada	Media
Imanes	2,00	1,86	2,38	2,08
Cortometraje	2,17	2,00	2,00	2,06
Dípticos	1,90	1,71	2,25	1,95
Carteles	1,90	1,71	2,00	1,87
Manual	2,00	2,00	1,60	1,87
Página web	2,25	1,00	2,00	1,75
Concurso	2,00	1,50	--	1,17

Nota: Valoración de las encuestas entre 0 y 3.

-- El municipio de Igualada no participó en el concurso que se realizó solamente durante el primer año de las pruebas piloto.

2.2.6. Resultados sobre la recogida de juguetes

Durante la primera fase de la campaña (curso 07-08) se recogieron un total de 503 kg (equivalente a unos 42,5 g/alumno, de los cuales 87,0 g/alumno corresponden a los alumnos de la enseñanza primaria y 8,3 g/alumno corresponden a los alumnos de la enseñanza secundaria). De éstos, se reutilizaron 78,50 kg de juguetes.

En la segunda fase de la campaña (curso 08-09) estos resultados mejoraron, y se llegó a recoger un total de 612 kg (equivalente a unos 45,8 g/alumno de los cuales 82,3 g/alumno corresponden a los alumnos de la enseñanza primaria y 9,6 g/alumno corresponden a los alumnos de la enseñanza secundaria). De éstos, se reutilizaron 41 kg (ver tabla 2-4).

Así, en las dos campañas realizadas, la cantidad de juguetes recogidos fue de 1.115 kg, de los cuáles se reutilizaron 119,5 kg, que representa el 10,72 % de los juguetes recogidos, y el resto son juguetes que se reciclan, que suponen el 89,28 % de los recogidos.

En esta segunda fase de la campaña también colaboraron varias tiendas de juguetes de Igualada que aportaron un total de 780 kg de juguetes que tenían algún defecto que no permitía su venta como juguete nuevo, pero pudieron ser reutilizados en su totalidad. Si esta aportación se añade a la recogida de las escuelas se obtiene un total de 1.392 kg de juguetes recogidos, de los cuales 821 kg fueron reutilizados. El promedio de aportación por alumno participante aumentaría a 104,2 g/alumno.

En los siguientes dos años de campaña, con la participación de un solo municipio, el de Igualada, la recogida del primer año fue de 160,4 kg (equivalente a unos 21 g/alumno de los cuales, 36 g/alumno corresponde a los alumnos de la enseñanza primaria y 16 g/alumno corresponde a los alumnos de la enseñanza secundaria) de los que se reutilizaron 67,3 kg; en el segundo año la recogida fue de 228,8 kg (equivalente a unos 33 g/alumno de los cuales, 105 g/alumno corresponde a los alumnos de la enseñanza primaria y 18 g/alumno corresponde a los alumnos de la enseñanza secundaria) de los que se reutilizaron 166,6 kg.

Para la evaluación ambiental y la económica se han utilizado los datos de las dos primeras fases de la campaña, en la que participaron tres municipios, que son los que se muestran en la tabla 2-4.

Tabla 2-4. Resultados de la prueba piloto en tres ciudades (curso 07-08 y curso 08-09).

Ciudad		Objetivo de recogida	Recogida real (07-08)		Objetivo de recogida	Recogida real (08-09)	
		kg juguetes	kg	g/alumno	kg juguetes	kg	g/alumno
Esplugues de Llobregat	Primaria	164,03	372,75	98,2	107,18	245,68	99,0
	Secundaria	213,24	53,25	10,8	124,03	41,33	14,4
	Total	377,27	426,00	48,8	231,21	287,01	53,6
Molins de Rei	Primaria	58,36	75,00	55,5	76,59	212,33	119,8
	Secundaria	75,86	2,00	1,1	88,69	5,67	2,8
	Total	134,22	77,00	24,8	165,28	217,99	57,0
Igualada	Primaria	--	--	--	103,77	89,50	37,3
	Secundaria	--	--	--	76,72	17,50	9,9
	Total	--	--	--	180,49	107,00	25,6
Tiendas de juguetes	--	--	--	--	--	780,00	--
TOTAL	Primaria	222,39	447,75	87,0	287,54	547,51	82,3
	Secundaria	289,09	55,25	8,3	289,44	64,49	9,6
		511,49	503,00	42,5	576,98	612,00	45,8
Total con las tiendas de juguetes	--	--	--	--	--	1392,00	104,2

Nota: Valor de recogida estimado de 43,2 g/alumno (en base al objetivo de recoger 1,08 % de 4 kg/habitante).

Si observamos los resultados (tabla 2-4), puede verse como en el caso de las escuelas de enseñanza primaria la campaña realizada ha cumplido sobradamente los objetivos. No así en

el caso de los institutos de enseñanza secundaria, donde las cantidades recogidas son claramente inferiores.

Estos resultados pueden explicarse por una mayor sensibilización de los alumnos de enseñanza primaria para participar en este tipo de campañas, además de que por su edad pueden tener más juguetes. Asimismo, los materiales de la campaña son mucho más adecuados para este tipo de alumnado.

En el caso de las escuelas de enseñanza secundaria quizás debería pensarse en otro tipo de difusión, ya que los índices de recogida han estado muy por debajo de los objetivos planteados.

Es muy difícil saber si ha habido un aumento de recogida de juguetes en los puntos limpios de estas tres ciudades como efecto “rebote” de la campaña, ya que solamente se dispone de los datos agregados de RAEE, especialmente porque la categoría de los juguetes representa un porcentaje muy bajo de todos los RAEE.

En la tabla 2-5 se presentan los datos de juguetes puestos en el mercado en España, la estimación de los juguetes puestos en el mercado en Catalunya a partir de la renta disponible, y los datos de juguetes recogidos en puntos limpios tanto en Catalunya como en el resto de España. Como puede observarse, la recogida de residuos de juguetes en puntos limpios es inferior al 1 %.

Tabla 2-5. Juguetes y equipos deportivos puestos en el mercado en España y Catalunya en los últimos años y tasas de reciclaje estimadas a partir de la recogida en puntos limpios.

Año	Juguetes puestos en el mercado en España (kg)	Residuos de juguetes recogidos en puntos limpios en España (kg)	% de juguetes reciclados en España	Juguetes puestos en el mercado en Catalunya* (kg)	Residuos de juguetes recogidos en puntos limpios en Catalunya (kg)	% de juguetes reciclados en Catalunya
2006	12.181.545	64.024	0,53	2.174.406	22.554	1,04
2007	18.264.665	93.655	0,51	3.260.243	26.370	0,81
2008	15.832.641	84.481	0,53	2.826.126	17.664	0,63
Media	15.426.284		0,52	2.753.592		0,83

* Cantidad estimada a partir de la renta disponible bruta de Catalunya que es del 17,85 %. Fuente: ECOTIC (ECOTIC 2010).

Si calculamos el porcentaje medio de recogida de juguetes durante la campaña a partir de los datos de los juguetes puestos en el mercado en Catalunya y ponderamos la recogida realizada en cada municipio por la población menor de 20 y 15 años del municipio respecto a la población de la misma franja de edad en toda Catalunya, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 2-6. Se utilizan estas franjas de edad porque son las que se obtiene ya agregadas de los datos estadísticos (IDESCAT 2010) y además coinciden bastante bien con las edades de los alumnos que estudian la ESO y los que acaban el bachillerato.

Para el cálculo de la ponderación de recogida de cada municipio respecto de Catalunya se ha utilizado una expresión compuesta por tres sumandos de los cuales se ha calculado la media. Estos sumandos representan: el primero, la proporción entre la cantidad recogida por la población menor de 20 años del municipio y la vendida a la población menor de 20 años del municipio; el segundo representa la misma proporción anterior pero para la población menor de 15 años; y el tercero la proporción entre la cantidad recogida por la población menor de 20 años del municipio y la vendida a la población total del municipio. Los datos de la población de los municipios participantes en la campaña y de Catalunya proceden del Instituto de Estadística de Catalunya (IDESCAT 2010).

Los tres sumandos darían un porcentaje de la cantidad recogida respecto a la cantidad vendida, pero como ninguno de los tres sumandos nos da el valor exacto, debido a que los datos de recogida son solamente de una muestra, los de las pruebas piloto, y que la proporción de juguetes vendidos que van a los alumnos, población entre 6 i 20 años, no se conoce con exactitud, se ha tomado como valor del porcentaje de juguetes recogidos respecto de los vendidos la media de los tres sumandos.

El cálculo se ha realizado según la siguiente expresión:

$$R_m = \frac{\frac{kg\ RM}{N} * P < 20\ M}{\frac{kg\ VC}{P < 20\ CAT} * P < 20\ M} + \frac{\frac{kg\ RM}{N} * P < 15\ M}{\frac{kg\ VC}{P < 15\ CAT} * P < 15\ M} + \frac{\frac{kg\ RM}{N} * P < 20\ M}{\frac{kg\ VC}{P\ CAT} * P\ M} \div 3 * 100$$

donde:

- R_m - recogida media en porcentaje
- $kg\ RM$ - cantidad de juguetes recogida en un municipio
- $kg\ VC$ - cantidad de juguetes vendida en Catalunya
- N - número de alumnos del municipio que participan en la campaña
- $P\ CAT$ - población de Catalunya

- P M* - población del municipio
- P<20 M* - población menor de 20 años del municipio
- P<15 M* - población menor de 15 años del municipio
- P<20 CAT* - población menor de 20 años de Catalunya
- P<15 CAT* - población menor de 15 años de Catalunya

Se debe tener presente que estos resultados son solamente orientativos ya que la variabilidad de los datos de partida es importante. De todas formas nos permiten tener una aproximación de la proporción de las cantidades recogidas respecto de las cantidades de venta, y, tal como se observa en la tabla 2-6, estos porcentajes son superiores a los obtenidos con la recogida tradicional en puntos limpios, tabla 2-5.

Tabla 2-6. Cálculo del % de recogida de juguetes en la campaña R-CICLEJOGUINA realizada en 3 municipios de Catalunya

	Curso 07-08	Curso 08-09	Curso 08-09 añadiendo recogida en tiendas de juguetes
% recogida media respecto del total de juguetes puestos en el mercado	1,9	2,0	4,8

Nota: Los juguetes recogidos en la campaña son adicionales a los recogidos en puntos limpios.

A partir de los datos de recogida de la campaña en los dos años podemos estimar cuál es el porcentaje de juguetes que se encuentran en buen estado y se recuperan y los estropeados que se reciclan.

Así, tal como se ha indicado anteriormente, tabla 2-4, un 10,72 % de los juguetes recogidos se recuperan y un 89,28 % de los juguetes se reciclan. Estos valores promedio de las pruebas piloto son los utilizados en el cálculo de la evaluación ambiental cuando la campaña se extiende a Catalunya y a España a lo largo de 10 años.

Para el cálculo del análisis ambiental de la campaña se utilizan los resultados más desfavorables, los del primer año, con lo que obtendríamos un valor mínimo en ahorro ambiental y cuyos porcentajes de reutilización y de reciclaje que se obtienen, calculados sobre el porcentaje medio de los juguetes recogidos respecto a los puestos en el mercado (1,9 % según la tabla 2-5), son un 0,20 % de reutilización y un 1,70 % de reciclaje.

2.3. Previsión de resultados a 10 años extendiendo la campaña a Catalunya y España

Se ha realizado una estimación de los resultados que se obtendrían si la campaña se siguiera realizando durante los próximos 10 años y se extendiera a Catalunya y a España, con el supuesto de que fueran incorporándose paulatinamente a la campaña todos los municipios y la mayoría de sus escuelas. Para ello, se ha confeccionado un municipio base o equivalente, que hemos denominado municipio “cero”, calculado como media de los datos obtenidos de los municipios que han participado en las dos pruebas piloto, en el que se estima el número de alumnos que participarían en la campaña, la población y las distancias promedio recorridas en la recogida de los juguetes para vaciar los contenedores instalados en cada una de las escuelas. Los datos que definen el municipio “cero” se presentan en la tabla 2-7.

Tabla 2-7. Centros docentes, alumnos, población y distancia recorrida en la campaña por municipio “cero”.

Total centros en el municipio “cero”	Centros participantes en la campaña	Alumnos participantes en la campaña	Población del municipio “cero”	km recorridos en recogidas	% escuelas participantes
22	14	5039	35387	111	63,6

A medida que se vaya implantando la campaña en los municipios a lo largo de los 10 años siguientes habrá una variación del número de centros escolares en el municipio debido a la variación de la población en edad escolar. Además el número de centros escolares participantes en la campaña dentro del municipio “cero” también tendrá un incremento debido a la mayor sensibilización por parte de las escuelas del municipio.

Se ha considerado que un 10 % de las escuelas de cada municipio “cero” no va a participar nunca en la campaña ni a lo largo de los 10 años. En todos los municipios habrá algunas escuelas que por distintas razones, poca motivación del profesorado, falta de espacios para disponer los contenedores, programación de otras actividades alternativas, etc., no van a participar en la campaña. Parece razonable que este valor que es semejante a la proporción de escuelas que no participaron en las pruebas piloto.

De esta forma, la variación de centros escolares del municipio “cero” que participarán en la campaña vendrá en función de la variación de centros del municipio debida a la variación de la población en el municipio y a la incorporación progresiva de escuelas del municipio en la campaña.

La previsión de alumnos participantes en la campaña a lo largo de los 10 años siguientes variará según varíen los centros escolares del municipio, variación que se ha calculado a partir de los datos de la población de edades entre 3 y 18 años.

Los datos de población del municipio “cero” se han estimado, para los años 2009 al 2018, a partir de la tendencia que ha tenido la variación de la población en el período del 2001 al 2008. Estos datos de la población se han obtenido del Instituto de Estadística de Catalunya (IDESCAT 2010) para Catalunya y del Instituto Nacional de Estadística (INE 2010) para España.

Asimismo, a lo largo de los 10 años de la campaña, se ha estimado la variación de las distancias en kilómetros recorridos para realizar las recogidas de juguetes de las escuelas, que irá en función del número de centros participantes del municipio “cero”. Este valor de kilometraje se utiliza en la evaluación ambiental.

Tabla 2-8. Estimación de la variación de centros docentes, alumnos, población y distancia recorrida en la campaña por municipio “cero”.

Año	Total centros en el municipio “cero”	Centros participantes en la campaña	Alumnos participantes en la campaña	Población del municipio “cero”	km recorridos en recogidas	% escuelas participantes
2009	22	14	5.152	36.183	114	63,6
2010	23	15	5.250	36.870	121	66,6
2011	23	16	5.348	37.558	129	69,5
2012	24	17	5.446	38.245	137	72,4
2013	24	18	5.544	38.932	145	75,4
2014	25	19	5.642	39.619	153	78,3
2015	25	20	5.740	40.306	161	81,2
2016	25	21	5.837	40.994	170	84,1
2017	26	23	5.935	41.681	179	87,1
2018	26	24	6.033	42.368	188	90,0

A partir de los datos del municipio “cero” y de los datos de población de Catalunya y de España, según (IDESCAT 2010) y (INE 2010), se estiman en unos 208 el número de municipios cero que configuran el espacio de Catalunya y de unos 1.304 el de España.

En la tabla 2-9 se muestran los datos de escuelas y de alumnos participantes en la campaña si ésta se hubiera realizado en todos los municipios de Catalunya y de España.

Tabla 2-9. Estimación de escuelas y de alumnos participantes en la campaña extendida a Catalunya y España.

Estimación escuelas en Catalunya	Alumnos participantes en Catalunya	Estimación escuelas en España	Alumnos participantes en España
4.576	1.048.112	28.688	6.570.856

En la tabla 2-10 se halla la estimación de la variación de las escuelas y de los alumnos que participarían en la campaña realizada en todos los municipios Catalunya y de España en los siguientes 10 años.

Esta variación de escuelas y de alumnos participantes a lo largo de los próximos diez años se ha estimado de la misma forma que la participación de escuelas en la campaña en el municipio “cero”, teniendo en cuenta la variación poblacional que tendrá lugar en los próximos diez años, que comportará un incremento de las escuelas para recibir este aumento de población infantil.

Tabla 2-10. Evolución de las escuelas y alumnos participantes en la campaña extendida a Catalunya y España a lo largo de 10 años.

Año	Estimación escuelas en Catalunya	Alumnos participantes en Catalunya	Estimación escuelas en España	Alumnos participantes en España
2009	4.679	1.071.694	29.081	6.660.956
2010	4.768	1.092.048	29.518	6.760.924
2011	4.857	1.091.669	29.954	6.759.446
2012	4.946	1.112.030	30.391	6.859.434
2013	5.034	1.111.285	30.827	6.856.520
2014	5.123	1.131.659	31.264	6.956.551
2015	5.212	1.130.561	31.700	6.952.240
2016	5.301	1.150.954	32.137	7.052.329
2017	5.390	1.149.513	32.573	7.046.660
2018	5.479	1.169.930	33.009	7.146.825

Respecto al cálculo de la incorporación de municipios que van a participar en la campaña o al aumento de recogida de juguetes que se ha previsto para cada año de la campaña, se ha considerado una función racional asintótica a un valor máximo, que sería el máximo valor considerado. Así, si aplicamos esta función para calcular el número de municipios que participarán en la campaña, que serán los que se irán incorporando a la misma cada año, a nivel de Catalunya o de España, el valor máximo será su número de municipios y, si se aplica para el cálculo de los aumentos de recogida, el valor máximo será la recogida máxima prevista.

Como la función es creciente, a lo largo de los 10 años, se alcanzará una participación de casi todos los municipios de Catalunya y de España. La participación en la campaña es voluntaria y, por lo tanto, no se puede asegurar la participación de todos los municipios, estimando que quedaran sin participar aproximadamente un 10 % de los mismos. Para estimar los aumentos de las recogidas a lo largo de los próximos años utilizaremos la misma función usando los parámetros adecuados.

La función racional utilizada es la siguiente:

$$m = k_1 \frac{t}{k_2 + t} + k_3$$

donde:

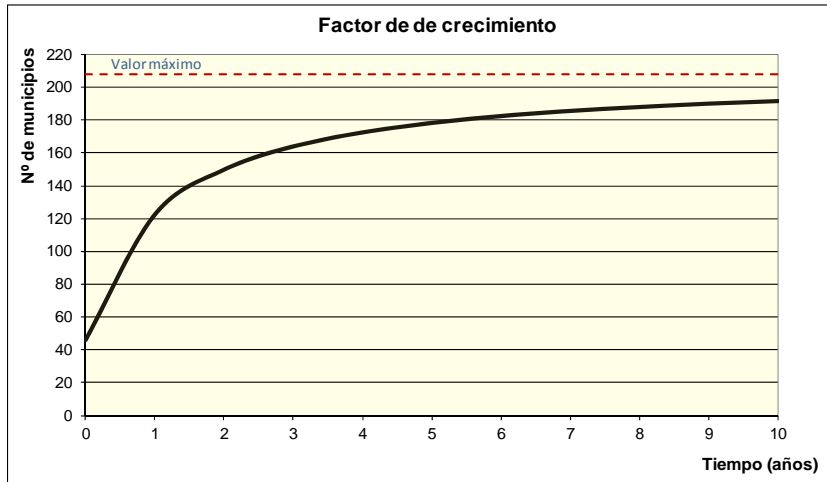
- m - cantidad buscada; en este caso será el número de municipios cero
- t - tiempo expresado en años
- k_1 - valor máximo de la serie menos el valor inicial
- k_2 - factor que modifica la pendiente y curvatura de la función
- k_3 - valor inicial de la serie

De esta manera, en el límite, cuando $t \rightarrow \infty$, el valor de la función es $y = k_1 + k_3$ que debe corresponder con el valor máximo. Cuando $t = 0$, en el instante inicial, el valor de la función es $y = k_3$ que corresponde al valor inicial.

La función anterior, concretada para la incorporación de municipios en la campaña, presenta una distribución de valores donde se aprecia un rápido crecimiento en la primera parte de la serie y un crecimiento más lento hacia el final, ya que tiende asintóticamente hacia un máximo, que son todos los municipios cero de Catalunya. Ver la figura 2-4.

Al iniciar esta campaña a lo largo de 10 años, suponemos que, en el primer año de implantación, un 22 % de los municipios cero ya se incorporarán, lo que hará que en este inicio haya 46 municipios cero si la campaña se extiende a Catalunya y 287 municipios cero si la extensión es a España. Este número de municipios cero que se adherirían inicialmente a la campaña parece razonable si se realiza una buena campaña de difusión.

Figura 2-4. Distribución de valores de la función racional para la incorporación de municipios.



Nota. El valor máximo (208) es el número de municipios cero que configuran Catalunya.

Este tipo de función permite simular la incorporación rápida de muchos municipios en los primeros años y una ralentización en la incorporación de municipios en los últimos años. Para el ajuste de la función se han utilizado los siguientes parámetros:

$$k_1 = 162; \quad k_2 = 1,12; \quad k_3 = 46$$

El parámetro k_2 se ha ajustado de forma que en el décimo año de la campaña se consiga la participación del 90 % de los municipios.

De esta manera se obtiene el número de municipios participantes cada año en la campaña, considerando que la incorporación será progresiva hasta completar la totalidad de los municipios de Catalunya. Como solamente tomamos el intervalo de los 10 primeros años, en este último año participarán en la campaña 190 municipios cero, que viene a ser el 90 % del total de los 208 municipios cero que formarían Catalunya. Porcentaje de participación dentro de los márgenes previstos. Estos datos se encuentran en la tabla 2-11.

Una vez estimados los municipios participantes, se puede calcular la cantidad de escuelas y el número de alumnos que participarían, según se muestra en la misma tabla 2-11.

En estas tablas también aparece la estimación de la variación de la población que corresponde a los municipios participantes en la campaña, de forma que en el último año estudiado, 2018, ya se incluiría el total de la población estimada para ese año, según los datos de población del año 2001 al 2008 (IDESCAT 2010) y (INE 2010). El crecimiento de la población para los

próximos años se ha calculado con la tendencia observada en el período del 2001 al 2008, cuyo ajuste de los datos por mínimos cuadrados presenta coeficientes de correlación superiores a 0,98.

Tabla 2-11. Estimación de municipios, centros docentes, alumnos y población participantes en la campaña en Catalunya.

Año	Municipios	Escuelas que participan en la campaña	Total alumnos	Población
2009	46	644	237.009	1.664.427
2010	122	1.830	640.528	4.498.190
2011	150	2.400	802.214	5.633.643
2012	164	2.788	893.135	6.272.153
2013	173	3.114	959.078	6.735.245
2014	178	3.382	1.004.216	7.052.230
2015	183	3.660	1.050.332	7.376.087
2016	186	3.906	1.085.752	7.624.828
2017	188	4.324	1.115.824	7.836.012
2018	190	4.560	1.146.287	8.049.945

Realizando un cálculo análogo se pueden también estimar para España la cantidad de municipios, utilizando la misma función anterior. El ajuste de los parámetros para este caso es:

$$k_1 = 1017; \quad k_2 = 1,12; \quad k_3 = 287$$

El parámetro k_2 se ha ajustado de forma que en el décimo año de la campaña se consiga la participación del 90 % de los municipios.

Estos datos se pueden observar en la tabla 2-12.

Tabla 2-12. Estimación de municipios y de centros docentes participantes en la campaña en España.

Año	Municipios	Escuelas que participan en la campaña	Total alumnos	Población
2009	287	4.018	1.478.732	10.298.269
2010	767	11.505	4.026.928	27.934.903
2011	939	15.024	5.021.857	34.704.987
2012	1.028	17.476	5.598.434	38.547.985
2013	1.082	19.476	5.998.397	41.155.561
2014	1.118	21.242	6.307.378	43.126.945
2015	1.144	22.880	6.566.010	44.745.967
2016	1.164	24.444	6.794.707	46.155.080
2017	1.179	27.117	6.997.641	47.384.780
2018	1.191	28.584	7.185.412	48.508.449

A partir de los datos de las cantidades de juguetes recogidas durante la campaña se puede estimar el aumento de recogida de estos residuos en el municipio “cero”, en Catalunya y en España, teniendo en cuenta que la campaña se lleva a cabo durante 10 años y que la cantidad de juguetes recogidos irá aumentando. Ello será debido a una mayor sensibilización de los alumnos y de las familias a medida que transcurra la campaña.

Podemos suponer que este aumento de recogida de juguetes puede llegar a multiplicarse por un factor de 12 respecto al valor de recogida del primer año. Este valor parece asequible teniendo en cuenta que actualmente se recoge solamente el 1,9 % de los juguetes puestos en el mercado y que, con la recogida propuesta, se llegaría a algo más del 20 %.

Se ha supuesto que la variación en la recogida a lo largo de los 10 años seguirá una función racional similar a la utilizada anteriormente para la estimación del número de municipios participantes, tal como se ha comentado en la figura 2-4.

Para el caso de las recogidas la función será:

$$f_r = k_1 \frac{t}{k_2 + t} + k_3$$

donde:

- f_r - cantidad buscada; en este caso será el factor de recogida que multiplicará la recogida del primer año (su valor estará ente 1 y 12).
- t - tiempo expresado en años
- k_1 - valor máximo de la serie menos el valor inicial
- k_2 - factor que modifica la pendiente y curvatura de la función
- k_3 - valor inicial de la serie

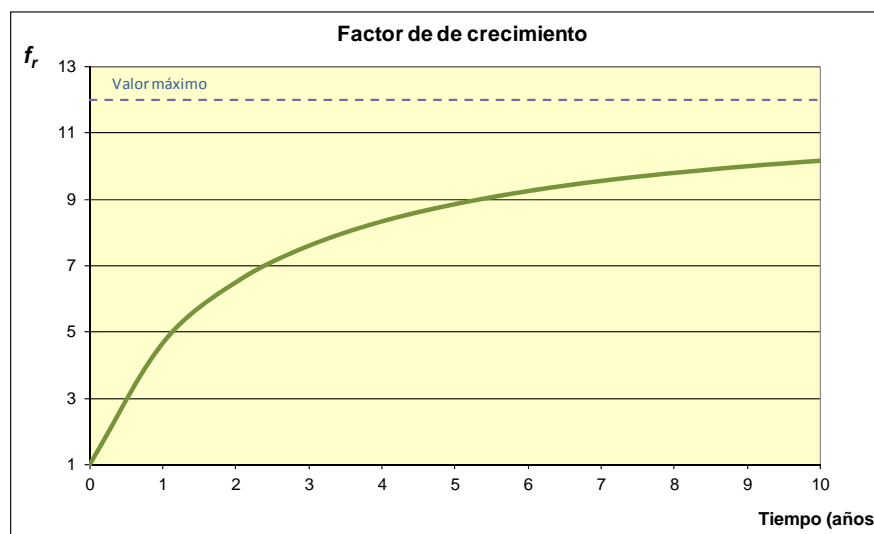
Así ajustando adecuadamente los parámetros de la función:

$$k_1 = 11; \quad k_2 = 2; \quad k_3 = 1$$

El parámetro k_2 se ha ajustado de forma que en el décimo año de la campaña se consiga una recogida del 90 % del factor máximo propuesto de 12.

La función anterior nos da el factor de aumento de la recogida de juguetes de la campaña y presenta una distribución de valores que tienden asintóticamente hacia un máximo. Ver la figura 2-5.

Figura 2-5. Distribución de valores de la función racional del factor de recogida.



Nota. El valor máximo del factor de recogida (f_r) es de 12.

En cuanto a la recogida de juguetes, la previsión de la recogida en el municipio “cero” al inicio de la campaña será de 223 kg y el máximo previsto que pudiera recogerse sería de 2.676 kg. Alcanzar estos valores de recogida parece razonable ya que, en la campaña del año 2009, una escuela de Igualada obtuvo un nivel de recogida muy elevado de manera que, si

solamente una quinta parte de las escuelas del municipio también lo hubiesen tenido, ya se habrían sobrepasado estos valores, tal como se describe en el capítulo 6.

De esta manera se obtienen las cantidades estimadas de recogida de juguetes en los próximos años. Dado que en las pruebas piloto los porcentajes de juguetes recuperados y reciclados fueron del 10,72 % y 89,28 % respectivamente, las cantidades estimadas que se pueden recuperar y reciclar en los próximos años se calculan a partir de los porcentajes anteriores. Estos valores se presentan en la tabla 2-13.

Tabla 2-13. Estimación de la previsión de recogida de juguetes en el municipio “cero”, extendiéndola a Catalunya y España.

Año	Recogida en municipio “cero” (kg)	Fracción recuperada en municipio “cero” (kg)	Fracción reciclada en municipio “cero” (kg)	Recogida en Catalunya (kg)	Recogida en España (kg)
2009	223,0	23,9	199,1	10.258,0	64.301,5
2010	1040,7	111,6	929,1	126.961,3	795.847,1
2011	1449,5	155,4	1.294,1	217.425,0	1.362.911,4
2012	1694,8	181,7	1.513,1	277.947,2	1.742.290,1
2013	1858,3	199,2	1.659,1	321.491,7	2.015.245,1
2014	1975,1	211,7	1.763,4	351.575,4	2.203.822,8
2015	2062,8	221,1	1.841,6	377.483,3	2.366.224,0
2016	2130,9	228,4	1.902,5	396.345,3	2.484.459,4
2017	2185,4	234,3	1.951,1	410.855,2	2.575.413,4
2018	2230,0	239,1	1.990,9	423.700,0	2.655.930,0

Si se cumplieran estas hipótesis previstas, en los 10 años de la campaña se llegarían a recoger desde unos 43,2 g/alumno en el primer año de la campaña hasta unos 326,2 g/alumno en el último año, observándose un crecimiento muy importante en la recogida de estos residuos.

Teniendo en cuenta que los valores de recogida de RAEE que se detallan en la Directiva 2002/96/CE, apartado 2.2.4 de este mismo capítulo, son de unos 43,2 g/alumno, el efecto de la campaña multiplicaría aproximadamente por un factor de 10 la recogida directa de estos residuos. No se ha contabilizado el efecto “rebote” que pudiera tener esta campaña sobre la separación de otros residuos RAEE de las otras categorías, fruto del aumento de la sensibilización por parte de las familias de los alumnos participantes en la campaña.

2.4. Principales elementos de continuidad del sistema

A partir de las campañas realizadas, se han identificado los principales elementos de continuidad del sistema, es decir, aquellas condiciones que son importantes para asegurar una implantación sostenible del modelo propuesto. Estos elementos se han clasificado en dos grandes grupos:

a) Principales elementos de tipo económico:

- El coste de la recogida de RAEE en las escuelas, siempre que la recogida no sea económicamente autosuficiente, debería asumirlo la administración local o la autonómica.
- La edición de materiales divulgativos y la motivación de las escuelas (dirección, profesorado, etc.) debería ser asumida también por la administración local.
- Las empresas recicladoras de RAEE deberían premiar económicamente a aquellos ayuntamientos que realicen una correcta recogida y separación de los RAEE.
- Es importante que haya una ONG local interesada en la reutilización de juguetes o de aparatos eléctricos y electrónicos y que obtenga beneficios económicos de ello.

b) Elementos de imagen y motivación:

- Las escuelas deben recibir anualmente información sobre los resultados de la campaña.
- Es importante ofrecer al profesorado un vídeo sobre el proceso de reciclaje, así como talleres o actividades a realizar en el aula que no supongan un gran esfuerzo por su parte (por ejemplo, alguna persona de la ONG involucrada que realice el desmontaje de un juguete en el aula y su separación en componentes).
- Lograr que esta campaña se incorpore en el currículum escolar de uno de los cursos de primaria

Las escuelas han detectado una serie de **problemas** para poner en marcha la campaña con éxito. Los problemas, que se han detectado a través de las respuestas a los cuestionarios, son:

- Dificultad para sensibilizar a los alumnos: por falta de tiempo se ha trabajado poco o nada en las aulas; la campaña y el material estaban más orientados a los alumnos de primaria que a los de secundaria.
- Dificultad para transmitir el mensaje de la campaña a las familias y sensibilizarlas: cuesta que las familias lean las informaciones.
- Dificultad para implicar a los profesores: han de estar muy sensibilizados en el tema.
- Falta de tiempo y planificación: para integrar la campaña en las dinámicas de las aulas, debería saberse con mayor antelación para poder programar las correspondientes actividades escolares.
- Mala época del curso: se ha puesto en marcha en diciembre que es un período en el que hay mucho trabajo (hacer informes, álbumes, reuniones de evaluación...) y es difícil encajar más actividades con los alumnos.
- Saturación de campañas e iniciativas: algunos maestros piensan que las escuelas reciben demasiadas iniciativas sociales desde fuera y no pueden hacerse cargo de todas.

Las escuelas han propuesto diferentes **ideas o sugerencias** para transmitir mejor el mensaje de la campaña:

- Planificar la campaña con más antelación: los centros escolares planifican la mayoría de actividades en junio-julio y/o principios de septiembre.
- Plantear la campaña no como un hecho puntual alrededor de las fiestas navideñas, tal como se ha hecho en las pruebas piloto, sino como una actividad más duradera (durante todo un trimestre) o incluso como una campaña permanente.
- Combinar la campaña con una presentación, o bien una dinamización/teatro, por parte de unos monitores externos.
- Entregar a las escuelas un documental sobre el proceso de reciclaje de los juguetes.
- Tras la campaña, informar a las escuelas sobre los resultados de la misma (p.ej. video) y entregarles juguetes nuevos (no eléctricos ni electrónicos).
- Implicar más a los alumnos: concienciar en las reuniones de alumnos y dejar que los mismos se hagan responsables de la recogida o bien de explicarlo a sus compañeros de clase.

- Hacer la campaña extensiva a los alumnos de educación infantil.

2.5. Conclusiones

Se ha diseñado un nuevo modelo de recogida de juguetes eléctricos y electrónicos que involucra a los centros educativos. El nuevo modelo consigue recoger más juguetes que el modelo convencional de recogida en puntos limpios, ya que en la primera fase de la campaña se recogieron el 1,9 % de los juguetes puestos en el mercado y en la segunda fase se llegó al 2 %, frente al 0,5 % que se recoge en los puntos limpios. El sistema de recogida propuesto permite la reutilización de los juguetes y sensibiliza a los alumnos y a sus familias, potenciando así el sistema convencional de recogida. Además, involucra a ayuntamientos, centros educativos y ONG locales.

SOBRE LA CAMPAÑA DE DIFUSIÓN

En general, las escuelas han valorado positivamente el diseño de la campaña y los materiales entregados.

Para mejorar la utilidad del plan de comunicación se debería informar a los profesores con la mayor celeridad posible, incluso al final del año escolar anterior a la campaña (junio-julio) y/o principios de septiembre. De este modo los profesores podrían incluir en sus planes para el curso las actividades de la campaña.

Otra manera de mejorar la eficiencia del plan de comunicación sería la combinación de la campaña con una presentación o dinamización/teatro, por parte de unos monitores externos dirigida a los alumnos. El operador logístico de recogida de RAEE podría encargarse del desarrollo de la misma.

Para involucrar más a los alumnos de secundaria, debería realizarse una difusión y propuesta de actividades más adecuadas a su edad.

SOBRE LA RECOGIDA

Se han recogido durante las dos fases de la campaña una media de 557 kg de juguetes (503 kg en la primera fase y 612 kg en la segunda) con un índice de recogida media de 44,2 g/alumno (42,5 g/alumno en la primera fase y 45,8 g/alumno en la segunda fase). Si los resultados se

analizan según el nivel de la enseñanza, primaria y secundaria, se obtiene un índice de recogida medio de 84,6 g/alumno para la enseñanza primaria (87,0 g/alumno en la primera fase y 82,3 g/alumno en la segunda fase) y 8,9 g/alumno para la enseñanza secundaria (8,3 g/alumno en la primera fase y 9,6 g/alumno en la segunda fase).

En la segunda fase de la campaña, con la participación de un coordinador local, se ha conseguido una mayor implicación de las escuelas en la campaña y la participación de algunas tiendas de juguetes de la ciudad de Igualada, aumentando tanto la recogida como la reutilización de juguetes.

El proyecto ha conseguido globalmente cumplir los objetivos en cuanto a recogida de juguetes. Se han obtenido índices de recogida mucho mejores en los centros de educación primaria, que han cumplido sobradamente los objetivos de recogida previstos, en comparación con los centros de educación secundaria.

Una de las razones sería que los materiales que se prepararon para la campaña estaban mayoritariamente orientados a alumnos del nivel de enseñanza primaria. En el caso de las escuelas de secundaria debería pensarse en otro tipo de difusión.

Hay que destacar que los colegios que son “Escola Verde” han recogido considerablemente más juguetes que otros colegios, lo que señala la importancia de la sensibilización del profesorado.

Con la segunda fase de la prueba piloto del proyecto, se han mejorado considerablemente los resultados.

Según la encuesta enviada a las escuelas, algunas razones que dificultan una mejor respuesta a la campaña son las siguientes:

- Los niños no quieren deshacerse de sus juguetes, aunque estén estropeados, por razones sentimentales.
- Hacer llegar el mensaje y cambiar los hábitos de los niños y de los padres es difícil y lento.
- Muchos niños se han llevado los juguetes del contenedor y, por lo tanto, ha habido casos de reutilización de los juguetes por parte de los propios alumnos, casos que no se han contabilizado.

Capítulo 3. Evaluación ambiental

3.1. Metodología utilizada

Se considera que la recogida de juguetes que se lleva a cabo mediante la campaña es adicional (se suma) a la que se recogería en los puntos limpios de no realizarse dicha campaña. Es decir, los juguetes recogidos en las escuelas que participan en la campaña, de no ser por ésta, irían a vertedero mezclados con la basura normal.

Para cuantificar los índices ambientales debemos realizar un balance de beneficios menos costes (ver la tabla 3-1).

Tabla 3-1. Costes y beneficios asociados a la campaña de recogida de juguetes.

	Ganancias ambientales	Costes ambientales
	Juguetes reutilizados	Comunicación campaña
	Juguetes reciclados	Transporte campaña
	Menos coste gestión residuos en vertedero	Separación juguetes
Índice MA =	Σ Ganancias	- Σ Costes

Los beneficios ambientales obtenidos por la campaña se calcularán cuantificando los impactos evitados gracias a los juguetes reutilizados y gracias a los reciclados, ya que la disminución de costes ambientales en la gestión de vertedero se considerará despreciable. Los costes ambientales de la campaña se calcularán cuantificando los impactos debidos a la fabricación

de los contenedores y materiales de difusión y los debidos al transporte. Los costes ambientales de separación y clasificación de juguetes se consideran despreciables.

Impactos evitados por la reutilización de juguetes:

Se ha supuesto que un juguete reutilizado sustituye a uno nuevo que ya no tendrá que fabricarse. A partir de esta premisa, se propone calcular el impacto ambiental evitado por la reutilización mediante el cálculo promedio del impacto ambiental asociado a la fabricación de juguetes nuevos.

Se han encontrado en la bibliografía muy pocos datos referentes a la fabricación de juguetes y a su impacto ambiental asociado. Por lo tanto, en lugar de disponer de datos medios estadísticos del impacto ambiental asociado a la fabricación de 1 kg de juguetes, se dispondrá de estos datos para un solo juguete, extraídos de la bibliografía (MUÑOZ et al. 2008). Conociendo la composición de este juguete y los impactos asociados a su fabricación se han obtenido unos impactos medidos por kg de juguete fabricado.

Posteriormente, conociendo los kg de juguetes reutilizados se pueden estimar los impactos evitados.

Impactos evitados por el reciclaje de juguetes:

Se han cuantificado a partir de los resultados de ACV del reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos según (HISCHIER et al. 2005). Los componentes de este tipo de residuos que ahorran mayor impacto cuando son reciclados son: las baterías, los metales y las placas de circuito impreso. Se han calculado unos impactos ahorrados por cada kg de batería reciclado, por cada kg de metales reciclados y por cada kg de placas de circuito impreso.

Sabiendo el peso en kg de juguetes reciclados y la composición media de los anteriores componentes, se ha calculado el total de impactos ahorrados por el reciclaje.

Impactos debidos a la fabricación de los elementos de comunicación:

Se han calculado a partir de los kg de plástico necesarios (contenedores de plástico de la campaña), el proceso de conformado del plástico, los kg de papel-cartón (contenedores de cartón y carteles, dípticos, manual, etc.) y los kg de imanes (se asimilan a plástico).

Los impactos asociados al proceso de conformado y a la fabricación de 1 kg de plástico (polietileno de alta densidad), de 1 kg de cartón y de 1 kg de papel se han obtenido de las bases de datos de ACV incluidas en el software GaBi 4 (GaBi-4 2007).

Impactos debidos al transporte:

Se calculan a partir de los kilómetros recorridos en los distintos viajes de recogida realizados y los viajes a la planta de reciclaje. Los impactos asociados a 1 km recorrido para transportar 1 kg de juguetes se obtienen de las bases de datos de ACV del software GaBi 4 (GaBi-4 2007). Los impactos debidos al transporte son despreciables tal y como se verá más adelante.

Evolución de los resultados a 10 años extendiendo la campaña a toda Catalunya y a España:

Se calculan extrapolando los impactos producidos por la implantación de la campaña en un municipio “cero” en el primer año al conjunto de municipios de Catalunya y España.

Para el cálculo de los impactos ambientales a lo largo de los próximos años se incluye la influencia en dichos impactos de la variación de la población durante este período. Esta variación de población provoca un cambio en el número de escuelas y de participantes en la campaña, que a su vez repercutirá en la recogida de juguetes, tal como se ha comentado en el apartado Capítulo 3.

3.2. Cálculo de los impactos evitados

3.2.1. Composición de los juguetes

La composición media de los juguetes se ha determinado a partir de los datos obtenidos de la empresa de reciclaje de RAEE (ELECTRORECYCLING 2009) y de los datos extraídos de un ejemplo de juguete, el osito “Winnie the Pooh cuentos y canciones” (MUÑOZ et al. 2008). A partir de estos datos se han observado unas diferencias claras entre la proporción de metales no férricos, según los datos facilitados por la empresa Electrorecycling, y los que provienen del ejemplo del osito Winnie the Pooh.

Como las proporciones dadas por la empresa Electrorecycling de metales no férricos son más acordes con las de la categoría 7, que incluye además de juguetes aparatos de tiempo libre y

equipos deportivos, con una proporción de metales muy elevada, se puede pensar que del 36 % de metales no férricos (ELECTRORECYCLING 2009) sólo el 10 % correspondería a esta fracción mientras que el otro 26 % se podría asimilar a mixtos no férricos.

De esta manera se propone una composición considerada (ver la tabla 3-2) más similar a la del ejemplo del juguete osito Winnie the Pooh que se corresponderá mejor con los juguetes que encontramos en el mercado.

Los porcentajes de las fracciones de materiales del osito Winnie the Pooh (MUÑOZ et al. 2008) de la tabla 3-2 se calculan a partir de los datos de la tabla 3-3. No se ha contabilizado el embalaje original del juguete debido a que, una vez usado el juguete y cuando se haya convertido en residuo, su embalaje ya no vendrá con el residuo del juguete.

Tabla 3-2. Composición media en porcentaje de los residuos de la categoría 7, juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre.

Composición	Gestión actual	Residuos categoría 7 (Electrorecycling 2009)	Osito Winnie (Muñoz 2008)	Composición considerada (%) ^c
Mixtos no férricos	Vertido ^a	50	75,3	76
Metales férricos	Reciclaje	13	16,0	13
Metales no férricos	Reciclaje	35,5 ^b	8,7	9,5
Pilas y acumuladores	Reciclaje	1		1
Placas de circuito impreso ^d	Reciclaje	0,5		0,5

- a) Esta fracción no ahorra impactos en estos momentos, pero en un futuro, como está formada principalmente por plástico, podría incinerarse y recuperar energía o bien convertirse en un granulado plástico utilizado como materia prima en algún otro proceso.
- b) Una parte de esta cantidad se ha considerado como fracción de mixtos no férricos.
- c) Composición considerada de los juguetes para el cálculo del ahorro ambiental que supone el reciclado de los materiales frente a su vertido.
- d) Las placas de circuito impreso se tratan como los metales no férricos, ya que en el reciclado se extrae el cobre. Por lo tanto, aunque en la tabla aparezcan aparte, se contabilizan junto con la fracción de metales no férricos.

La fracción de metales no férricos se gestiona a través de un recuperador de cobre y contiene también las placas de circuito impreso, que representan aproximadamente un 0,5 % del peso total de juguetes (ELECTRORECYCLING 2009).

En el caso de los juguetes la parte que se recicla corresponde a un 24 % y se compone de: metales férricos (13 %), metales no férricos (9,5 %), placas de circuito impreso (0,5 %) y pilas y baterías (1 %) (ver tabla 3-2). El reciclaje de metales y de placas de circuito impreso es lo que evita mayor impacto, tal como se verá más adelante. El 76 % restante en peso corresponde a materiales no aprovechables que actualmente van a vertedero y que, por lo tanto, no evitan ningún impacto.

De esta fracción de materiales no férricos (principalmente plástico), en un futuro próximo, podría recuperarse energía u obtenerse un granulado plástico, con lo cual también se ahorrarían impactos debidos a la producción de energía o del plástico al que sustituyan, pero de momento no se considerará.

Para llevar a cabo la evaluación ambiental se ha tomado como resultado de la campaña el caso más desfavorable, o sea, el obtenido en la campaña del curso 2007-08, un porcentaje de recogida medio de 1,9 % (siendo 1,7 % el de juguetes reciclados y 0,2 % el de juguetes reutilizados) según se ha indicado en el apartado 0.

La cantidad de juguetes recogidos en esta campaña fue de 503 kg, de los cuales 78,5 kg fueron recuperados y 424,5 kg fueron reciclados.

3.2.2. Impactos evitados por los juguetes reutilizados

El juguete estudiado en la bibliografía (MUÑOZ et al. 2008) y cuyos datos utilizaremos para estimar los impactos evitados es “Winnie the Pooh cuentos y canciones”, un oso de peluche que se mueve mientras canta y cuenta cuentos. Los componentes de este juguete se muestran en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Componentes y materiales de “Winnie the Pooh”.

Componentes	peso (g)	Materiales	%
Embalaje	313		
Figura	137	Plásticos (ABS y poliéster)	52
Base	227	Cartón (embalaje)	31
Sistema mecánico	125	Metales férricos	11
Sistema eléctrico y electrónico	167	Otros (cobre, latón, cerámica, etc.)	6
Baterías (3 unidades)	72		
Total	1.041		

En el cálculo del porcentaje de materiales que conforman el juguete no se ha contabilizado el peso de las pilas o baterías (3 unidades tipo LR6 AA), ya que las pilas son extraíbles, de manera que se pueden separar fácilmente del juguete. Así, se espera que los juguetes que acaben como residuos ya no lleven este tipo de pilas, debido a que sus propietarios ya las habrán separado de los juguetes antes de depositarlos en el contenedor adecuado.

El impacto ambiental asociado a la fabricación de juguetes se podría estimar a partir de los valores de impacto de la fabricación del osito Winnie, que son los que se muestran en la tabla 3-4. Asimismo, en la misma tabla se muestra el impacto evitado por los juguetes reutilizados gracias a la campaña y los impactos que se evitarían si la campaña se extendiera a toda Catalunya y se consiguiera el mismo porcentaje de reutilización (0,2 %).

Tabla 3-4. Impactos ambientales evitados por los juguetes reutilizados en la campaña.

Categoría de impacto	Impacto por kg de juguete fabricado	Impacto evitado por los juguetes reutilizados de la campaña	Impacto evitado por los juguetes reutilizados de Catalunya
ARA (kg Sb-eq)	4,00E-02	3,14E+00	3,27E+02
A (kg SO ₂ -eq)	5,40E-02	4,24E+00	4,41E+02
EU (kg PO ₄ -eq)	3,70E-03	2,90E-01	3,02E+01
CG (kg CO ₂ -eq)	6,08E+00	4,77E+02	4,96E+04
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	5,70E-03	4,47E-01	4,65E+01

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

3.2.3. Impactos evitados por los juguetes reciclados

En el proceso de reciclaje de los juguetes hay una fracción que no se recicla. Es la de mixtos no férricos y corresponde al 76 % en peso de juguetes. El 24 % restante sí se recicla, distinguiendo en esta fracción 4 grandes grupos: metales férricos (13 %), metales no férricos (9,5 %), placas de circuito impreso (0,5 %) y pilas y acumuladores (1 %) (ver tabla 3-2).

En la literatura se publica un estudio de ACV que evalúa ambientalmente las ventajas del reciclado de residuos eléctricos y electrónicos frente a la incineración de estos mismos residuos (HISCHIER et al. 2005). En este estudio se demuestra que el reciclaje de RAEE es

mucho mejor que su incineración, debido principalmente a los metales recuperados, que suponen un ahorro de la producción primaria de los mismos. En caso de que el reciclaje hubiera sido comparado con el vertido de los RAEE en vertedero controlado (destino usual de los juguetes en España), la ventaja del reciclado sería todavía superior. En el proceso de reciclaje los mayores impactos por kg de fracción tratada los produce el reciclaje de baterías, metales y placas de circuito impreso. De estos tres, el reciclaje de metales y de placas de circuito impreso evita mucho más impacto que el que causa. En el caso de las baterías el ahorro no es tan significativo y consideraremos que queda compensado con el impacto generado por su reciclaje.

En el caso del reciclaje de metales, se ha considerado que la distancia que debe recorrerse para el transporte a la planta de tratamiento es de 250 km, y que el 100 % del metal recuperado es hierro que será usado para la producción secundaria de acero. Es decir, los metales no férricos recuperados se asimilan a hierro para facilitar el cálculo, debido a la variedad de metales que puede existir y a la falta de datos específicos de cada uno de estos metales. Este es el caso menos favorable ya que seguramente los impactos evitados en la recuperación de otros metales más valiosos (cobre, estaño, etc.) serían muy superiores. La tabla 3-5 muestra los cálculos de impacto evitado por cada kg de metal recuperado y por cada kg de placa de circuito impreso realizados a partir de los datos de la bibliografía (HISCHIER et al. 2005).

El impacto evitado por kg de metal tratado o por kg de placa de circuito impreso (PCI) tratada se calcula restando el impacto asociado al proceso de reciclado del impacto asociado a la producción primaria de metal o de placa de circuito impreso.

Tabla 3-5. Impactos evitados debido al proceso de reciclaje de metales.

Categoría de impacto	Impacto evitado por cada kg de metal tratado (IA/kg metal)	Impacto evitado por cada kg de PCI tratada (IA/kg PCI)
ARA (kg Sb-eq)	1,31E-02	4,20E-01
A (kg SO ₂ -eq)	7,63E-03	1,33E+00
EU (kg PO ₄ -eq)	1,74E-03	5,80E-02
CG (kg CO ₂ -eq)	1,85E+00	6,25E+01
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	7,85E-04	5,00E-02
DOE (kg CFC-11-eq)	4,80E-08	3,80E-06

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos); DOE (Disminución de Ozono Estratosférico)

PCI - placa de circuito impreso

En el reciclaje de juguetes, las placas de circuito impreso representan aproximadamente el 0,5 % del peso total, y la fracción de metales férricos y no férricos es del 22,5 %. Por lo tanto, si la cantidad de juguetes llevada a reciclar es de 424,5 kg, esto supone 95,51 kg de fracción metálica y 2,12 kg de placas de circuito impreso. Los impactos ahorrados por la campaña se presentan en la tabla 3-6.

Tabla 3-6. Impactos ambientales evitados por los juguetes reciclados durante la campaña.

Categoría de impacto	Impacto evitado por el metal reciclado de los juguetes	Impacto evitado por las placas de circuito impreso reciclado de los juguetes	Impacto total evitado por el reciclado de los juguetes de la campaña	Impacto evitado por kg de juguete reciclado de la campaña
ARA (kg Sb-eq)	1,25E+00	8,91E-01	2,14E+00	5,04E-03
A (kg SO ₂ -eq)	7,29E-01	2,82E+00	3,55E+00	8,37E-03
EU (kg PO ₄ -eq)	1,67E-01	1,23E-01	2,90E-01	6,82E-04
CG (kg CO ₂ -eq)	1,77E+02	1,33E+02	3,10E+02	7,29E-01
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	7,50E-02	1,06E-01	1,81E-01	4,27E-04

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos)

Teniendo en cuenta que la fracción de mixtos no férricos, que supone el 76 %, es mayoritariamente plástico y que de esta fracción una parte también sería aprovechable, se pueden calcular cuáles serían los impactos ambientales evitados si suponemos, por ejemplo, un aprovechamiento de tan solo el 40 % de esta fracción que estuviera formada por material plástico.

Los impactos evitados con el aprovechamiento del 40 % de la fracción de mixtos no férricos de los juguetes reciclados son los que se muestran en la tabla 3-7, que tendrían que sumarse a los impactos evitados de aquellos juguetes reciclados de los que sólo se reciclan los metales y las placas de circuito impreso, según se observa en la tabla 3-6.

Tabla 3-7. Impactos ambientales evitados en un escenario futuro, reciclando un 40 % de la fracción de mixtos no férricos.

Categoría de impacto	Impacto por cada kg de PE ^a producido	Impacto evitado debido a la fracción de mixtos no férricos reciclados en la campaña	Impacto evitado debido a la fracción de mixtos no férricos por kg de juguete reciclado
ARA (kg Sb-eq)	--	--	--
A (kg SO ₂ -eq)	1,54E-02	2,61E+00	6,15E-03
EU (kg PO ₄ -eq)	8,69E-04	1,48E-01	3,48E-04
CG (kg CO ₂ -eq)	3,15E+00	5,35E+02	1,26E+00
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	1,85E-03	3,14E-01	7,40E-04

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos)

a) PE, high density bottle, Plastics Europe.

-- No se han encontrado datos de impacto de agotamiento de recursos abióticos.

3.3. Cálculo de los impactos debidos a la campaña

Para calcular los impactos ambientales debidos a la campaña, se contabilizan, en primer lugar, todos los elementos de comunicación utilizados. Para ello se toman como datos de partida los obtenidos de las campañas piloto en los años 2007 y 2008. Así, en la tabla 3-8 se muestran las escuelas y los alumnos que participaron en las campañas piloto y las distancias que se recorrieron en la recogida de los juguetes.

Tabla 3-8. Datos de escuelas participantes en la campaña y distancias de recogida.

	Escuelas	Alumnos	km
Campaña 2007 (2 municipios)	29	11.840	250
Campaña 2008 (3 municipios)	39	13.356	290
Municipio "cero"	14	5.039	111

Para calcular los impactos debidos a la campaña, se contabilizaran todos los elementos de comunicación utilizados (ver tabla 3-9).

Tabla 3-9. Datos de los elementos de comunicación usados en la campaña.

Elemento	Número unidades	Peso (kg/u)	Material	Peso (kg)
Dípticos	20.000	0,004	papel estucado 100 % reciclado	80,00
Pósters	108	0,044	papel estucado ecológico	4,75
Contenedores de cartón	41	1,5		61,50
Contenedores de plástico	22	14,0	polietileno de alta densidad	308,00
Imanes	15.000	0,006		90,00
Transporte (km)	555			

Todos los materiales utilizados en la campaña serán de un solo uso excepto los contenedores de plástico, que se podrán utilizar varias veces, unos 10 años, teniendo en cuenta una reposición del 10 % anual de los contenedores por desperfectos. Esto supone considerar que el peso del plástico necesario para la fabricación de estos contenedores en cada campaña será solamente de la décima parte del usado en la primera campaña.

A partir del software GaBi versión 4 (GaBi-4 2007) se obtienen los datos de impacto producidos en la fabricación de cartón, papel y plástico. No hay datos sobre ARA (Agotamiento de recursos abióticos). También se ha obtenido el impacto de 100 km recorridos por un camión de 5,5 t - 12 t con capacidad de 5 t, tal como aparece en la tabla 3-10.

Tabla 3-10. Impactos ambientales de los materiales y el transporte de la campaña (Fuente: (GaBi-4 2007)).

Categoría de impacto	Impacto por kg cartón ^a	Impacto por kg papel ^b	Impacto por kg PE ^c	Impacto por 100 km ^d
ARA (kg Sb-eq)	--	--	--	--
A (kg SO ₂ -eq)	2,36E-03	7,27E-03	1,54E-02	1,19E-04
Eu (kg PO ₄ -eq)	3,99E-04	2,10E-03	8,69E-04	2,20E-05
CG (kg CO ₂ -eq)	3,96E-01	9,72E-01	3,15E+00	1,93E-02
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	2,84E-04	8,05E-04	1,85E-03	9,41E-06

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global) y FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

^a Corrugated cardboard, BUWAL; ^b Kraft paper bleached, BUWAL; ^c PE high density bottle, Plastics Europe; ^d Truck 7,5 t - 12 t total cap. / 5 t payload / Euro 3 (Truck fleet, local) PE.

-- No se han encontrado datos de impacto de agotamiento de recursos abióticos.

Teniendo en cuenta los pesos de los materiales y los trayectos recorridos en las recogidas de los juguetes se puede calcular el coste ambiental de la campaña según se muestra en la tabla 3-11. Como puede observarse en esta tabla, el impacto debido al transporte es despreciable frente al de los materiales utilizados.

Tabla 3-11. Cálculo de los impactos ambientales de la campaña.

Categoría de impacto	Impacto contenedores de cartón ^a	Impacto de los dípticos y pósters (papel) ^b	Impacto de los imanes y contenedores de plástico (PE) ^c	Coste ambiental de los materiales	Impacto del transporte	Coste ambiental campaña
ARA (kg Sb-eq)	--	--	--	--	--	--
A (kg SO ₂ -eq)	2,18E-01	4,70E-01	2,09E+00	2,78E+00	4,45E-02	2,83E+00
Eu (kg PO ₄ -eq)	3,68E-02	1,36E-01	1,18E-01	2,91E-01	8,25E-03	2,99E-01
CG (kg CO ₂ -eq)	3,65E+01	6,28E+01	4,29E+02	5,28E+02	7,22E+00	5,35E+02
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	2,62E-02	5,20E-02	2,52E-01	3,30E-01	3,53E-03	3,34E-01

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global) y FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

a) Corrugated cardboard, BUWAL

b) Kraft paper bleached, BUWAL

c) PE high density bottle, Plastics Europe.

-- No se han encontrado datos de impacto de agotamiento de recursos abióticos.

3.4. Beneficios ambientales de la campaña

Para cuantificar los beneficios ambientales globales, debemos realizar un balance de beneficios menos costes. Los beneficios ambientales obtenidos por la campaña se han detallado en los apartados anteriores y serían los impactos evitados gracias a los juguetes reutilizados y al reciclado de metales y PCI principalmente. Los costes ambientales de la campaña son los debidos a los impactos ambientales producidos en la fabricación de los contenedores y materiales de difusión y los debidos a la utilización de transportes para las recogidas realizadas.

Así, se puede resumir en la siguiente expresión:

$$\text{Indice MA} = \sum \text{ganancias MA (reutilizar + reciclar)} - \sum \text{costes MA (comunicación + transporte)}$$

La tabla 3-12 muestra este cálculo, en lo que respecta a la campaña para cada una de las categorías de impacto. En estos resultados se considera que la fracción de mixtos no férricos (que es del 76 % en peso) va totalmente a vertedero. Si en un escenario futuro se recuperara una parte de esta fracción en forma de granulado plástico o se destinara a valorización energética los beneficios ambientales obtenidos de la campaña serían superiores a los mostrados en estas tablas.

Tabla 3-12. Ganancias ambientales debidas a la campaña R-CICLEJOGUINA.

Categoría de impacto	Impacto evitado por 78,5 kg juguetes reutilizados	Impacto evitado por el reciclaje de 424,5 kg de juguetes	Impacto ambiental de la campaña	Resultado: beneficio ambiental campaña
ARA (kg Sb-eq)	3,14E+00	2,14E+00	--	5,28E+00
A (kg SO ₂ -eq)	4,24E+00	3,55E+00	2,83E+00	4,96E+00
Eu (kg PO ₄ -eq)	2,90E-01	2,90E-01	2,99E-01	2,81E-01
CG (kg CO ₂ -eq)	4,77E+02	3,10E+02	5,35E+02	2,52E+02
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	4,47E-01	1,81E-01	3,34E-01	2,95E-01

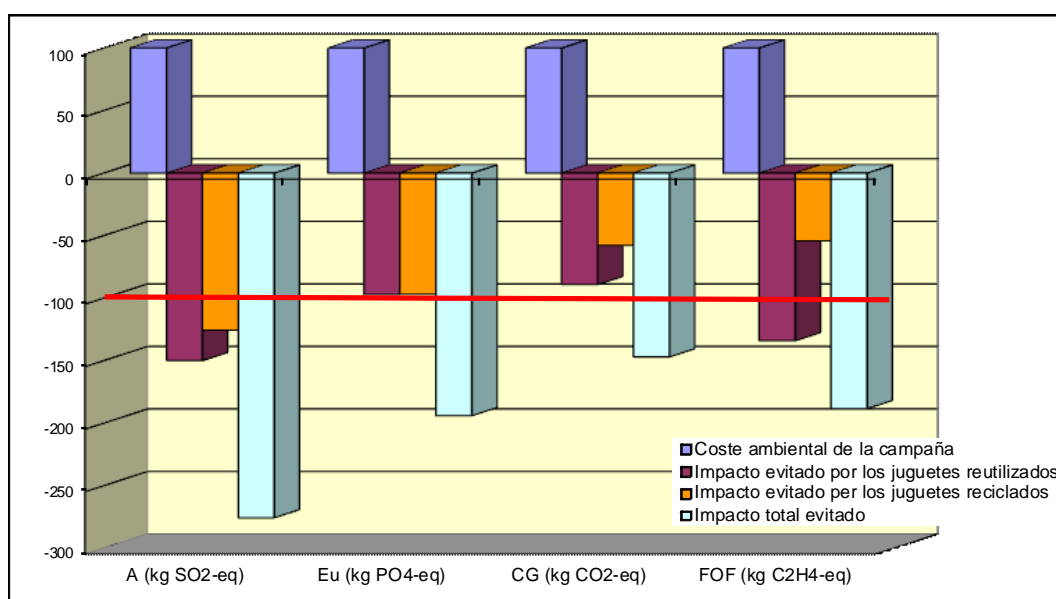
ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global) y FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

-- No se han encontrado datos de impacto de agotamiento de recursos abióticos.

Si realizamos una comparación entre los diferentes aspectos ambientales estudiados, tomando como valor de referencia el coste ambiental de la campaña, que corresponde a los materiales, contenedores y transportes de las recogidas, podemos determinar la importancia relativa entre los distintos impactos ambientales evitados.

Así, para tener valores que sean más fáciles de comprender, se ha fijado en 100 el valor del coste de la campaña para cada uno de los indicadores, y los demás valores se han ajustado de forma proporcional. Así, tal como se muestra en la figura 3-1, los impactos ambientales que se adicionan (los costes ambientales) se han representado como valores positivos, mientras que los impactos ambientales que restan (los evitados por los juguetes reutilizados y los juguetes reciclados) se han representado como valores negativos.

Figura 3-1. Comparación de las ganancias y los costes ambientales debidos a la campaña R-CICLEJOGUINA.



A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global) y FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

Des esta forma, los impactos evitados de los indicadores que tienen valores mayores de 100 (en valor absoluto) significa que el beneficio obtenido (impactos no añadidos) es superior al coste de la campaña (impactos añadidos) y, en otros casos, cuando el valor es inferior a 100, los impactos evitados no llegarían a superar el coste que supondría el de la campaña. De todas maneras la suma de los impactos evitados por los juguetes reutilizados y por los juguetes

reciclados es mayor que el coste de la campaña para todos los indicadores estudiados, tal como se muestra en la figura 3-1.

Por lo tanto, la implantación de la campaña ayudará a disminuir los impactos ambientales del uso de juguetes por parte de los ciudadanos.

3.5. Resultados previstos si la campaña se realiza durante 10 años extendida a Catalunya y España

3.5.1. Extrapolación de la campaña a Catalunya y España

Para realizar las previsiones de la extensión de la campaña a toda Catalunya y a España se ha determinado un municipio “cero” como un promedio de los datos de los municipios participantes en la campaña, según se indica en el apartado 2.3.

A partir de los datos del municipio “cero” extraídos del capítulo anterior, se conocen el número de escuelas, de enseñanza primaria y de secundaria, el número de alumnos de enseñanza primaria y secundaria y la población que participarían en la campaña y las distancias promedio recorridas en la recogida de los juguetes (ver la tabla 2-7).

Con estos datos se calcula cuáles serían los beneficios ambientales obtenidos en un municipio “cero” que participara en la campaña, teniendo en cuenta que se reutilizan un 0,2 % de los juguetes recogidos y se reciclan los materiales del 1,7 % restante de juguetes (porcentajes de recogida de juguetes de la campaña ponderado sobre el total de la población menor de 20 años. Ver la tabla 2-6 del apartado 2.2.6. Estos valores están resumidos en la tabla 3-13.

Tabla 3-13. Ganancias ambientales por municipio “cero”.

Categoría de impacto	Impacto evitado si se reutilizan 0,2 % de juguetes recogidos	Impacto evitado si se reciclan 1,7 % de juguetes recogidos	Impacto ambiental de la campaña en el municipio “cero”	Resultado: beneficio ambiental de la campaña en el municipio “cero”
ARA (kg Sb-eq)	9,56E-01	1,00E+00	--	1,96E+00
A (kg SO ₂ -eq)	1,29E+00	1,67E+00	1,74E-01	2,78E+00
Eu (kg PO ₄ -eq)	8,85E-02	1,36E-01	2,85E-02	1,96E-01
CG (kg CO ₂ -eq)	1,45E+02	1,45E+02	2,96E+01	2,61E+02
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	1,36E-01	8,49E-02	2,01E-02	2,01E-01

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global) y FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

A partir de los datos del municipio “cero” y de los datos de población de Catalunya y de España, se estima el número de 208 municipios cero para Catalunya y de 1.304 para España. Ver el apartado 2.3.

Teniendo en cuenta el número de municipios cero que conforman Catalunya y España se pueden calcular los beneficios ambientales que se habrían obtenido si la campaña se hubiera realizado en la totalidad de los municipios de Catalunya y de España. Los datos se encuentran en las tablas 3-14 y 3-15.

Tabla 3-14. Ganancias ambientales debidas a la campaña si se extendiera a Catalunya.

Categoría de impacto	Impacto evitado si se reutilizan 0,2 % de juguetes en Catalunya	Impacto evitado si se reciclan 1,7 % de juguetes en Catalunya	Impacto ambiental de la campaña en toda Catalunya	Beneficio ambiental campaña en toda Catalunya
ARA (kg Sb-eq)	3,27E+02	2,23E+02	--	5,49E+02
A (kg SO ₂ -eq)	4,41E+02	3,69E+02	1,96E+02	6,14E+02
Eu (kg PO ₄ -eq)	3,02E+01	3,01E+01	2,07E+01	3,96E+01
CG (kg CO ₂ -eq)	4,96E+04	3,22E+04	3,71E+04	4,47E+04
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	4,65E+01	1,88E+01	2,31E+01	4,22E+01

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global) y FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

Tabla 3-15. Ganancias ambientales debidas a la campaña si se extendiera a España.

Categoría de impacto	Impacto evitado si se reutilizan 0,2 % de juguetes en España	Impacto evitado si se reciclan 1,7 % de juguetes en España	Impacto ambiental de la campaña en toda España	Beneficio ambiental campaña en toda España
ARA (kg Sb-eq)	2,05E+03	1,40E+03	--	3,44E+03
A (kg SO ₂ -eq)	2,76E+03	2,32E+03	1,23E+03	3,85E+03
Eu (kg PO ₄ -eq)	1,89E+02	1,89E+02	1,30E+02	2,48E+02
CG (kg CO ₂ -eq)	3,11E+05	2,02E+05	2,33E+05	2,80E+05
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	2,92E+02	1,18E+02	1,45E+02	2,65E+02

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global) y FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

Si la campaña se realizara durante los 10 años siguientes, se puede estimar como evolucionaría la recogida de juguetes en función de la variación de las condiciones del municipio tipo, como ya se ha explicado en el apartado 2.3, donde se puede observar la variación de municipios adheridos a la campaña, de escuelas, de alumnos, de población y distancias recorridas.

A partir de los datos del apartado 2.2.6, tabla 2-5, referentes a la puesta en el mercado de juguetes en Catalunya y sobre las ventas de juguetes de los años 2006 al 2008, se puede estimar la cantidad de juguetes que se venderán en los próximos años si se sigue la misma tendencia en las ventas que en los años anteriormente mencionados.

Las cantidades de juguetes reciclados y reutilizados en Catalunya se obtienen a partir de los datos de reciclado y reutilización obtenidos en las campañas de recogida de los cursos 2007 y 2008, ya expuestos en los apartados 3.2.2 y 3.2.3.

La estimación de juguetes recogidos en cada municipio “cero”, irá aumentando a lo largo de los años a medida que los alumnos y sus familias se vayan familiarizando con la campaña, ya que al aumentar su sensibilización, la separación de estos residuos será mayor. Se mantiene la proporción de juguetes reutilizados (10,72 %) y de juguetes reciclados (89,28 %), de los juguetes recogidos en las sucesivas campañas, que es la misma proporción promedio que se ha obtenido en las dos pruebas piloto. Ver apartado 2.2.6.

Se ha supuesto que el aumento de recogida de juguetes en los diez años estudiados se multiplicará por un factor de hasta un máximo de 12, respecto a los valores de recogida obtenidos en las dos pruebas piloto realizadas, debido al aumento en la sensibilización respecto a la separación de estos residuos entre las familias participantes, y se ha considerado la misma función de distribución que se ha utilizado en el apartado 2.3 para calcular el factor de aumento de la recogida de juguetes.

Los parámetros utilizados son los siguientes:

$$k_1 = 11; \quad k_2 = 2; \quad k_3 = 1$$

La función anterior tiene una representación gráfica como la de la figura 2-5. El factor de crecimiento de las recogidas variará hasta un factor de 10 en el último año de la campaña, muy próximo al valor máximo previsto.

Los datos de recogidas que se obtienen de esta manera muestran un crecimiento rápido en los primeros años, crecimiento que va disminuyendo hasta llegar a una saturación en los últimos años. Los valores de recogida, de municipios participantes y de juguetes recogidos, recuperados y reutilizados de la campaña, que se obtendrían de esta manera, se aparecen en la tabla 3-16.

Tabla 3-16. Estimación de los juguetes recogidos en la campaña.

Año	Juguetes recogidos en la campaña (kg)/municipio "cero"	Juguetes reutilizados de la campaña (kg)/municipio "cero"	Juguetes reciclados de la campaña (kg)/municipio "cero"	Municipios "cero" participantes en la campaña	Juguetes reutilizados de la campaña (kg)	Juguetes reciclados de la campaña (kg)	Total juguetes recogidos en la campaña (kg)
2009	223,0	23,9	199,1	46	1.099,7	9.158,3	10.258,0
2010	860,1	92,2	767,9	122	11.249,3	93.688,1	104.937,4
2011	1214,1	130,2	1.084,0	150	19.522,9	162.593,8	182.116,7
2012	1439,4	154,3	1.285,1	164	25.305,2	210.750,5	236.055,6
2013	1595,3	171,0	1.424,3	173	29.585,9	246.402,3	275.988,2
2014	1709,7	183,3	1.526,4	178	32.623,2	271.697,5	304.320,7
2015	1797,1	192,7	1.604,5	183	35.255,1	293.617,4	328.872,5
2016	1866,2	200,1	1.666,1	186	37.209,7	309.895,7	347.105,4
2017	1922,0	206,0	1.716,0	188	38.736,2	322.608,8	361.345,0
2018	1968,2	211,0	1.757,2	190	40.088,7	333.872,7	373.961,3

Si la campaña se extendiera durante los 10 años siguientes, teniendo en cuenta la misma proporción de juguetes reutilizados, a partir de los datos de impactos evitados procedentes de la campaña de la prueba piloto (tabla 3-4 del apartado 3.2.2) se pueden estimar los impactos evitados por las cantidades de juguetes reutilizados, tal como se muestra en la tabla Anexo 1-1.

En cuanto a los impactos ambientales evitados por los juguetes reciclados, en el apartado 3.2.3 se encuentran las cantidades de metal y de placas de circuito impreso (PCI) que se reciclan, obtenidos de los juguetes recogidos en la campaña de la prueba piloto.

Si la campaña se extendiera durante los 10 años siguientes, teniendo en cuenta que las placas de circuito impreso y la fracción de metales férricos y no férricos siguen en la misma proporción ya descrita en el apartado 3.2.3, se pueden estimar de las cantidades recogidas en la campaña y sus fracciones en metal y placas de circuito impreso (tabla Anexo 1-2).

Asimismo, a partir de los valores anteriores y de los valores de impactos ambientales evitados por los juguetes reciclados (tabla 3-6 del apartado 3.2.3), se puede estimar la cantidad de juguetes que se destinarían a reciclado en función de los municipios participantes en la campaña.

El número de municipios utilizados para el cálculo de los datos sobre el reciclaje de juguetes que se presentan en el anexo 1 (tabla Anexo 1-3) se ha elegido en función de su ámbito de influencia. Así, tal como se indica en el apartado 2.3, el ámbito de toda Catalunya se correspondería con un número de 208 municipios, y un número de 1.304 municipios al ámbito de España.

Considerando, como en las pruebas piloto del apartado 3.2.3, que una parte de la fracción de mixtos no férricos, mayoritariamente plástico, fuera aprovechable en el 40 %, la estimación de los impactos evitados por la campaña extendida a lo largo de los 10 años, reciclando esta fracción de mixtos no férricos se presenta en la tabla Anexo 1-4.

3.5.2. Previsión de los impactos evitados debidos a la campaña

A partir de los datos anteriores se pueden calcular los elementos de comunicación necesarios en las campañas (ver tabla Anexo 1-6). Para determinar el número de unidades necesario se han seguido los siguientes supuestos:

- Los dípticos e imanes se repartieron a todos los alumnos participantes en las campañas piloto durante los cursos 2007 y 2008. Para las sucesivas campañas sólo se repartirán estos elementos a los alumnos de nuevo ingreso en la enseñanza primaria ya que los demás alumnos que en años anteriores ya han estado participando en la campaña ya disponen de este elemento. Por lo tanto, el número de dípticos y de imanes necesarios será igual al número de alumnos que comienzan el ciclo inicial de la enseñanza primaria.
- Los pósters se distribuyeron aproximadamente en un número de tres por escuela participante en las campañas piloto, lo que parece que es un número adecuado para dar a conocer la campaña. Así, para los años sucesivos se prevé también una distribución de 3 pósters para cada escuela participante.
- Los contenedores de recogida usados fueron de dos tipos: unos de cartón y otros de plástico. Los de plástico parecen más resistentes que los de cartón y podrían ser más adecuados en las escuelas que tuvieran alumnos de parvulario o de primaria, mientras que los de cartón serían adecuados para alumnos de últimos ciclos de primaria y alumnos de secundaria. De todas formas aunque el plástico es un material con una mayor vida de uso, tiene un impacto ambiental mucho mayor que el cartón, por lo que se ha optado por usar solamente contenedores de cartón. El número promedio sería de dos contenedores por escuela participante, teniendo en cuenta que algunas de las escuelas más pequeñas tendrían bastante con un solo contenedor y que habría otras escuelas de mayores dimensiones que necesitarían tres.

Así, las cantidades en peso de cada uno de los elementos de comunicación que se utilizarían en la campaña por municipio “cero”, teniendo en cuenta los pesos unitarios y el número de elementos utilizados (tabla Anexo 1-5), son las que se encuentran en la tabla Anexo 1-6.

Teniendo en cuenta los pesos de los materiales y los trayectos recorridos en las recogidas de los juguetes se calcula el coste ambiental de la campaña en un municipio “cero” (tabla Anexo 1-7).

Realizando cálculos similares, a partir de los materiales utilizados en la campaña por cada municipio se pueden estimar las cantidades de estos elementos que se necesitan para cubrir las necesidades de la campaña a nivel de Catalunya y de España a lo largo de los próximos 10 años.

Así, para calcular los materiales necesarios para extrapolar la campaña a todos los municipios de Catalunya se ha multiplicado el número de elementos (en el caso de dípticos e imanes) por la relación entre el número de alumnos en toda Catalunya respecto al número de alumnos implicados en la campaña. En el caso de contenedores de cartón y de plástico y pósters, la relación escogida es la que hay entre el número de escuelas en toda Catalunya y el número de escuelas participantes en la campaña. Los resultados se muestran en la tabla 3-17.

Tabla 3-17. Cálculo de los costes ambientales estimados si se extiende la campaña a Catalunya.

Categoría de impacto	Impacto contenedores de cartón	Impacto de los dípticos y posters (papel)	Impacto de los imanes y contenedores de plástico (PE)	Coste ambiental de los materiales	Impacto del transporte	Coste ambiental campaña
ARA (kg Sb-eq)	--	--	--	--	--	--
A (kg SO ₂ -eq)	1,38E+01	2,97E+01	1,33E+02	1,76E+02	2,82E+00	1,79E+02
Eu (kg PO ₄ -eq)	2,33E+00	8,59E+00	7,50E+00	1,84E+01	5,23E-01	1,89E+01
CG (kg CO ₂ -eq)	2,31E+03	3,98E+03	2,72E+04	3,35E+04	4,57E+02	3,39E+04
FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	1,66E+00	3,30E+00	1,60E+01	2,09E+01	2,23E-01	2,11E+01

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global) y FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

Los cálculos de los materiales necesarios para todos los municipios de Catalunya y de España, siguiendo el mismo criterio anterior, en el caso de que la campaña se extendiera a lo largo de los próximos diez años, se encuentran en la tabla Anexo 1-8.

3.5.3. Estimación de los beneficios ambientales de la campaña

Las tablas 3-18 y 3-19 muestran el resultado del cálculo para cada una de las categorías de impacto. En estos resultados se considera que la fracción de mixtos no férricos (que es del 76 % en peso) va totalmente a vertedero. Si en un escenario futuro se recuperara una parte en

forma de granulado plástico los beneficios ambientales de la campaña serían superiores a los mostrados en estas tablas.

Tabla 3-18. Estimación de las ganancias ambientales debidas a la campaña para el municipio “cero” durante 10 años.

	ARA (kg Sb-eq)	A (kg SO ₂ -eq)	EU (kg PO ₄ -eq)	CG (kg CO ₂ -eq)	FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)
2009	1,96E+00	2,78E+00	1,96E-01	2,61E+02	2,01E-01
2010	9,15E+00	1,36E+01	1,02E+00	1,32E+03	1,01E+00
2011	1,27E+01	1,90E+01	1,43E+00	1,86E+03	1,42E+00
2012	1,49E+01	2,23E+01	1,67E+00	2,17E+03	1,66E+00
2013	1,63E+01	2,44E+01	1,83E+00	2,38E+03	1,82E+00
2014	1,74E+01	2,60E+01	1,95E+00	2,54E+03	1,93E+00
2015	1,81E+01	2,71E+01	2,04E+00	2,65E+03	2,02E+00
2016	1,87E+01	2,80E+01	2,10E+00	2,73E+03	2,09E+00
2017	1,92E+01	2,87E+01	2,15E+00	2,80E+03	2,14E+00
2018	1,96E+01	2,93E+01	2,20E+00	2,86E+03	2,18E+00

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

Tabla 3-19. Estimación de las ganancias ambientales debidas a la campaña extendida a Catalunya y a España durante 10 años.

	ARA (kg Sb-eq)		A (kg SO ₂ -eq)		EU (kg PO ₄ -eq)		CG (kg CO ₂ -eq)		FOF (kg C ₂ H ₄ -eq)	
	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**
2009	3,72E+02	2,33E+03	5,29E+02	3,31E+03	3,72E+01	2,33E+02	4,96E+04	3,11E+05	3,82E+01	2,40E+02
2010	1,74E+03	1,09E+04	2,59E+03	1,62E+04	1,93E+02	1,21E+03	2,52E+05	1,58E+06	1,92E+02	1,20E+03
2011	2,42E+03	1,52E+04	3,61E+03	2,27E+04	2,71E+02	1,70E+03	3,53E+05	2,21E+06	2,69E+02	1,69E+03
2012	2,83E+03	1,77E+04	4,23E+03	2,65E+04	3,17E+02	1,99E+03	4,13E+05	2,59E+06	3,15E+02	1,97E+03
2013	3,10E+03	1,95E+04	4,64E+03	2,91E+04	3,48E+02	2,18E+03	4,53E+05	2,84E+06	3,45E+02	2,17E+03
2014	3,30E+03	2,07E+04	4,93E+03	3,09E+04	3,70E+02	2,32E+03	4,82E+05	3,02E+06	3,67E+02	2,30E+03
2015	3,45E+03	2,16E+04	5,15E+03	3,23E+04	3,87E+02	2,42E+03	5,03E+05	3,15E+06	3,84E+02	2,40E+03
2016	3,56E+03	2,23E+04	5,32E+03	3,34E+04	3,99E+02	2,50E+03	5,20E+05	3,26E+06	3,96E+02	2,48E+03
2017	3,65E+03	2,29E+04	5,45E+03	3,42E+04	4,09E+02	2,57E+03	5,33E+05	3,34E+06	4,06E+02	2,55E+03
2018	3,72E+03	2,33E+04	5,57E+03	3,49E+04	4,17E+02	2,62E+03	5,43E+05	3,41E+06	4,14E+02	2,60E+03

ARA (Agotamiento de recursos abióticos); A (Acidificación); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos).

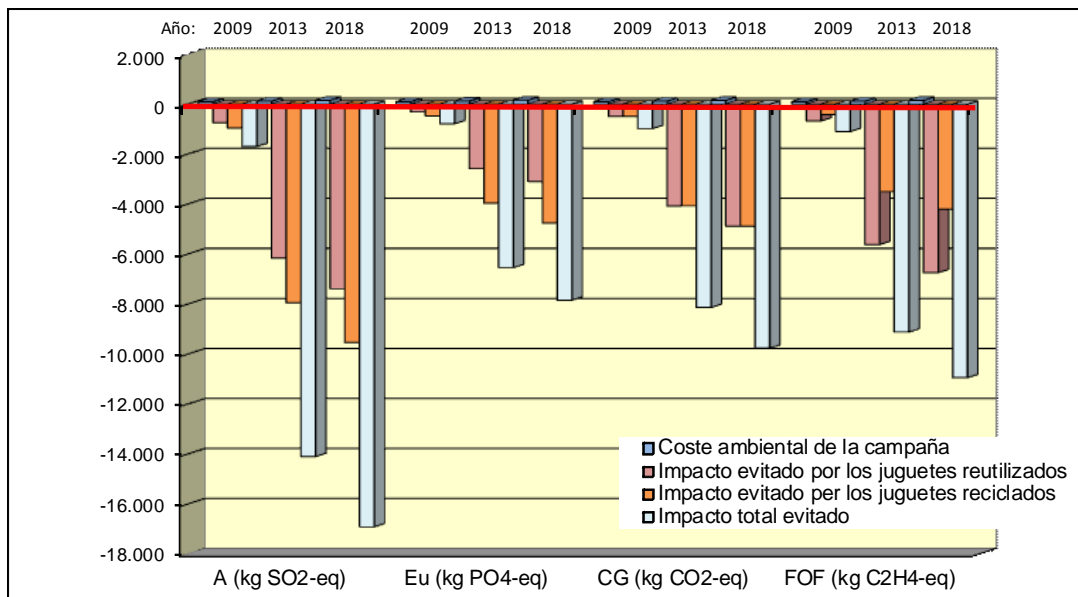
* Catalunya; ** España

De forma parecida a como se han comparado los diferentes aspectos ambientales estudiados para la campaña (ver el apartado 3.4), y tomando como valor de referencia el coste ambiental de la campaña en su primer año de aplicación a toda Catalunya, que corresponde a los materiales, contenedores y transportes de las recogidas, podemos determinar la importancia de los distintos impactos ambientales evitados.

Así, para tener valores que sean más fáciles de comprender, el valor de referencia del coste de la campaña se ha fijado en 100 y los demás valores se han ajustado de forma proporcional. De esta forma los impactos evitados tanto por los juguetes reutilizados como por los juguetes reciclados tienen valores superiores de 100, significando que el beneficio ambiental obtenido es superior al coste ambiental de la campaña, tal como se muestra en la figura 3-2.

En esta figura se presentan los valores de impactos, reducidos al valor de referencia del coste de la campaña, para el primer año de la campaña, 2009, para el quinto año, 2013 y para el último año estudiado, 2018.

Figura 3-2. Comparación de la previsión de las ganancias ambientales debidas a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.



En el caso de que la campaña se pudiera extender a toda España, dado que para la comparación de la previsión de los beneficios ambientales se procede de forma similar a

como se ha hecho para Catalunya, se obtienen los mismos valores referidos al coste de la campaña.

3.6. Interpretación de los beneficios ambientales conseguidos

Estos valores de impacto ambiental ahorrados se pueden comparar con los impactos producidos por actividades cotidianas. A continuación se describe el ahorro que se conseguiría si se tomara como base la implicación de 208 municipios cero, que equivale al ámbito de Catalunya tanto para la campaña como para los siguientes 10 años.

Acidificación

Es la responsable de la lluvia ácida, que se forma cuando la humedad en el aire se mezcla con óxidos de nitrógeno y de azufre emitidos principalmente por centrales térmicas al quemar carbón o derivados del petróleo.

Medida en número de vehículos diésel que deberíamos sustituir por coches eléctricos en la ciudad de Barcelona para evitar las emisiones de SO₂ equivalentes, se tiene que 1 km recorrido en vehículo diésel, de cilindrada media 1,4-2,0 L y valores de emisión marcados por estándar Euro3, genera $34,76 \cdot 10^{-5}$ kg SO₂-eq (GaBi-4 2007). Por lo tanto, evitar 4,96 kg SO₂-eq de acidificación, correspondiente al ahorro obtenido en la campaña de la prueba piloto, sería equivalente a evitar la acidificación que producimos durante un desplazamiento en coche de unos 14.281 de kilómetros. Si se sustituyeran los coches diésel por coches eléctricos, para evitar la misma cantidad de acidificación, habría que utilizar unos 5 coches eléctricos (considerando desplazamientos de unos 10 km diarios 300 días al año).

Si la medida se realiza en kWh de electricidad equivalente, el consumo de 1 MJ de energía eléctrica generada según el mix español supone la emisión de 0,00132 kg SO₂-eq. Según un estudio de la Comisión Europea (GENCAT 2010), España tiene un consumo eléctrico medio por vivienda de 684 kWh/año para iluminación (superior a la media de la UE que es de 501 kWh/año, ya que solo el 15 % de las viviendas españolas utilizan bombillas de bajo consumo). Por lo tanto, evitar 4,96 kg SO₂-eq de acidificación, correspondiente al ahorro obtenido en la campaña de la prueba piloto, sería equivalente a evitar el consumo de unos 3.760,74 MJ (1.044,65 kWh). Tomando el consumo eléctrico medio en iluminación de una

vivienda española (684 kWh/año), supondría evitar el consumo en iluminación de 2 viviendas en un año.

Si la campaña se prolongase durante los 10 años siguientes, la previsión del ahorro de impacto, si se siguieran los mismos criterios anteriores, sería: un ahorro de 528,76 kg SO₂-eq en el primer año de la campaña, 4.640,45 kg SO₂-eq en el quinto año de la campaña y 5.565,23 kg SO₂-eq en el último año de la campaña. Este ahorro equivaldría a evitar la acidificación que produciríamos durante un desplazamiento en coche de unos 1,52 millones de kilómetros en el primer año de la campaña, 13,3 millones de kilómetros en el quinto año de la campaña y 16 millones de kilómetros en el último año de la campaña. Si se sustituyeran coches diésel por coches eléctricos, para evitar la misma cantidad de acidificación, equivaldría a utilizar unos 507 coches eléctricos en el primer año de la campaña, 4.450 coches eléctricos en el quinto año de la campaña y 5.337 coches eléctricos en el último año de la campaña (considerando desplazamientos de unos 10 km diarios 300 días al año).

Si la medida se realiza en kWh de electricidad equivalente, el anterior ahorro de contaminantes, siguiendo el mismo patrón de generación eléctrica del mix español tal como se ha especificado anteriormente, equivaldría a evitar el consumo de unos 400.572,26 MJ (111.270,07 kWh) o el consumo en iluminación de 163 viviendas en un año el primer año de la campaña, unos 3.515.493,51 MJ (976.525,98 kWh) o el consumo en iluminación de 1.428 viviendas en un año en el quinto año de la campaña y unos 4.216.081,62 MJ (1.171.133,78 kWh) o el consumo en iluminación de 1.712 viviendas en un año en el último año de la campaña.

Este ahorro equivalente se puede observar de forma resumida en la tabla 3-20.

Tabla 3-20. Estimación del ahorro de impacto en acidificación debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.

	Contaminante ahorrado			Equivalencias				
				kg SO ₂ -eq	% municipios ^a	Factor recogida ^b	km	Coches eléctricos por año ^c
Campaña. Prueba piloto	4,96	1,4		14.281	5	3.761	1.045	2
Primer año de la campaña (2009)	528,76	22,1	1,0	1.521.160	507	400.572	111.271	163
Quinto año de la campaña (2013)	4.640,45	83,2	8,3	13.349.975	4.450	3.515.494	976.526	1.428
Último año de la campaña (2018)	5.565,23	91,3	10,0	16.010.437	5.337	4.216.082	1.171.134	1.712

- El porcentaje de municipios participantes se calcula como el número de municipios cero respecto al total de municipios cero de Catalunya.
- El factor de recogida indica el aumento de recogida de juguetes respecto al primer año de la campaña.
- Número de coches eléctricos circulando por la ciudad de Barcelona que evitarían la misma cantidad de impacto de acidificación que la evitada por la campaña.
- Número de viviendas, cuyo impacto en acidificación debido al consumo eléctrico en iluminación sería equivalente al impacto en acidificación que se evitaría con la campaña.

Eutrofización

Se puede medir como la cantidad de materia orgánica en el agua, DQO (Demanda química de oxígeno). Así, 1 kg de DQO en el agua equivale a $2,2 \cdot 10^{-2}$ kg PO₄-eq (CML 2009). Por otro lado, el (DECRET 320/1990) del Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya fija como “habitante equivalente” o cantidad de contaminación diaria que hay que considerar por cada habitante, la suma de las contribuciones de diversos parámetros de contaminantes, pero que en conjunto toman el valor de 85 g de DQO por día.

Por lo tanto, evitar 0,28 kg PO₄-eq de eutrofización, correspondiente al ahorro obtenido en la campaña de la prueba piloto, sería equivalente a evitar la eutrofización causada por las aguas residuales de 150 habitantes equivalentes en 1 día. Equivaldría a evitar la eutrofización producida por un poco más del 0,4 % de la población de un municipio “cero” similar al de Igualada durante un día.

Si la campaña se prolongase durante los 10 años siguientes, la previsión de ahorro de impacto, si se siguieran los mismos criterios anteriores, sería: un ahorro de 37,21 kg PO₄-eq de eutrofización, el primer año de la campaña, 348,4 kg PO₄-eq de eutrofización en el quinto año de la campaña y 417,48 kg PO₄-eq de eutrofización en el último año de la campaña. Este ahorro equivaldría a evitar la eutrofización causada por las aguas residuales de 19.885 habitantes equivalentes en 1 día o a evitar la eutrofización producida por más de la mitad de la población de un municipio “cero” similar al de Igualada durante un día en el primer año de la campaña, evitar la eutrofización causada por las aguas residuales de 186.312 habitantes equivalentes en 1 día o a evitar la eutrofización producida por más de cinco veces la población de un municipio “cero” similar al de Igualada durante un día en el quinto año de la campaña, y evitar la eutrofización causada por las aguas residuales de 223.250 habitantes equivalentes en 1 día o a evitar la eutrofización producida por más de seis veces la población de un municipio “cero” similar al de Igualada durante un día en el último año de la campaña. Este ahorro equivalente se puede observar de forma resumida en la tabla 3-21.

Tabla 3-21. Estimación del ahorro de impacto en eutrofización debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.

	Contaminante ahorrado			Equivalencias	
	kg PO ₄ -eq	% municipios ^a	Factor recogida ^b	Habitantes equivalentes ^c	Días ^d
Campaña Prueba piloto	0,28	1,4		150	0,0042
Primer año de la campaña (2009)	37,18	22,1	1,0	19.885	0,5623
Quinto año de la campaña (2013)	348,40	83,2	8,3	186.312	5,2646
Último año de la campaña (2018)	417,48	91,3	10,0	223.250	6,3076

- a) El porcentaje de municipios participantes se calcula como el número de municipios cero respecto al total de municipios cero de Catalunya.
- b) El factor de recogida indica el aumento de recogida de juguetes respecto al primer año de la campaña.
- c) Número de habitantes de una ciudad que producirían en un día el impacto de eutrofización equivalente al impacto evitado en la campaña.
- d) Número de días que se evitaría el impacto de eutrofización producido por el municipio “cero” equivalente al impacto evitado en la campaña.

Calentamiento global

Es el efecto de calentamiento de la superficie terrestre debida al efecto invernadero que producen algunos gases al ser emitidos a la atmósfera. Se produce principalmente debido a la deforestación y al consumo de combustibles fósiles.

Medido como la cantidad de electricidad que hay que consumir para producir esta misma cantidad de emisiones de CO₂ evitadas, se tiene que 1 MJ de electricidad producida en España genera 0,185 kg CO₂-eq. España tiene un consumo eléctrico medio por vivienda de 684 kWh/año para iluminación (GENCAT 2010).

Por lo tanto, ahorrar 251,52 kg CO₂-eq, correspondiente al ahorro obtenido en la campaña de la prueba piloto, sería equivalente a evitar el uso de 1.360 MJ eléctricos (378 kWh), o lo que es lo mismo, evitar el calentamiento global que producimos al tener encendida una bombilla incandescente de 100 W en una habitación durante 0,43 años (157 días o 3.776 horas), o una bombilla incandescente de 60 W en una habitación durante 0,72 años (262 días o 6.294 horas) o bien una bombilla de bajo consumo de 11 W en una habitación durante 3,92 años (1.430 días o 34.332 horas). También equivale al consumo medio anual de electricidad para iluminación de 0,5 viviendas.

Si hacemos la comparación por el número de aerogeneradores eólicos que evitaran la misma cantidad de calentamiento global cada año, se tiene que, si producimos electricidad al 100 % a partir de petróleo, para producir 1 MJ de electricidad emitiríamos 0,249 kg CO₂-eq.

Por lo tanto, evitar 251,52 kg CO₂-eq, correspondientes al ahorro obtenido en la campaña de la prueba piloto, es equivalente a generar la electricidad a partir de energía eólica sustituyendo el petróleo necesario para generar 1.010 MJ eléctricos (281 kWh) por aerogeneradores. Sería el equivalente a la electricidad generada en un año por 0,03 aerogeneradores de pequeño tamaño (Vergnet GEV 6/5, de 5 kW de potencia nominal y 2 palas de 6 m de diámetro, con una producción anual de energía eléctrica de 9.618 kWh) (ARAÚJO et al. 2009). O también la electricidad producida en un año por 0,0001 aerogeneradores Gamesa modelo G80 de 1.500 kW de potencia nominal (GAMESA 2010).

Si la campaña se prolongase durante los 10 años siguientes, la previsión del ahorro de impacto, siguiendo los mismos criterios anteriores, sería: un ahorro de 49.590,38 kg en el primer año de la campaña, 453.127,85 kg en el quinto año de la campaña y 543.227,69 kg en

el último año de la campaña. Para el primer año de la campaña, este ahorro equivaldría a evitar el calentamiento global por el uso de 267.849 MJ eléctricos (74.402 kWh), o lo que es lo mismo, evitar el calentamiento global que producimos al tener encendida una bombilla incandescente de 100 W en una habitación durante 85 años (31.025 días o unas 0,74 millones de horas), o una bombilla incandescente de 60 W en una habitación durante 142 años (51.708 días o unos 1,24 millones de horas) o bien una bombilla de bajo consumo de 11 W en una habitación durante 773 años (282.046 días o unos 6,8 millones de horas); también equivale al consumo medio anual de electricidad para iluminación de 109 viviendas.

En el quinto año de la campaña el ahorro conseguido evitaría el calentamiento global por el uso de 2.449.588 MJ eléctricos (680.441 kWh), o lo que es lo mismo, evitar el calentamiento global que producimos al tener encendida una bombilla incandescente de 100 W en una habitación durante 777 años (283.488 días o unos 6,8 millones de horas), o una bombilla incandescente de 60 W en una habitación durante 1.294 años (472.481 días o unos 11,3 millones de horas) o bien una bombilla de bajo consumo de 11 W en una habitación durante más de 7.061 años (2.577.167 días o unos 61,8 millones de horas); también equivale al consumo medio anual de electricidad para iluminación de 994 viviendas.

Y en el último año de la campaña el ahorro conseguido evitaría el calentamiento global por el uso de 2.937.108 MJ eléctricos (815.863 kWh), o lo que es lo mismo, evitaría el calentamiento global que producimos al tener encendida una bombilla incandescente de 100 W en una habitación durante 931 años (339.857 días o unos 6,6 millones de horas), o una bombilla incandescente de 60 W en una habitación durante 1.552 años (566.427 días o unos 13,6 millones de horas) o bien una bombilla de bajo consumo de 11 W en una habitación durante más de 8.465 años (3.089.611 días o unos 74,2 millones de horas); también equivale al consumo medio anual de electricidad para iluminación de 1.192 viviendas.

Si la medida se realiza por el número de aerogeneradores eólicos que evitaran la misma cantidad de emisiones de CO₂ cada año, según se ha explicado anteriormente, evitar 49.590,38 kg en el primer año de la campaña, 543.227,69 kg en el quinto año de la campaña y 594.696,81 kg en el último año de la campaña, representaría un ahorro que equivaldría a sustituir el petróleo necesario para generar 199.004 MJ eléctricos (55.279 kWh) por aerogeneradores, o bien, la electricidad generada en un año por más de 5,7 aerogeneradores de pequeño tamaño (Vergnet GEV 6/5, de 5 kW) o también la electricidad producida en un año

por 0,01 aerogeneradores Gamesa modelo G80 de 1.500 kW el primer año de la campaña, 1.819.975 MJ eléctricos (505.549 kWh) por aerogeneradores, o bien, la electricidad generada en un año por más de 52 aerogeneradores de pequeño tamaño (Vergnet GEV 6/5, de 5 kW) o también la electricidad producida en un año por 0,1 aerogeneradores Gamesa modelo G80 de 1.500 kW en el quinto año de la campaña y 2.182.189 MJ eléctricos (606.164 kWh) por aerogeneradores, o bien, la electricidad generada en un año por más de 63 aerogeneradores de pequeño tamaño (Vergnet GEV 6/5, de 5 kW) o también la electricidad producida en un año por 0,12 aerogeneradores Gamesa modelo G80 de 1.500 kW en el último año de la campaña.

Este ahorro equivalente se muestra de forma resumida en las tablas 3-22 y 3-23.

Tabla 3-22. Estimación del ahorro de impacto en calentamiento global debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.

	Contaminante ahorrado	Equivalencias							
		% municipios ^a	Factor recogida ^b	MJ (Electricidad central eléctrica)	kWh (Electricidad central eléctrica)	Bombilla 100 W encendida (años)	Bombilla 60 W encendida (años)	Bombilla 11 W encendida (años)	Viviendas ^c
Campaña Prueba piloto	251,52	1,4		1.360	378	0,43	0,72	3,92	0,55
Primer año de la campaña (2009)	49.590,38	22,1	1,0	267.849	74.402	85	142	772	109
Quinto año de la campaña (2013)	453.127,85	83,2	8,3	2.449.588	680.441	777	1.295	7.061	995
Último año de la campaña (2018)	543.227,69	91,3	10,0	2.937.108	815.863	931	1.552	8.467	1.193

- El porcentaje de municipios participantes se calcula como el número de municipios cero respecto al total de municipios cero de Catalunya.
- El factor de recogida indica el aumento de recogida de juguetes respecto al primer año de la campaña.
- Número de viviendas, cuyo impacto en acidificación debido al consumo eléctrico en iluminación sería equivalente al impacto en acidificación que se evitaría en la campaña.

Tabla 3-23. Estimación del ahorro de impacto en calentamiento global debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.

	Contaminante ahorrado			Equivalencias			
				kg CO ₂ -eq	% municipios ^a	Factor recogida ^b	MJ (Electricidad energía eólica)
Campaña Prueba piloto	251,52	1,4		1.010	281	0,03	0,0001
Primer año de la campaña (2009)	49.590,38	22,1	1,0	199.004	55.279	5,75	0,01
Quinto año de la campaña (2013)	453.127,85	83,2	8,3	1.819.975	505.549	52,56	0,10
Último año de la campaña (2018)	543.227,69	91,3	10,0	2.182.189	606.164	63,02	0,12

- a) El porcentaje de municipios participantes se calcula como el número de municipios cero respecto al total de municipios cero de Catalunya.
- b) El factor de recogida indica el aumento de recogida de juguetes respecto al primer año de la campaña.
- c) Número de aerogeneradores Vergnet GEV 6/5 5 kW que generarían la energía eléctrica que evitara el mismo impacto en acidificación que el evitado por la campaña.
- d) Número de aerogeneradores Gamesa modelo G80 1.500 kW que generarían la energía eléctrica que evitara el mismo impacto en acidificación que el evitado por la campaña.

Formación de oxidantes fotoquímicos

Es el efecto irritante y oxidante que se produce por la generación de ozono debida a la presencia en la troposfera de algunos gases, como los compuestos orgánicos volátiles. Es un impacto debido principalmente a los gases de escape de vehículos y a la obtención de electricidad.

Medida en número de vehículos diésel que deberíamos sustituir por coches eléctricos en la ciudad de Barcelona para evitar las emisiones de SO₂ equivalentes, se tiene que 1 km recorrido en vehículo diésel, de cilindrada media 1,4–2,0 L y valores de emisión marcados por estándar Euro3, genera 2,23 10⁻⁵ kg eteno-eq (GaBi-4 2007).

Por lo tanto, evitar 0,29 kg eteno-eq, correspondiente al ahorro obtenido en la campaña de la prueba piloto, sería equivalente a evitar la formación de oxidantes fotoquímicos que produciría la contaminación de un coche en una ciudad después de recorrer unos 13.222 km, o

bien, la contaminación que generarían en una ciudad unos 1.322 coches realizando un desplazamiento de unos 10 km cada uno (acompañando a los niños al colegio, por ejemplo). O bien, equivaldría a sustituir algo más de 4 coches diésel por coches eléctricos en una ciudad como Barcelona (suponiendo 10 km diarios 300 días al año).

Si la campaña se prolongase durante los 10 años siguientes, la previsión del ahorro de impacto, siguiendo los mismos criterios anteriores, sería: un ahorro de 38,21 kg eteno-eq, en el primer año de la campaña, 345,49 kg eteno-eq en el quinto año de la campaña y 414,20 kg eteno-eq en el último año de la campaña. Este ahorro equivaldría a evitar la contaminación que produciría un coche en una ciudad después de recorrer unos 1,7 millones de km, o bien, la contaminación que generarían en una ciudad unos 171.337 coches realizando un desplazamiento de unos 10 km cada uno (acompañando a los niños al colegio, por ejemplo), o bien, equivaldría a sustituir unos 571 coches diésel por coches eléctricos en una ciudad como Barcelona (suponiendo 10 km diarios 300 días al año) en el primer año de la campaña; evitar la contaminación que produciría un coche en una ciudad después de recorrer unos 15,4 millones de km, o bien, la contaminación que generarían en una ciudad unos 1.549.263 coches realizando un desplazamiento de unos 10 km cada uno (acompañando a los niños al colegio, por ejemplo), o bien, equivaldría a sustituir unos 5.164 coches diésel por coches eléctricos en una ciudad como Barcelona (suponiendo 10 km diarios 300 días al año) en el quinto año de la campaña; y evitar la contaminación que produciría un coche en una ciudad después de recorrer unos 18,6 millones de km, o bien, la contaminación que generarían en una ciudad unos 1.857.401 coches realizando un desplazamiento de unos 10 km cada uno (acompañando a los niños al colegio, por ejemplo), o bien, equivaldría a sustituir unos 6.191 coches diesel por coches eléctricos en una ciudad como Barcelona (suponiendo 10 km diarios 300 días al año) en el último año de la campaña.

Este ahorro equivalente se muestra de forma resumida en la tabla 3-24.

Tabla 3-24. Estimación del ahorro de impacto en oxidantes fotoquímicos debido a la campaña extendida a Catalunya durante 10 años.

	Contaminante ahorrado			Equivalencias		
	kg eteno-eq	% municipios ^a	Factor recogida ^b	km	Coches ^c	Coches eléctricos ^d
Campaña Prueba piloto	0,29	1,4		13.222	1.322	4,4
Primer año de la campaña (2009)	38,21	22,1	1,0	1.713.368	171.337	571
Quinto año de la campaña (2013)	345,49	83,2	8,3	15.492.626	1.549.263	5.164
Último año de la campaña (2018)	414,20	91,3	10,0	18.574.014	1.857.401	6.191

- a) El porcentaje de municipios participantes se calcula como el número de municipios cero respecto al total de municipios cero de Catalunya.
- b) El factor de recogida indica el aumento de recogida de juguetes respecto al primer año de la campaña.
- c) Número de coches diésel 1,4 – 2,0 L circulando por la ciudad de Barcelona que evitarían la misma cantidad de impacto de oxidantes fotoquímicos que la evitada por la campaña.
- d) Número de coches eléctricos circulando por la ciudad de Barcelona que evitarían la misma cantidad de impacto de oxidantes fotoquímicos que la evitada por la campaña.

3.7. Conclusiones

Los resultados de la evaluación ambiental realizada muestran que el modelo propuesto es, de forma global, ambientalmente beneficioso. Aún en el peor de los casos (tomando los resultados de un primer año de campaña, es decir, un bajo porcentaje de juguetes recuperados, gran esfuerzo de comunicación y considerando que sólo se reciclan los metales y las placas de circuito impreso), si se extendiera la campaña a toda Catalunya, se conseguiría disminuir los impactos ambientales siguientes:

- Agotamiento de recursos abióticos: se ahorrarían un mínimo de 549 kg Sb-eq.
- Acidificación: se ahorrarían un mínimo de 614 kg SO₂-eq, que equivale al SO₂ evitado en la ciudad de Barcelona en un año al sustituir 589 vehículos diésel por vehículos eléctricos o a evitar el consumo eléctrico para iluminación de 190 viviendas en un año.

- Eutrofización: se ahorraría un mínimo de 40 kg PO₄-eq, que equivale a evitar la eutrofización producida por los habitantes de la ciudad de Igualada (36.000 habitantes) durante algo más de medio día.
- Calentamiento global: se ahorraría un mínimo de 44.719 kg CO₂-eq, que equivale a evitar el consumo eléctrico en iluminación de 98 viviendas durante 1 año o a la energía eléctrica producida por 5 pequeños aerogeneradores de 5 kW en 1 año.
- Formación de oxidantes fotoquímicos: se ahorraría un mínimo de 42 kg eteno-eq, que equivale a las emisiones evitadas en la ciudad de Barcelona al sustituir 631 coches diésel por coches eléctricos.

Esta evaluación ambiental se ha llevado a cabo a partir del resultado más desfavorable, o sea, el conseguido en la primera fase de la campaña, con un porcentaje de recogida medio de 1,9 % (siendo 1,7 % el de juguetes reciclados y 0,2 % el de juguetes reutilizados).

Si esta campaña se extendiera durante 10 años a Catalunya y a todo el Estado español el balance, beneficios ambientales menos costes de la campaña, sería todavía mucho más favorable ya que los materiales elaborados para la campaña se amortizarían más fácilmente al ser utilizados por muchas más escuelas. En el décimo año de su implantación se puede llegar a evitar, respecto a los costes ambientales de la implantación de la campaña, unos impactos 170 veces superior en acidificación, 80 veces superior en eutrofización, 100 veces superior en calentamiento global y 110 veces superior en formación de oxidantes fotoquímicos, tal como se observa en la figura 3-2.

Los principales beneficios del sistema propuesto son:

- Una mejora en la fracción de juguetes reutilizados, debido a que el sistema logístico de recogida permite y contempla esta reutilización.
- Se mejora también sustancialmente la proporción de juguetes reciclados.

Capítulo 4. Evaluación económica

4.1. Metodología utilizada

Para realizar la evaluación económica de este estudio se utiliza la metodología del análisis coste-beneficio que sirve para evaluar si un proyecto de inversión o una política pública aportan a la sociedad beneficios que compensen los costes que supone su ejecución.

Cualquier proyecto que se quiera llevar adelante, ya sea una inversión en la protección del medio ambiente o cualquier otra empresa, comportará decisiones que afectarán al bienestar social. Identificar, cuantificar y comparar los beneficios y costes de los proyectos de inversión es un requisito necesario para introducir racionalidad económica en la utilización de los recursos (DE RUS MENDOZA 2008).

Ya desde la segunda mitad del siglo pasado se desarrollaron una serie de métodos para la aplicación social del coste-beneficio de la inversión en el entorno de los países desarrollados. Estos métodos no se han llegado a aplicar de una forma más general hasta hace pocos años. En la aplicación de este método, al calcular el coste-beneficio, se debe tener en cuenta la tasa de descuento, que para los proyectos orientados a la evaluación social es conveniente que sea un valor socialmente aceptable (LAYARD et al. 1994).

La evaluación económica del modelo de recogida de residuos propuesto de la campaña se ha llevado a cabo utilizando la metodología del análisis coste-beneficio incluyendo también los beneficios ambientales y sociales de las externalidades, de forma cuantitativa cuando se han obtenido datos referidos a estos indicadores o de forma cualitativa cuando no ha sido posible (F. Fòrum Amb 2009).

Para la evaluación económica, de forma similar a la evaluación ambiental, se ha considerado que la recogida de juguetes que se lleva a cabo mediante la campaña es adicional (se suma) a la que se recogería en los puntos limpios de no realizarse dicha campaña. Es decir, que los juguetes que se recogen, de no ser por esta campaña, irían a vertedero mezclados con la fracción de rechazo. Por lo tanto, evitar que los juguetes acaben en el vertedero para conseguir que vayan a una instalación de reciclaje es una parte de la evaluación económica planteada (COVEC 2007).

Para el análisis económico del coste-beneficio se utilizará como indicador estático el cálculo del período de retorno de la inversión (PRI) que sería el número de años que se necesitan para recuperar el dinero invertido (a través de las ganancias anuales obtenidas). Como indicadores dinámicos se utilizarán los cálculos del VAN (valor actual neto) y de la TIR (tasa interna de retorno), que tienen en cuenta la variación de los valores económicos según el interés de mercado, lo cual nos puede ayudar a determinar la viabilidad de la campaña cuando se extiende a lo largo de un período de tiempo futuro.

Para el cálculo de los indicadores económicos se utiliza la tasa de descuento social, recomendada para proyectos gubernamentales por la Comisión Europea, del 3,5 % (según acuerdo tomado para el programa de asignación de fondos estructurales y de cohesión en el período 2007-2013).

El VAN indica la acumulación de ganancias contabilizadas en valor actual, según tasa de descuento social, de forma que si el VAN es positivo indica que las ganancias en valor actual son superiores a los costes y por lo tanto el proyecto es viable, mientras que si el VAN es negativo los costes serán superiores a las ganancias y, por lo tanto, no habrá beneficios, lo cual hace el proyecto inviable.

El VAN ayuda a determinar si los beneficios son superiores a los costes reducidos a valores actuales del período de n años considerado. Lo calculamos como:

$$VAN = \sum_{t=0}^{n-1} \frac{I_t - C_t}{(1 + i)^t}$$

donde:

- I ingresos obtenidos
- C costes necesarios

- t tiempo en años
 i tasa de descuento social
 n número de años considerado

La TIR sería el tipo de interés que hace que el VAN sea cero. Si este interés es superior a la tasa de descuento social, nos indica que las ganancias obtenidas estarían dando un interés superior a la tasa de descuento social, y viceversa.

Para cuantificar estos índices económicos referidos a la campaña, que comporta la opción de reciclado frente la opción de vertido directo, se tiene que analizar el ahorro obtenido y los costes que se generan (COVEC 2007). Así, algunos de los ahorros y costes que se pueden tener en cuenta son: reducción en vertederos, ahorro asociado al reciclaje, clasificación y separación de residuos, reducción de vertidos ilegales, etc. (W.S.-D.E. 2008).

Para nuestro estudio se han resumido los indicadores que intervienen en el proceso, realizando un balance de ingresos menos costes (ver la tabla 4-1).

Tabla 4-1. Ingresos y costes económicos asociados a la campaña de recogida de juguetes.

	Ingresos	Costes
	Juguetes recuperados Materiales reciclados Mixtos no férricos Metales férricos Metales no férricos Pilas y baterías Ahorro de recogida y transporte Ahorro de gestión en vertedero	Inversión inicial y mantenimiento Elementos comunicación campaña Contenedores recogida Transportes campaña Coordinación y separación de juguetes Actividades en escuelas
	Ahorro en emisiones: Acidificación (SO ₂), Calentamiento global (CO ₂) y Formación de oxidantes fotoquímicos Ahorro en sistemas de depuración de aguas (eutrofización) Ahorro de energía	
Beneficio =	Σ Ingresos	- Σ Costes

Los ingresos obtenidos por la campaña se calculan cuantificando la venta de los juguetes reutilizados (en mercados de juguetes usados), la venta de los materiales recuperados a partir de los juguetes reciclados, y el ahorro de recogida y gestión de éstos al no ser tratados como residuos urbanos.

Además de los ingresos y el ahorro directo mencionado también se han querido cuantificar algunas externalidades, como es el caso de la cuantificación económica de los impactos ambientales evitados, que tienen en cuenta el ahorro en emisiones de gases, en depuración de aguas residuales y en consumo de energía.

Los costes de la campaña se calculan cuantificando el coste de fabricación de los materiales de difusión (dípticos, imanes y pósters), la compra de los contenedores, los gastos de transporte y los de separación y clasificación de los juguetes recogidos. También se incluye el coste de las actividades de difusión y sensibilización para los alumnos que pudieran realizarse en las escuelas por entidades ajenas.

Ingresos por reutilización de juguetes:

Los juguetes recogidos son inspeccionados, separándose los que aún están en buen estado y pueden funcionar correctamente de los que están dañados. Los juguetes en buen estado se podrían llevar a un mercado secundario de segunda mano, que actualmente en España no existe de forma organizada, para su venta, y los dañados se llevan a una empresa de reciclaje.

Algunos de los juguetes recuperados, en lugar de venderse, se han regalado a campañas solidarias para familias necesitadas.

Los ingresos que se obtendrían de la venta de los juguetes reutilizados se han tenido que estimar al no existir en España un mercado de juguetes de segunda mano organizado, por lo que no se dispone de estadísticas de precios. La estimación del precio de venta por kg de juguete se ha realizado de la siguiente forma:

- Se ha obtenido un precio medio por kg de juguete nuevo vendido.
- El kg de juguete nuevo incluye un envase o embalaje que muchas veces no se guarda y por lo tanto no se recogerá en la campaña. Así pues, se descontará del juguete nuevo un porcentaje de su peso para obtener un precio por kg de juguete sin embalaje.

- Se ha estimado un porcentaje de depreciación del juguete por el hecho de ser de segunda mano.

Los juguetes recuperados que puedan venderse en el mercado de segunda mano irán a personas que no comprarían este mismo juguete nuevo, con lo cual, estas ventas no sustituye a los juguetes nuevos. Como estos juguetes servirán para el juego como los nuevos, la función que tienen para los niños será la misma que la de los juguetes nuevos. Por lo tanto, el valor económico de estos juguete debería ser el mismo que el del juguete nuevo, descontando el valor del embalaje que llevaban cuando eran nuevos y que ya no tienen.

Esta diferencia del precio de estos juguetes, respecto de la estimación del precio anterior, vendría compensada por el valor de una externalidad social que tendría en cuenta la función o valor social que este juguete ha dado a familias más necesitadas.

Ingresos por reciclaje de juguetes:

Los juguetes dañados se destinan a una empresa de reciclaje que separa los distintos materiales para su posterior venta. La venta de los materiales recuperados reportará unos ingresos según el precio de venta de éstos en el mercado. A estos ingresos deberían restársele los costes del tratamiento necesario para obtenerlos. Estos costes de tratamiento para el reciclaje son asumidos por los productores de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) a través de los sistemas integrados de gestión (SIG), que a su vez ya los han repercutido en el consumidor del producto. Por lo tanto, estos costes no se han considerado en nuestro estudio.

Ahorro de recogida y transporte:

Es el ahorro que obtiene el municipio al disminuir la cantidad de residuos urbanos que ha de recoger y transportar a vertedero. Los residuos de juguetes recogidos en la campaña son residuos que se han recogido a través de otro circuito distinto del de la recogida normal de los residuos urbanos, por lo tanto puede descontarse un coste para el municipio que no es nada despreciable.

Ahorro de gestión en vertedero:

La cantidad de residuos de juguetes recogidos por la campaña deja de ir a vertedero, comportando por tanto un ahorro de costes de gestión y tasas correspondientes. Los costes de vertido de la parte de juguetes reciclados que no se aprovecha ya se ha contabilizado dentro de los costes de reciclaje correspondientes a la planta de reciclaje.

Ahorro en emisiones de SO₂, CO₂ y FOF

La recuperación de juguetes en buen estado para su posterior venta y el reciclaje de los materiales de los juguetes estropeados comportarán un ahorro en materiales y en los procesos de fabricación de juguetes que a su vez disminuirán las emisiones de estos gases que se producirían si se tuvieran que obtener estos materiales como materias primas y se tuvieran que fabricar los juguetes recuperados.

El ahorro en emisiones de gases contaminantes se ha contabilizado económicamente como el ahorro en el costo de un sistema de depuración que disminuyera la misma cantidad de contaminantes evitada.

Así, el ahorro de las emisiones de los óxidos de azufre se valora como el coste económico que supondría la eliminación de estos gases mediante un sistema de depuración de gases por absorción química con alguna disolución alcalina como el hidróxido de calcio o por adsorción con carbón activo.

El ahorro de las emisiones de dióxido de carbono se valora económicamente según el precio de este gas en el mercado organizado de compra-venta de derechos de emisión.

Las emisiones de algunos contaminantes primarios, como los compuestos orgánicos volátiles, producen en determinadas condiciones climáticas la formación de oxidantes fotoquímicos (FOF). El ahorro de estas emisiones se valora económicamente según el coste de eliminación de estos gases mediante sistemas de adsorción con carbón activo.

Ahorro de contaminantes en aguas (eutrofización):

El ahorro derivado de los materiales reciclados y los juguetes reutilizados evitará la emisión de aguas residuales con materia orgánica en suspensión, equivalente a cantidades de PO₄-eq o

en valores de DQO (demanda química de oxígeno), que provocaría unos costes de depuración similares a los de depuración de aguas residuales urbanas o procedentes de sectores como el de la industria alimentaria.

Ahorro de energía:

Si conociéramos la cantidad de energía ahorrada por el hecho de reutilizar o reciclar los juguetes, podríamos cuantificar económicamente este gasto por el precio de la energía en España.

Inversión inicial y mantenimiento:

Corresponde al diseño y planificación de la campaña, la creación de los elementos de comunicación, el diseño de la imagen y los materiales para profesores y alumnos, el diseño y creación de la página web de la campaña, y el diseño y la producción del vídeo. El mantenimiento y la actualización de estos materiales de comunicación también comportarán un coste anual.

Costes en elementos de comunicación y contenedores:

Los elementos de comunicación utilizados son dípticos, pósters y manuales de usuario para profesores y alumnos fabricados con papel-cartón. También se utilizaron imanes que se distribuyeron a cada alumno participante. Se han utilizado dos tipos de contenedores, unos de plástico y otros de cartón.

Se han cuantificado los costes a partir del coste unitario de los distintos elementos utilizados.

Costes del transporte:

Se calculan a partir de los km recorridos en los distintos viajes de recogida realizados a las escuelas y los viajes necesarios para transportar los juguetes estropeados a la planta de reciclaje. Se tiene en cuenta el consumo de combustible, el coste de los operarios según las horas de dedicación y las amortizaciones y otros gastos del vehículo.

Costes de coordinación y separación de los juguetes:

La entidad coordinadora de la campaña en el municipio, normalmente una ONG, es la encargada de coordinar las recogidas de juguetes de las escuelas y su clasificación y separación.

Se han cuantificado los costes de personal necesarios para realizar dichas actividades.

Costes de las actividades en las escuelas:

Se han preparado y ejecutado en algunas escuelas, en forma de talleres, actividades puntuales de sensibilización y formación sobre la composición de los juguetes con componentes eléctricos y electrónicos y la importancia de su correcta gestión.

El coste total de estos talleres, impartidos por monitores especializados, se ha calculado como la suma del coste de preparación de la actividad y el de su realización en las escuelas.

Evolución de los costes a 10 años extendiendo la campaña a toda Catalunya y a España:

Para la realización de las pruebas piloto de la campaña se necesita una inversión inicial elevada que proviene del sistema integrado de gestión de los residuos o de las entidades gestoras de este sistema.

En la extensión de la campaña durante el período estudiado de 10 años se ha considerado la utilización del conocimiento y los materiales generados en las pruebas piloto sin amortizar la costosa inversión inicial, es decir, se ha evaluado la viabilidad económica de la campaña considerando la inversión inicial como una inversión a fondo perdido. En las pruebas piloto, esta inversión inicial la realizó ECOTIC como parte de su programa de sensibilización para incrementar el aumento de recogida de RAEE entre los ciudadanos. Con esta inversión se pudieron poner en marcha las pruebas piloto, de las que se han extraído los datos para la posterior confección de este estudio.

Los costes que supone extender la campaña a Catalunya y España se calculan a partir de los costes de implantación de la campaña en un municipio “cero”, que se obtienen de los datos obtenidos en las pruebas piloto. Una vez calculados los costes para el municipio “cero” en el

primer año de la campaña, se extrapolan al conjunto de municipios que conforman Catalunya y España.

Para realizar el cálculo de los costes económicos a lo largo de los 10 años de extensión de la campaña, se ha considerado un incremento en la recogida de juguetes que será debido a una mayor sensibilización de las familias, a una variación de la población durante este período de tiempo y a un cambio en el número de escuelas y de alumnos participantes en la campaña.

También se tienen en cuenta los indicadores de inflación y las variaciones en los precios de las materias recuperadas en el proceso de reciclaje de juguetes.

Los precios de materias recuperadas se calculan a partir de los precios históricos de estas materias y de la previsión de precios para las materias primas para los siguientes 10 años realizada por el Banco Mundial en su informe anual de junio de 2011(WORLD BANK - GEP 2011) y en su boletín de noviembre de 2011 (WORLD BANK - CMR 2011). Siguiendo esta previsión se han calculado los precios para el hierro, el cobre y el petróleo. Estos precios son los que se utilizarán como precios de los materiales férricos, no férricos y mixtos no férricos (básicamente plásticos) obtenidos del reciclaje de los juguetes estropeados.

No se han encontrado datos sobre el mercado de los plásticos reciclados, ya que es un mercado muy reciente como materia prima y, por lo tanto, no hay datos de previsión de su precios en un futuro cercano. Se ha establecido una relación de la evolución de su precio con la del precio del petróleo, ya que la mayoría de los plásticos proceden del petróleo.

4.2. Análisis económico de la campaña

4.2.1. Costes de la campaña

Para la creación de la campaña se realiza una inversión inicial en el diseño de la misma: imagen, materiales, página web y cortometraje explicativo. Esta inversión inicial, que es independiente del número de escuelas que participan en la campaña, la realizó ECOTIC dentro del proyecto R-CICLEJOGUINA. Ver la tabla 4-2.

Tabla 4-2. Inversión inicial de la campaña R-CICLEJOGUINA.

Conceptos	Costes (€)	Observaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la campaña, informes y resultados (ESCI) 	8.500,00	Se considera que esta inversión generará beneficios durante 10 años.
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño imagen y materiales 	10.000,00	La inversión en manual, video y página web son independientes del número de ciudades involucradas en la campaña.
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño cortometraje 	4.500,00	
<ul style="list-style-type: none"> • Página web 	1.146,47	
Total	24.146,47	

Nota: Precios extraídos del presupuesto de implantación de la campaña.

A partir del primer año de la campaña, una vez realizada la inversión inicial, los costes anuales incluirán solamente los derivados de la distribución de materiales: guía para profesores, dípticos e imanes para los alumnos, pósters y contenedores para las escuelas. También se debe añadir el coste anual de la ONG que coordina la campaña y la recogida de juguetes en el municipio.

Además deben tenerse en cuenta los talleres de sensibilización que se puedan realizar en las escuelas que lo soliciten.

Tabla 4-3. Costes anuales de la campaña R-CICLEJOGUINA.

Conceptos	Costes (€)	Coste unitario (€/u.)
<ul style="list-style-type: none"> • Dípticos 	2.610,00	0,13
<ul style="list-style-type: none"> • Imanes 	147,36	0,01
<ul style="list-style-type: none"> • Pósters 	405,00	3,75
<ul style="list-style-type: none"> • Contenedor cartón + vinilo (41+41) 	117,50	2,87
<ul style="list-style-type: none"> • Contenedores plástico (22) 	1.259,77	57,26
<ul style="list-style-type: none"> • Guías de profesores y alumnos 	1.390,53	9,27
<ul style="list-style-type: none"> • DVDs profesores (150) 	582,00	3,88
<ul style="list-style-type: none"> • ONG para la coordinación y recogida en las escuelas. 	2.795,76	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> Coste fijo de coordinación 		600,00
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> Coste por km recorrido 		1,75
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades en escuelas (30) 	2.204,00	73,47
Total	11.511,92	

Nota: Precios extraídos del presupuesto de implantación de la campaña.

Los costes anuales de la campaña que se recogen en la tabla 4-3, se han calculado como la media de costes anuales reales de las dos primeras pruebas piloto, es decir las campañas realizadas en el año 2007 y 2008, en los 3 municipios participantes.

4.2.2. Ingresos obtenidos de la campaña

Los ingresos directos de la campaña serán los procedentes de la venta de los juguetes reutilizados, la venta de los materiales recuperados del reciclado de juguetes y el ahorro, por parte del municipio, en la recogida, transporte y gestión en vertedero de la cantidad de juguetes recogidos en la campaña, que no se tendrán que tratar como residuos urbanos.

Juguetes reutilizados:

Los juguetes reutilizados se pueden vender en el mercado de segunda mano que, de forma esporádica y no generalizada, tienen ciertas asociaciones con fines sociales. Su valor de venta puede oscilar entre el 5 % y el 20 % del precio de venta del juguete nuevo según el tipo de juguete y sus desperfectos (SOLIDANÇA 2010).

Si los juguetes se vendieran a un precio que fuera el del juguete nuevo, descontándole el embalaje que ha perdido y su envejecimiento por el uso, su precio podría ser de aproximadamente del 75 % de su precio en estado nuevo. Esta consideración de precio se justifica por la función social que aporta. Como no se pueden determinar unos ingresos reales solamente por su función social, esta opción se contempla como un caso de estudio en el análisis de sensibilidad del apartado 5.3.

Se calcula que el juguete nuevo vendido en una tienda puede costar entre unos 9,3 € y 10,75 € por kilogramo. Este valor es el promedio de una muestra representativa de juguetes con componentes eléctricos y electrónicos que se pueden encontrar en una tienda de tamaño mediano dedicada a su venta y ubicada en Igualada (Magatzems FARO 2011). Se toma como valor la media de los valores anteriores, que es de 10,03 € por kilogramo de juguete.

Como los juguetes recogidos no tendrán el embalaje que llevan los juguetes nuevos vendidos en la tienda, debemos descontar del peso de juguetes recogidos la parte de embalaje que habían llevado cuando eran nuevos. Los datos disponibles sobre embalaje de juguetes son de unos ejemplos de juguetes con embalajes muy dispares. Para conocer en promedio el

embalaje que pueden llevar los juguetes nos hemos basado en tres estudios conocidos de ejemplos de juguetes realizados dentro del proyecto “ECOJOGUINA – Proyecto de demostración de ecodiseño en el sector del juguete con componentes eléctricos y electrónicos”. Los juguetes estudiados son: Osito Winnie the Pooh cuentos y canciones, Conector Enciclopedia (EDUCA) y Digital Kit ®NINCO. Los pesos de embalaje y del resto de componentes del juguete se encuentran en la tabla 4-4.

Tabla 4-4. Composición de tres juguetes ejemplo.

Composición	Osito Winnie the Pooh cuentos y canciones	Conector Enciclopedia (EDUCA)	Digital Kit ®NINCO
Embalaje (kg)	0,313	0,009	0,451
Otros elementos (kg)	0,728	0,741	1,665
Total (kg)	1,041	0,749	2,116
Porcentaje de embalaje (%)	30,07	1,16	21,32

En el juguete Conector Enciclopedia (EDUCA) prácticamente la misma caja contenedora sirve para guardar el propio juguete de manera que la parte del embalaje que no tiene ninguna utilidad para el uso de este juguete es mínima. No es el caso de la mayoría de los juguetes que llevan una buena parte de embalaje que acaba rápidamente como residuo. Por lo tanto, este juguete no es representativo del conjunto de juguetes existentes en el mercado.

Así, tomamos como valor de embalaje promedio de los juguetes una media de los otros dos juguetes que será del 25,7 % y, por lo tanto, debemos restar este porcentaje del peso de los juguetes nuevos para calcular el precio medio por kg de juguete recuperado.

Si como precio medio de venta del juguete nuevo habíamos tomado el valor de 10,03 €/kg, al descontar el embalaje, el precio del juguete nuevo será de 13,60 €/kg. Teniendo en cuenta la variación del precio del juguete de segunda mano respecto del juguete nuevo, según los datos facilitados por la asociación Solidança (SOLIDANÇA 2010), se puede tomar como precio de venta de este tipo de juguetes usados un valor que puede oscilar entre los 0,59 €/kg y 3,07 €/kg, lo que suponen un precio final del juguete de segunda mano de 1,83 €/kg.

En la tabla 4-5 se ofrece el resumen de la estimación del precio de los juguetes usados puestos en el mercado de segunda mano.

Tabla 4-5. Resumen de los precios de los juguetes recuperados.

	Precio del juguete nuevo (€/kg)	Embalaje juguete nuevo (%)	Precio del juguete nuevo sin embalaje (€/kg)	Depreciación juguete usado (%)	Precio final (€/kg)
Margen de valores	9,3 – 10,75	21,32 – 30,07	11,82 – 15,37	95 - 80	0,59 - 3,07
Valor utilizado	10,03		13,60		1,83

Juguetes reciclados:

Los juguetes estropeados irán a reciclaje, de forma que, sabiendo el peso en kg de juguetes que se destinan al reciclaje y su composición media, se puede calcular el total de materiales obtenidos por el reciclaje de estos juguetes.

La composición media de los juguetes se ha determinado a partir de los datos obtenidos de la empresa de reciclaje de RAEE (ELECTRORECYCLING 2009) y de los datos extraídos de un ejemplo de juguete, el osito Winnie the Pooh cuentos y canciones (MUÑOZ et al. 2008), tal como se describe en el apartado 3.2 (ver la tabla 3-2).

Los precios de venta de los distintos materiales y los costes económicos del reciclado, la separación y la clasificación de estos materiales, han sido facilitados por la empresa (ELECTRORECYCLING 2009). Además, la empresa de reciclado recibe por parte del sistema integrado de gestión (SIG) de estos residuos una aportación cuya cantidad es equivalente a los costes de reciclado. De este modo, estos costes son asumidos por el sistema de gestión que, a su vez, habrá obtenido las tasas correspondientes que han pagado los consumidores en la compra del producto. Así, el beneficio obtenido del reciclaje proviene de la venta de los materiales recuperados en el proceso.

El valor de venta de los materiales recuperados es muy variable, ya que los precios se van actualizando diariamente en función de la oferta y la demanda. Se puede prever que habrá un margen de variación de estos precios que puede estar dentro de un intervalo de $\pm 25\%$.

El valor económico de los materiales obtenidos del reciclaje de juguetes, así como su coste de obtención, se encuentra en la tabla 4-6.

Tabla 4-6. Valor económico de los materiales obtenidos del reciclaje de los juguetes
(ELECTRORECYCLING 2009).

Composición	Composición considerada	Gestión actual	Valor de venta ^b (€/kg)	Coste del reciclaje ^c (€/kg)
Mixtos no férricos	76 %	Vertido/Reciclaje ^a	0,025	0,250
Metales férricos	13 %	Reciclaje	0,169	0,250
Metales no férricos	9,5 %	Reciclaje	0,500	0,250
Pilas y acumuladores ^d	1 %	Reciclaje	--	--
Placas de circuito impreso ^e	0,5 %	Reciclaje	0,500	0,250

- a) La recuperación de esta fracción, formada principalmente por plástico, no se ha considerado en la evaluación ambiental (apartado 3.2). Pero en la actualidad se recupera como un granulado plástico utilizado como materia prima en otros procesos.
- b) El valor de venta de los materiales puede oscilar en un margen del ± 25 %.
- c) El coste de reciclaje es el coste promedio de la separación de los materiales de los diferentes RAEE de la categoría 7. Este coste queda compensado con la aportación del SIG.
- d) Las pilas y los acumuladores no se destinan a la venta, entran directamente en el circuito de reciclaje de este tipo de residuos que ha establecido la administración.
- e) Las placas de circuito impreso se contabilizan junto con la fracción de metales no férricos destinada a la valorización de metales como el cobre. Su porcentaje se suma al de metales no férricos.

Ahorro en vertido de residuos sólidos urbanos:

La cantidad de juguetes recogidos en la campaña disminuye el peso de los residuos urbanos que se deben recoger, transportar y gestionar en vertedero. Los costes promedio de recogida y gestión de estos residuos para un municipio “cero” en Catalunya se encuentran en la tabla 4-7 (Aj. d'Igualada 2011). Este dato es representativo en Catalunya, pero no coincidirá exactamente para el resto del Estado español, ya que en muchas comunidades autónomas no tienen instaurado el canon de vertido. De todas formas, este canon solo representa aproximadamente un 6 % del total de los costes de gestión, recogida y transporte. Teniendo en cuenta que los costes anteriores tendrán pocas variaciones entre comunidades autónomas, ya que son costes de operaciones, la variación que pueda haber en este coste no será significativa.

El ahorro económico que supone la recogida de los juguetes en las escuelas, evitando así su vertido, se ha contabilizado a partir de los datos de la tabla 4-7.

Tabla 4-7. Costes económicos de la recogida y la gestión de los residuos sólidos urbanos.

Concepto	Coste operación (€/kg)	Total (€/kg)
Gestión en vertedero		0,070
Gestión	0,060	
Canon de vertido	0,010	
Recogida y transporte		0,088
Recogida	0,048	
Transporte a vertedero	0,040	

Ahorro debido a externalidades: emisiones de gases, contaminantes de aguas y consumo de energía

Emisiones de SO₂ evitadas

Los óxidos de azufre se pueden depurar del aire mediante dos tipos de procesos: por absorción química mediante una disolución alcalina o por adsorción mediante carbón activo. Como disolución alcalina se puede emplear el hidróxido de calcio por su facilidad de utilización y por su bajo coste.

El coste económico que supone la eliminación de estos gases mediante estos sistemas de depuración se calcula sumando la amortización de la instalación al coste de funcionamiento de la instalación y de tratamiento de los residuos generados.

Así, una instalación de absorción con hidróxido de calcio puede tener un coste de inversión de 40.000 €, pudiendo tratar unos 15.000 m³/h de aire con SO₂ a una concentración de 200 ppm. La instalación producirá unos 18.630 kg al mes de residuos en forma de fangos con una concentración de sulfitos y sulfatos de calcio en suspensión del orden del 25 % que deben tratarse como un residuo especial (PLASTOQUÍMICA 2011). El coste de tratamiento de estos fangos será de 0,15 €/kg (ECOIMSA 2011), el coste del hidróxido de calcio con un 5 % de humedad para el tratamiento es de 0,095 €/kg y el coste del transporte del residuo producido es de 0,027 €/kg (ECOCAT 2010). La cantidad de SO₂ eliminado por la instalación será de 25.920 kg al año.

El resumen de los cálculos efectuados para determinar el coste del proceso se muestra en la tabla 4-8, donde el coste unitario por kg de SO₂ absorbido es de 1,79 €.

Tabla 4-8. Coste económico de evitar emisiones de SO₂ por absorción con hidróxido de calcio.

	kg/mes	kg/año	Coste (€/kg)	Coste anual (€)
SO ₂ eliminado	2.160	25.920		
Amortización de la instalación (10 años)				4.000,00
Tratamiento de los fangos de depuración	18.630	223.560	0,15	33.534,00
Hidróxido de calcio	2.510	30.121	0,095	2.861,46
Transporte fangos	18.630	223.560	0,027	5.961,60
Total				46.357,06
Coste por kg SO₂ eliminado			1,79	

Si se utiliza el sistema de adsorción con carbón activo, el coste de la inversión en una instalación para limpiar una cantidad similar de 15.000 m³/h de aire con SO₂ de concentración 200 ppm sería de 36.000 € más el coste del carbón activo, de 504.000 €. Cada kg de carbón activo puede absorber 0,18 kg de SO₂. El precio del carbón activo es de 3,5 €/kg y el coste del tratamiento de este carbón un vez agotada su actividad y ya convertido en residuo es de 0,26 €/kg (Bioconservación 2011). El gasto energético de esta instalación será de 86.400 kWh al año.

El resumen de los cálculos efectuados para determinar el coste del proceso se muestra en la tabla 4-9, donde el coste unitario por kg de SO₂ tratado por este sistema con carbón activo es de 24,17 €.

Tabla 4-9. Coste económico de evitar emisiones de SO₂ con carbón activo.

	kg/mes	kg/año	Coste (€/kg)	Coste anual (€)
SO ₂ eliminado	2160	25.920		
Inversión en la instalación				36.000,00
Amortización (10 años)				3.600,00
Coste granulado de carbón	12.000	144.000	3,5	504.000,00
Cambio granulado de carbón	12.000	144.000	0,5	72.000,00
Gestión residuo granulado de carbón	12.000	144.000	0,26	37.440,00
Coste energético del equipo (86.400 kWh a 0,11 €/kWh)				9.504,00
Total				626.544,00
Coste por kg SO₂ eliminado			24,17	

Como se observa en estos dos procesos el coste del carbón activo es muy superior al del hidróxido de calcio, 35 veces superior, lo que hace que este segundo proceso tenga un coste prohibitivo. Aunque el carbón activo pueda servir para la eliminación de los óxidos de azufre, debido a su alto coste económico, es mucho más factible la utilización del primer sistema con hidróxido de calcio para la eliminación de estos gases. Una vez agotada la acción del carbón activo, éste se podría regenerar pero, dado el elevado coste de esta operación se ha optado por el cambio del granulado de carbón.

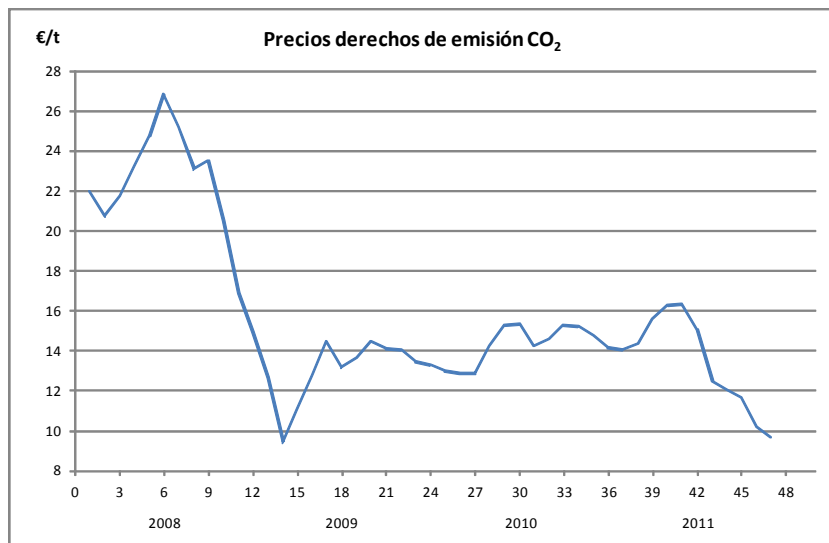
Emisiones de CO₂ evitadas

El ahorro de las emisiones de dióxido de carbono se valora económicamente según el precio de las emisiones de este gas en el mercado organizado de compraventa de derechos de emisión. Existe un mercado a nivel europeo y a nivel español (SENDECO2 2011).

El mercado funciona desde hace pocos años y es un mercado nuevo con poca perspectiva histórica en lo concerniente a los precios. Las oscilaciones de los precios han sido muy grandes, coincidiendo además con la última parte de la crisis financiera, que ha supuesto un descenso de estos precios.

A partir de los datos obtenidos del mercado de derechos de emisión de dióxido de carbono, (SENDECO2 2011), se observa que las variaciones de precios son muy elevadas durante el año 2008, manteniendo a partir de este año una cierta estabilidad en el precio con una variabilidad que se mantiene dentro de unos márgenes mucho más reducidos. A partir de finales del año 2010 se observa un descenso importante en los precios de emisión, coincidiendo con la parte más aguda de la crisis económica a nivel mundial, según se observa en la figura 4-1.

Figura 4-1. Precios de los derechos de emisión de CO₂ de los años 2008-11 y de los años 2009-11.



Como las pruebas piloto se realizaron durante los años 2007, 2008 y 2009 podemos utilizar como precio de las emisiones de dióxido de carbono la media que se produjo en el año 2008, que fue de 0,022 €/kg de CO₂ emitido.

El mercado internacional de derechos de emisión de CO₂ funciona desde 2005. Los precios del mercado han variado muchísimo, comenzaron con unos precios muy altos, demasiado para algunos expertos, y han bajado también muchísimo, demasiado también según muchas valoraciones. El precio máximo ha estado en torno a los 30 € y el precio mínimo sobre los 5 € por tonelada de CO₂ emitido.

Hay dos factores que afectan a la valoración de las cotizaciones de las emisiones: el mercado es relativamente nuevo, por lo que se necesita un tiempo para estabilizarlo, y la crisis actual

ha condicionado enormemente la evolución de este mercado, de tal forma que la importante disminución de la actividad económica ha influido en las emisiones industriales y, por lo tanto, en el uso de estos derechos y consecuentemente en su precio.

Es muy difícil realizar predicciones en un mercado que es parecido al de las cotizaciones de la bolsa, y aun más a largo plazo. La mayoría de los modelos prevén subidas del precio de los derechos de emisión ya que en la UE se prevé, que para la siguiente fase de sus planes y políticas energéticas (2013-2020), como consecuencia de su lucha contra el cambio climático, se propondrán reducciones mucho más elevadas de las emisiones de CO₂, del orden del 20% frente al 5% de la fase actual.

Los modelos de predicción de las emisiones tienen en cuenta diversas variables, en particular el precio del petróleo, la evolución de la tecnología y los objetivos de política económica.

En 2009 EcoSecurities llevó a cabo un estudio de las predicciones de los precios de las emisiones de CO₂ a medio y largo plazo con la aplicación de varios modelos, cuyos resultados se resumen en la tabla 4-10, donde se presentan predicciones de los 18 modelos de estudio más relevantes valorados por la Stanford University's Modeling Forum (EcoSCL 2009).

Tabla 4-10. Previsión del precio de emisiones de CO₂ para el 2025, según distintos modelos.

Modelo	\$/kg de CO ₂ (en dólares de 2000)	Modelo	\$/kg de CO ₂ (en dólares de 2000)
AIM	30,52	IMAGE	27,74
AMIGA	19,75	IPAC	23,84
COMBAT	21,58	MERGE	6,21
EDGE	1,50	MESSAGE	11,47
EPPA	30,16	MiniCAM	6,84
FUND	131,39	PACE	0,76
GEMINI-E3	24,22	POLES	23,46
GRAPE	3,38	SGM	62,94
GTEM	59,86	WIAGEM	11,31
Media		27,60	

Es probable que en las próximas décadas haya un uso más profundo de estos mecanismos de mercado, entre ellos el mercado de los derechos de emisión de CO₂, que conlleve una reducción de las emisiones y en consecuencia un aumento de los precios de referencia. (ALDY et al. 2011).

La aplicación de otro de los modelos más importantes de estudio de los efectos económicos del cambio climático, el modelo DICE-2011, predice un coste social del carbón para el año 2015 de unos 12 \$ por tonelada, expresado en dólares del año 2005. Este es un precio medio o base, pero dependiendo de las opciones de valoración el rango puede variar ampliamente (NORDHAUS 2011).

De lo anteriormente expuesto, y teniendo en cuenta la variabilidad de este mercado de emisiones de CO₂, que según el modelo de estudio elegido el precio de las emisiones de CO₂ puede tener valores de entre 1,5 y 131 \$, y que los estudios de previsión marcan una tendencia ascendente de los precios en este mercado, podemos suponer un rango de valores del precio de las emisiones de CO₂ de entre 15 y 35 € por tonelada de CO₂ emitido para los próximos años, lo que estaría dentro del rango de valores que prevén los modelos de estudio anteriores. Como precio para nuestro estudio de las emisiones de CO₂ utilizaremos un valor medio de 25 € por tonelada de CO₂ emitido.

Emisiones de FOF evitadas

Las emisiones de contaminantes primarios como los compuestos orgánicos volátiles (VOC) producen en determinadas condiciones climáticas la formación de oxidantes fotoquímicos (FOF). Para su eliminación se puede utilizar un proceso de adsorción con carbón activo.

Así, una instalación para eliminar unos 1.500 kg de C₂H₂ al año con carbón activo puede tener un coste de 15.000 € utilizando 7.500 kg de un preparado granulado de carbón activo.

Cada kg de carbón activo puede absorber 0,20 kg de C₂H₂, teniendo en cuenta que el precio del granulado de carbón activo para absorber este gas es de 2 €/kg y el coste del tratamiento de este carbón un vez agotada su actividad y ya convertido en residuo es de 0,26 €/kg (Bioconservación 2011). El gasto energético de esta instalación es de 48.000 kWh al año.

El resumen de los cálculos efectuados para determinar el coste del proceso se ofrece en la tabla 4-11. El coste unitario por kg de C₂H₂ absorbido por este sistema con carbón activo es de 19,02 €.

Tabla 4-11. Coste económico de evitar emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) con carbón activo

	kg/mes	kg/año	Coste (€/kg)	Coste anual (€)
C ₂ H ₂ eliminado	125	1.500		
Inversión en la instalación				15.000,00
Amortización (10 años)				1.500,00
Coste granulado de carbón	625	7.500	2	15.000,00
Cambio granulado de carbón	625	7.500	0,5	3.750,00
Gestión residuo granulado de carbón	625	7.500	0,26	1.950,00
Coste energético del equipo (57.600 kWh a 0,11 €/kWh)				6.336,00
Total				28.536,00
Coste por kg			19,02	

Eutrofización evitada

Las cantidades de PO₄-eq en valores de DQO (demanda química de oxígeno) ahorradas por la reutilización y el reciclaje de juguetes tendrían unos costes de depuración, en caso que se hubieran emitido, correspondientes a los costes de la depuración de estas materias en suspensión en una estación de depuración de aguas residuales. Así, 1 kg de DQO en el agua equivale a $2,2 \cdot 10^{-2}$ kg PO₄-eq (CML 2009).

Se han tomado los valores de coste de depuración de una depuradora industrial biológica concreta, que trata de aguas residuales industriales con un alto contenido de DQO (Iguadina Dep. R 2011). Para el parámetro de la DQO, incluyendo los costes de depuración y los costes fijos de gestión y la amortización de la instalación, se tiene un coste económico de 0,818 €/kg de DQO depurado. Este valor se encuentra en el resumen de datos de la tabla 4-12.

Consumo de energía evitado

La energía necesaria para la obtención de los materiales procedentes del reciclado y para la fabricación de juguetes nuevos que sustituyan a los recuperados se puede valorar

económicamente a partir de los precios de la energía para industria procedente de gas natural o de la generación de energía eléctrica vigentes en España (EUROSTAT 2011).

Para calcular la energía necesaria para la obtención de materiales y fabricación de juguetes se ha recabado información en los tres ejemplos de juguetes de los que se disponía, evaluados en el proyecto “ECOJOGUINA” y descritos anteriormente en este mismo apartado.

En estos ejemplos se realiza el cálculo de los impactos ambientales correspondientes a la fabricación de estos juguetes, pero en dicho cálculo no aparece de forma separada la energía necesaria para la fabricación del propio juguete ya que la cantidad de energía necesaria se encuentra agregada al resto del cálculo de los indicadores ambientales. Como no se han encontrado tampoco datos publicados de la cantidad de energía necesaria para la fabricación de juguetes, no se ha podido determinar este indicador económico en este estudio. Sería importante disponer de esta información para futuras evaluaciones más detalladas.

Como este aspecto ambiental no se ha podido incorporar en el estudio coste-beneficio debido a la falta de datos existentes, el resultado económico final podrá ser más favorable en un futuro si se puede disponer de esta información.

Resumen de los costes económicos de las externalidades

En la tabla 4-12 se encuentran resumidos los valores de los costes para cada uno de los indicadores de las externalidades contempladas en el presente estudio.

Tabla 4-12. Coste económico de evitar determinadas emisiones.

Concepto	Coste unitario
Emisiones de SO ₂ (absorción – hidróxido de calcio) (€/kg SO ₂ -eq)	1,79
Emisiones de SO ₂ (adsorción con carbón activo) (€/kg SO ₂ -eq)	24,17
Depuración de aguas (eutrofización) (€/kg DQO)	0,818
Emisiones de CO ₂ (€/kg CO ₂ -eq)	0,022
Formación de oxidantes fotoquímicos (FOF) (€/kg C ₂ H ₄ -eq)	19,02
Ahorro de energía (eléctrica) (€/kWh)	0,092
Ahorro de energía (gas natural) (€/kWh)	0,027

De los sistemas estudiados para la depuración de gases, concretamente el SO₂, se observa que el sistema de absorción con hidróxido de calcio es mucho más económico que el sistema de adsorción con carbón activo. Por lo tanto, utilizaremos el primer sistema para realizar los cálculos económicos de la campaña, ya que es el caso más desfavorable en relación con los ingresos que se podrían contabilizar en nuestro estudio, pero industrialmente sería el proceso económicamente más viable.

4.2.3. Resumen económico de la campaña

Para llevar a cabo el análisis económico de la campaña se ha tomado, igual que se ha hecho para la evaluación ambiental, el resultado del caso más desfavorable, o sea, el obtenido en la campaña del curso 2007-08, donde se recogieron una cantidad de juguetes de 503 kg de los cuales 78,5 kg fueron recuperados y 424,5 kg fueron reciclados según se ha indicado en el apartado 2.2.6.

Los ingresos que se obtienen en la campaña, procedentes de los juguetes recuperados, los materiales reciclados y el ahorro de gestión de estos residuos, son los que se muestran en la tabla 4-13, calculados tal como se indica en el apartado anterior.

Tabla 4-13. Ingresos económicos de los materiales de la primera campaña R-CICLEJOGUINA.

Concepto	Cantidad recogida (kg)	Valor (€/kg)	Ingresos (€)
Juguetes recuperados	78,50	1,83	143,87
Juguetes reciclados			
Mixtos no férricos	322,62	0,025	8,07
Metales férricos	55,19	0,169	9,33
Metales no férricos	42,45	0,500	21,23
Pilas y acumuladores ^a			
Placas de circuito impreso ^b			
Ahorro de gestión en vertedero	503,00	0,070	35,21
Ahorro de recogida y transporte	503,00	0,088	44,12
TOTAL			261,82

- a) Las pilas y los acumuladores no se destinan a la venta, entran directamente en el circuito de reciclaje de este tipo de residuos que ha establecido la Administración.
- b) Las placas de circuito impreso se contabilizan junto con la fracción de metales no férricos destinada a la valorización de metales como el cobre.

El valor económico de los materiales reciclados es el precio de venta ya que, tal como se ha indicado anteriormente, los costes de reciclado quedan compensados por las aportaciones que se realizan desde el sistema integrado de gestión de estos residuos.

Además, tal como se ha indicado anteriormente, a estos ingresos directos se les pueden sumar unos ingresos indirectos (la externalidades) correspondientes al ahorro en emisiones de gases, sistemas de depuración de aguas y energía provenientes de los juguetes recuperados y los materiales reciclados.

El ahorro en energía no se ha podido cuantificar debido a la falta de datos correspondientes a la fabricación de juguetes. Se podrían realizar cálculos más exactos si en un futuro se pudiera contabilizar este ahorro. De todas formas, una parte de las emisiones de gases que se producen en la generación de energía ya está incluida en el cálculo ambiental y en los impactos que se han determinado en los distintos indicadores de categorías de impacto calculados.

El indicador de eutrofización se ha medido como la cantidad de PO₄-eq. Como el indicador de depuración de aguas residuales se indica en valores de DQO, el ahorro de 0,281 kg de PO₄-eq correspondientes a la campaña sería equivalente a 12,77 kg de DQO depurados (CML 2009).

El ahorro anterior es el mostrado en la tabla 4-14, calculado tal como se indica en el apartado anterior.

Tabla 4-14. Ingresos económicos del ahorro en procesos de fabricación de la primera campaña R-CICLEJOGUINA.

Concepto	Cantidad ahorrada	Valor (€/kg)	Ingresos (€)
Emisiones de SO ₂ (absorción – hidróxido de calcio) (kg SO ₂ -eq)	4,964	1,788	8,88
Depuración de aguas (eutrofización) (kg DQO)	12,773	0,818	10,45
Emisiones de CO ₂ (kg CO ₂ -eq)	251,522	0,022	5,53
Formación de oxidantes fotoquímicos (FOF) (kg C ₂ H ₄ -eq)	0,295	17,345	5,11
TOTAL			29,97

El resumen de los costes e ingresos de la campaña se presenta en la tabla 4-15.

Tabla 4-15. Resumen financiero de la campaña R-CICLEJOGUINA.

Concepto	(€)
Inversión inicial	24.146,47
Costes anuales	11.511,92
Ingresos anuales materiales	261,82
Ingresos anuales por las externalidades	29,97
Resultado financiero	-35.366,60

Este resultado financiero negativo se ha compensado con la aportación que ha hecho la fundación ECOTIC para poner en marcha la campaña de recogida de juguetes. Una vez se tiene diseñada la campaña y los elementos de comunicación, éstos nos servirán para utilizarlos en futuras ediciones de la misma de manera que se pueda sacar más provecho de la inversión inicial.

El objetivo de la campaña no era obtener un beneficio económico inmediato sino comprobar que es factible la implantación del modelo propuesto y crear las condiciones necesarias para su extensión en un ámbito geográfico mayor. Así, esta inversión inicial ha servido para crear el conocimiento necesario para que se pueda extender la campaña a más municipios, haciéndola económicamente viable.

A continuación se ha querido calcular la viabilidad económica a 10 años, realizando un análisis económico coste-beneficio para comprobar la viabilidad de esta inversión inicial a lo largo de este período y al extenderse la campaña a Catalunya y España.

La continuidad de la inversión inicial se considera de manera que, durante el período estudiado de 10 años, la creación y planificación de la campaña, sufragadas con esta inversión para las pruebas piloto, se aprovechan también durante este período sin que se necesite realizarlas de nuevo.

4.3. Análisis económico (coste-beneficio) si la campaña se realizara durante 10 años extendida a Catalunya y a España

Para realizar este análisis se han considerado los datos relativos al municipio “cero” ya descrito en el apartado 2.3. Para el municipio “cero” se calculan los ingresos que se

obtendrían de los juguetes recuperados y de los materiales reciclados de la recogida obtenida, así como los gastos necesarios de los materiales de difusión que tienen que distribuirse a las escuelas y a los alumnos para llevar a cabo la campaña.

Además, se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis:

- Algunos costes varían en función del tiempo (por ejemplo, todos los costes de inversión, ya que son distintos el primer año que en los años sucesivos, y el mantenimiento y la actualización de los materiales, página web, etc.) y otros dependen del número de municipios involucrados en la campaña (por ejemplo, materiales distribuidos).
- La inversión inicial para realizar la planificación y la preparación de la campaña se ha realizado una sola vez durante las pruebas piloto. Para la extensión de esta campaña a los siguientes 10 años se considera que ya no tiene que repetirse esta inversión y que solamente se requiere un mantenimiento o actualización de los materiales, el vídeo promocional y la página web.
- Se han considerado unos costes fijos del 5 % anual para el mantenimiento y la actualización de los manuales de primaria y secundaria, tanto para los alumnos como para los profesores, del 10 % anual en el vídeo y del 20 % anual en la página web, calculados sobre los costes de la inversión inicial realizada para la puesta en marcha de la campaña. Durante el período de 10 años de funcionamiento de la campaña, con estos valores de amortización, los manuales de primaria y secundaria se podrían ir modificando para actualizarlos, se podría crear un vídeo nuevo, y la página web se podría renovar unas dos veces.
- Los contenedores de cartón para la recogida de juguetes y el resto de materiales distribuidos a los alumnos son de un solo uso.

Además se han planteado dos escenarios según la distribución de materiales a los alumnos y a las escuelas participantes:

- Escenario 1 (base): Se reparte a los alumnos y escuelas que entran por primera vez en la campaña los materiales utilizados en las pruebas piloto, dípticos e imanes, además de los pósters (3 por cada escuela) y contenedores de cartón (2 por cada escuela) que se distribuyen a todas las escuelas participantes. Los manuales y el DVD para los

profesores se distribuyen en formato electrónico. Este escenario es realista ya que no hace falta repartir imanes y dípticos a aquellos alumnos que ya hayan participado.

- Escenario 2 (gasto mínimo): No se reparten materiales a los alumnos, pero sí se distribuyen pósters (2 por cada escuela) y contenedores de cartón a las escuelas (1,5 en promedio por cada escuela: 1 contenedor en las escuelas de primaria o de secundaria y 2 contenedores en las que tengan los dos ciclos de primaria y secundaria) para dar a conocer la campaña y para la recogida de juguetes. Es el escenario más austero, reduciendo al mínimo los costes de la campaña.

Los costes necesarios para llevar a cabo la campaña se dividen en dos grupos: los fijos, son independientes del número de municipios y de las escuelas participantes; los variables que dependen de los alumnos, las escuelas y los municipios participantes.

Los ingresos obtenidos serán variables dependiendo de la cantidad de juguetes recogidos y de los precios de venta de juguetes y de materias primas recuperadas.

El cálculo de los costes y los ingresos para un municipio “cero” se realiza partiendo de los precios en el primer año de la campaña y teniendo en cuenta que estos costes del primer año se verán incrementados en un porcentaje anual equivalente a una tasa de inflación anual del 2 %.

Se considera que durante los próximos diez años los precios de venta de las materias procedentes del reciclado de los juguetes seguirán una evolución acorde con la previsión establecida por el Banco Mundial (WORLD BANK - CMR 2011).

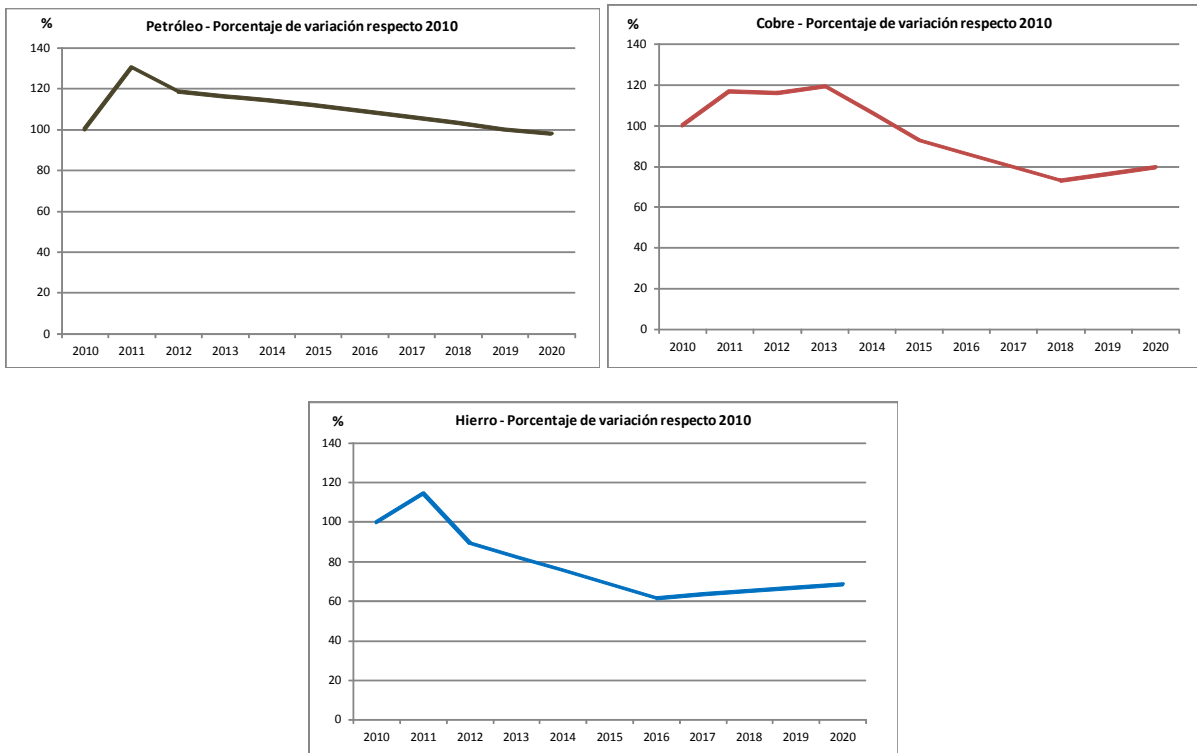
Los precios de venta utilizados en este estudio para los materiales procedentes del reciclado son los precios de venta reales del mercado de dichos materiales para los años 2008, 2009 y 2010, mientras que a partir del año 2011 se utilizan las previsiones de variación de los precios de estos materiales que ha elaborado el Banco Mundial para los próximos 10 años.

Las previsiones hechas para el petróleo nos servirán para estimar las variaciones del precio de la energía, ya que actualmente un porcentaje muy elevado de la energía producida a nivel mundial proviene de fuentes convencionales (aproximadamente el 75 %) y de la fracción de mixtos no férricos (mayoritariamente plásticos, que en su gran mayoría se obtienen del petróleo). Se considera que los materiales férricos extraídos en el reciclaje seguirán la misma

tendencia que el precio del hierro, y el precio de los materiales metálicos no férricos seguirá la tendencia prevista para el cobre.

Así, el precio de venta de los materiales recuperados seguirá la tendencia de las previsiones del Banco Mundial para las materia primas. Esta previsiones se indican en la figura 4-2.

Figura 4-2. Previsiones de los precios de materias primas. Banco Mundial (WORLD BANK - CMR 2011).



Escenario 1 (base). Se reparten materiales a los alumnos que participan por primera vez

Costes del municipio “cero”:

Los costes fijos del municipio “cero” (ver la tabla 4-16) incluyen el mantenimiento y la actualización de los materiales y la página web. Estos valores son los obtenidos de aplicar los porcentajes, ya indicados, del 5 % anual para el mantenimiento y la actualización de los manuales de primaria y secundaria, del 10 % anual para el vídeo y del 20 % anual para la página web calculados sobre la inversión inicial para su creación.

Tabla 4-16. Costes fijos de la campaña para un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).

Año	Actualización de la imagen y los materiales ^a (€)	Mantenimiento y mejora del video ^b (€)	Mantenimiento de la página web ^c (€)	Coste Total (€)
2009	500,00	450,00	229,29	1.179,29
2010	510,00	459,00	233,88	1.202,88
2011	520,20	468,18	238,56	1.226,94
2012	530,60	477,54	243,33	1.251,48
2013	541,22	487,09	248,20	1.276,51
2014	552,04	496,84	253,16	1.302,04
2015	563,08	506,77	258,22	1.328,08
2016	574,34	516,91	263,39	1.354,64
2017	585,83	527,25	268,65	1.381,73
2018	597,55	537,79	274,03	1.409,37

- a) Coste anual del 5 % de la inversión realizada por este concepto para la campaña.
- b) Coste anual del 10 % de la inversión realizada por este concepto para la campaña.
- c) Coste anual del 20 % de la inversión realizada por este concepto para la campaña

Los costes variables del municipio “cero” (ver la tabla 4-17) incluyen: la distribución de los materiales a los alumnos y a las escuelas y los costes de recogida, separación y clasificación de los juguetes.

El coste de los materiales de difusión se calcula sabiendo el número de materiales repartidos en la campaña (ver la tabla Anexo 1-5) y los precios unitarios de cada elemento (tabla 4-3).

Tabla 4-17. Costes variables de la campaña para un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).

Año	Dípticos (€)	Imanes (€)	Posters (€)	Contenedores de cartón (€)	Coordinación y recogida (€)	Coste TOTAL (€)
2009	52,31	4,02	157,50	80,36	799,12	1.093,31
2010	54,37	4,18	172,13	87,82	828,49	1.146,99
2011	56,49	4,35	187,27	95,55	859,08	1.202,73
2012	58,67	4,51	202,96	103,55	890,92	1.260,61
2013	60,92	4,69	219,19	111,84	924,07	1.320,71
2014	63,23	4,86	236,00	120,41	958,58	1.383,09
2015	65,62	5,05	253,39	129,28	994,49	1.447,83
2016	68,07	5,24	271,38	138,46	1031,85	1.515,00
2017	70,60	5,43	303,17	154,68	1070,72	1.604,60
2018	73,20	5,63	322,67	164,64	1111,15	1.677,28

Ingresos por municipio “cero”:

Los ingresos económicos obtenidos por la campaña en el municipio “cero” se han calculado como suma de los siguientes términos: venta de juguetes (cuyo precio medio es de 1,83 €/kg con una oscilación de entre 0,59 y 3,07 €/kg), venta de materiales recuperados (cuyos precios se encuentran en la tabla 4-6) y el ahorro de costes de vertedero de residuos sólidos urbanos (cuyos precios se encuentran en la tabla 4-7).

A partir de la variación de los precios de venta de los materiales, según la previsión del Banco Mundial (WORLD BANK - CMR 2011), que se encuentran en la figura 4-2, se calculan los ingresos obtenidos por la venta de la fracción de mixtos no férricos (plásticos), la fracción de metales férricos y la fracción de metales no férricos. Además, se calculan los ingresos de la venta de juguetes recuperados y los ingresos por el ahorro obtenido al no tener que realizar la recogida y gestión de los residuos urbanos. Estos últimos valores obtenidos se incrementan anualmente según la tasa de inflación anual del 2 %.

El resumen de ingresos obtenidos, según las recogidas previstas a lo largo de los 10 años de la campaña y con las variaciones de precios indicadas en el párrafo anterior, se encuentran en la tabla 4-18.

Tabla 4-18. Ingresos directos obtenidos en la campaña en un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).

Año	Juguetes recuperados	Juguetes reciclados			Recogida y gestión		Total de ingresos directos (€)
	Venta de juguetes (€)	Mixtos no férricos (€)	Metales férricos (€)	Metales no férricos (€)	Ahorro de gestión en vertedero (€)	Ahorro de recogida y transporte (€)	
2009	43,81	3,78	2,38	6,20	15,61	19,56	91,34
2010	140,35	11,88	13,74	31,26	50,01	62,66	453,11
2011	212,39	23,00	23,34	54,17	75,67	94,82	653,61
2012	271,41	26,17	22,77	67,48	96,70	121,17	751,83
2013	322,49	29,91	24,48	80,86	114,90	143,97	823,93
2014	368,31	32,88	25,13	80,47	131,22	164,42	860,65
2015	410,46	35,18	24,96	76,93	146,24	183,24	883,01
2016	449,96	36,92	24,14	76,78	160,31	200,87	902,03
2017	487,51	38,19	26,35	75,28	173,69	217,64	918,31
2018	523,61	39,06	28,50	72,66	186,56	233,75	930,05

Las externalidades contempladas en este estudio, que corresponden al ahorro en emisiones de gases (SO₂, CO₂, C₂H₄) y al ahorro en eutrofización expresada en DQO, se cuantifican a partir de los costes unitarios de eliminación de estos contaminantes (tabla 4-14) y de las cantidades ahorradas calculadas en la evaluación ambiental del modelo que se encuentra en la tabla 3-18 del apartado 3.5.3. Los valores obtenidos se incrementan anualmente según la tasa de inflación anual del 2 %. Estos datos se encuentran en la tabla 4-19.

Tabla 4-19. Ingresos obtenidos de las externalidades en la campaña en un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).

Año	Emisiones de SO ₂	Depuración de aguas DQO	Emisiones de CO ₂	Formación de oxidantes fotoquímicos (FOF)	Total ingresos externalidades
	(€)	(€)	(€)	(€)	(€)
2009	4,98	7,28	3,40	3,49	19,14
2010	24,83	38,55	18,97	11,91	100,23
2011	35,40	55,16	46,39	18,19	162,49
2012	42,26	65,93	54,34	23,33	193,04
2013	47,28	73,79	59,63	27,77	214,85
2014	51,27	80,03	63,39	31,76	231,71
2015	54,61	85,23	66,20	35,41	245,50
2016	57,53	89,79	68,38	38,83	257,27
2017	60,16	93,83	70,08	42,07	267,53
2018	62,61	97,62	71,50	45,19	276,94

El resumen total de ingresos obtenidos por el municipio “cero” es el siguiente.

Tabla 4-20. Resumen de ingresos obtenidos por la campaña en un municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).

Año	Juguetes recuperados	Juguetes reciclados	Recogida y gestión	Externalidades	Ingresos Totales
	(€)	(€)	(€)	(€)	(€)
2009	43,81	12,36	35,17	19,14	110,48
2010	140,35	56,89	112,66	100,23	560,72
2011	212,39	100,52	170,49	162,49	836,84
2012	271,41	116,42	217,87	193,04	981,61
2013	322,49	135,24	258,87	214,85	1.093,04
2014	368,31	138,48	295,64	231,71	1.165,17
2015	410,46	137,07	329,48	245,50	1.220,68
2016	449,96	137,83	361,19	257,27	1.271,52
2017	487,51	139,82	391,33	267,53	1.318,71
2018	523,61	140,22	420,31	276,94	1.361,08

Al extender la campaña al conjunto de los municipios de Catalunya (unos 208 municipios cero), o a todo el Estado español (unos 1.304 municipios cero) se tendrían unos costes variables y unos ingresos proporcionales al número de municipios cero participantes, mientras que los costes fijos, independientes del número de municipios participantes, quedarían más repartidos entre todos los municipios, disminuyendo su valor por municipio.

Escenario 2 (gasto mínimo). No se reparten materiales

Los costes fijos del municipio “cero” (tabla 4-16) serán los mismos que en el escenario 1. Se mantienen los mismos porcentajes de mantenimiento de los materiales y la página web de la campaña ya expuestos para el escenario 1.

Los costes variables del municipio “cero” (tabla 4-21) serían los debidos solamente a: la distribución de pósters a las escuelas (sólo 2 posters por escuela), contenedores de cartón (1,5 por escuela, 1 contenedor en las escuelas de primaria o de secundaria y 2 contenedores en las que tengan los dos ciclos de primaria y secundaria) y la coordinación de la campaña, recogida, separación y clasificación de los juguetes.

Tabla 4-21. Costes variables de la campaña por municipio “cero” (euros corrientes – inflación anual 2 %).

Año	Pósters (€)	Contenedores de cartón (€)	Coordinación y recogida (€)	Costes totales (€)
2009	105,00	60,27	499,1	664,39
2010	114,75	67,33	512,3	704,61
2011	124,85	71,66	525,8	743,54
2012	135,30	79,19	539,5	786,99
2013	146,13	83,88	553,7	829,33
2014	157,33	91,89	568,2	876,61
2015	168,92	96,96	583,2	922,62
2016	180,92	105,50	598,2	973,61
2017	202,11	117,69	613,9	1.039,04
2018	215,12	123,48	629,8	1.091,29

Los ingresos económicos de la campaña, tanto los directos como las externalidades, por cada municipio “cero” serán iguales que en el escenario 1 (tablas 4-18, 4-19 y 4-20).

Igualmente para extender la campaña a Catalunya (unos 208 municipios cero) y España (unos 1.304 municipios cero) deberán multiplicarse los costes variables y los beneficios por el número de municipios cero participantes. Los costes fijos, independientes del número de municipios participantes, quedarían más repartidos entre todos los municipios, disminuyendo su valor por municipio.

Los resultados económicos de ingresos y costes de la campaña para un municipio “cero”, Catalunya y España, se encuentran en la tabla 4-22.

Tabla 4-22. Resumen de ingresos y costes de la campaña (euros corrientes – inflación anual 2 %).

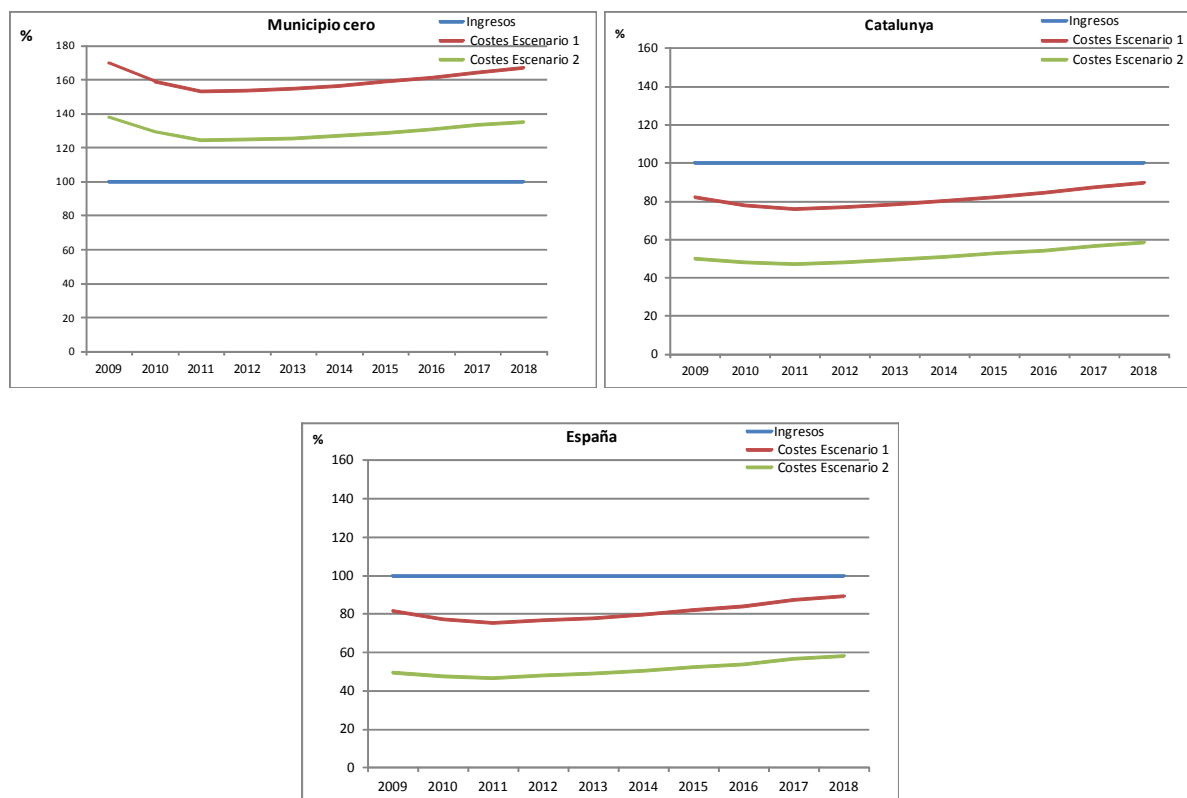
Año	Municipio “cero”			Catalunya			España		
	Ingresos	Costes		Ingresos	Costes		Ingresos	Costes	
		Escen. 1	Escen. 2		Escen. 1	Escen. 2		Escen. 1	Escen. 2
2009	110,48	2.272,61	1.843,69	20.991,84	208.908,92	127.413,93	131.475,19	1.302.222,74	791.806,73
2010	560,72	2.349,87	1.907,49	104.833,38	214.833,48	132.429,53	656.588,01	1.339.329,17	823.220,23
2011	836,84	2.429,67	1.970,48	154.203,22	220.824,19	136.966,49	965.799,11	1.376.849,93	851.635,97
2012	981,61	2.512,09	2.038,46	178.005,96	226.881,05	142.082,09	1.114.879,44	1.414.785,02	883.675,78
2013	1.093,04	2.597,21	2.105,84	195.122,15	233.004,07	146.752,39	1.222.080,83	1.453.134,44	912.926,60
2014	1.165,17	2.685,12	2.178,65	204.533,42	239.193,24	152.034,66	1.281.025,10	1.491.898,19	946.010,27
2015	1.220,68	2.775,90	2.250,69	210.599,42	245.448,56	156.838,29	1.319.017,42	1.531.076,27	976.096,19
2016	1.271,52	2.869,64	2.328,25	215.622,87	251.770,04	162.220,56	1.350.480,10	1.570.668,67	1.009.806,17
2017	1.318,71	2.986,33	2.420,77	219.814,18	261.385,76	169.673,13	1.376.730,89	1.630.893,51	1.056.482,78
2018	1.361,08	3.086,65	2.500,66	222.955,68	267.839,55	174.676,76	1.396.406,63	1.671.314,57	1.087.821,32

En la tabla anterior se observa que los costes son superiores a los ingresos para el municipio “cero” en todos los años y en los dos escenarios. Para Catalunya y España, el escenario 1 sigue teniendo unos costes superiores a los ingresos para todos los años, pero para el escenario 2 a partir del tercer año de campaña los ingresos superan los costes, obteniéndose un beneficio positivo tanto para Catalunya como para España.

En la figura 4-3 se muestra la variación con el tiempo de los ingresos y los costes de la campaña normalizados en base a los ingresos. Los ingresos se han expresado en base 100. Los

valores de los costes, a medida que se avanza a lo largo de los 10 años de campaña, se van aproximando a los de los ingresos, de forma que, a partir de los tres primeros años, los costes siguen un aumento similar al de los ingresos.

Figura 4-3. Ingresos y costes de la campaña expresados como porcentaje de los ingresos.



El beneficio obtenido, calculado como ingresos menos costes, a lo largo de los 10 años de campaña en el municipio “cero” y su extensión a Catalunya y España se resume en la tabla 4-23.

Como se puede observar en dicha tabla, sólo se obtienen beneficios positivos en el escenario 2 a partir del tercer año de la implantación de la campaña en Catalunya y en España.

Tabla 4-23. Resumen de beneficios de la campaña (euros corrientes – inflación anual 2 %).

Año	Municipio “cero”		Catalunya		España	
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2
2009	-2.162,12	-1.733,20	-187.917,08	-106.422,09	-1.170.747,55	-660.331,55
2010	-1.789,15	-1.346,77	-110.000,10	-27.596,15	-682.741,16	-166.632,22
2011	-1.592,82	-1.133,63	-66.620,97	17.236,73	-411.050,82	114.163,14
2012	-1.530,47	-1.056,85	-48.875,09	35.923,87	-299.905,59	231.203,66
2013	-1.504,18	-1.012,80	-37.881,92	48.369,75	-231.053,62	309.154,22
2014	-1.519,95	-1.013,48	-34.659,82	52.498,76	-210.873,09	335.014,83
2015	-1.555,23	-1.030,02	-34.849,14	53.761,13	-212.058,85	342.921,23
2016	-1.598,11	-1.056,72	-36.147,16	53.402,31	-220.188,57	340.673,92
2017	-1.667,61	-1.102,06	-41.571,59	50.141,05	-254.162,62	320.248,11
2018	-1.725,57	-1.139,58	-44.883,87	48.278,92	-274.907,94	308.585,31

4.4. Indicadores económicos

Una vez conocidos los costes y los ingresos económicos de la campaña en el municipio “cero”, se pueden calcular los indicadores económicos VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) de la campaña en los diez años siguientes, extrapolada a un ámbito geográfico más amplio (Catalunya o España), para determinar su viabilidad.

Se ha considerado como interés la tasa de descuento social del 3,5 %.

Tabla 4-24. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España.

	Escenario 1 (base)		Escenario 2 (gasto mínimo)	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero”	-13.170,88	--	-9.250,35	--
Catalunya	-583.929,59	--	160.970,77	20,31
España	-3.603.816,93	--	1.061.611,63	21,25

Desde el punto de vista financiero la implantación de la campaña sería económicamente inviable en el caso del escenario 1, ya que el VAN es negativo en todos los casos.

Para el escenario 2 si la campaña se extiende a mayor número de municipios (Catalunya y España) obtenemos un VAN positivo, cosa que hace financieramente rentable el proyecto. Los valores de la TIR son del orden del 20 al 21 % indicando también que el proyecto sería viable.

Para que el modelo propuesto fuera económicamente viable, en los casos en que el VAN sale negativo, sería necesario adicionar unos ingresos extras, que podrían ser en forma de subvención aportada por algún sistema integrado de gestión, como ECOTIC (que ya lo hizo para la implantación de las pruebas piloto), por la Administración (que puede tener interés en aumentar la recogida de RAEE), o bien se podrían contabilizar otros beneficios no cuantificados en este estudio (el beneficio social aportado, el aumento de la sensibilización ambiental que conseguiría el modelo propuesto para la ciudadanía, la mejora en el ámbito educativo de los alumnos participantes en la campaña, etc.) que compensaran los costes superiores, pudiendo de esta manera convertir en rentable el proyecto y conseguir que la TIR sea igual a la tasa de descuento social del 3,5 %.

Así, las aportaciones necesarias para que la implantación del modelo sea viable económicamente son las que se detallan en la tabla 4-25.

Tabla 4-25. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto.

	Escenario 1 (base)		Escenario 2 (gasto mínimo)	
	Aportación anual (€)	Aportación anual / municipio (€)	Aportación anual (€)	Aportación anual / municipio (€)
Municipio "cero"	1.530,13	1.530,13	1.074,66	1.074,66
Catalunya	67.838,16	357,04	--	--
España	418.674,28	351,83	--	--

En el escenario 1 se necesita una aportación externa en todos los casos, independientemente del ámbito geográfico estudiado, ya que para todos los caso el VAN era negativo. De todas formas la aportación anual prevista es asumible ya que se encuentra alrededor de los 350 € por cada municipio participante.

En el escenario 2 no se necesitaría ninguna aportación externa si el modelo se implanta en Catalunya o en España ya que en estos casos el VAN es positivo. Solo se necesitaría una aportación externa si solamente se implantara el modelo en un solo municipio, pero este caso no sería probable ya que no tiene mucho sentido su implantación en un ámbito tan reducido.

4.5. Análisis de sensibilidad

Los ingresos directos que se obtienen en la campaña están supeditados a los precios del mercado de los juguetes recuperados, que se venden en un mercado secundario, y de los materiales obtenidos del reciclaje de los juguetes que estaban estropeados.

Además, también se obtienen ingresos de las externalidades, que comportan una serie de ingresos indirectos como son el ahorro en emisiones de gases de óxidos de azufre, óxidos de carbono, depuración de aguas residuales para evitar la eutrofización y ahorro de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

Los precios de los juguetes de segunda mano, de los materiales obtenidos del reciclaje de juguetes y de las emisiones de dióxido de carbono son los precios que pueden tener más fluctuaciones debido a que el mercado donde pueden comercializarse es un mercado de oferta y demanda y, por lo tanto, según la situación económica, puede tener una variabilidad muy importante.

El resto de ingresos se calculan a partir de procesos industriales, cuyo coste es mucho más estable, y por lo tanto la variación del precio estará únicamente en función de la variación de la inflación.

Es por ello que se ha estudiado la influencia que tendría la variación de los precios más volátiles (o con mayor incertidumbre) en los resultados del estudio económico.

Los márgenes de variación de los precios medios de los componentes que influyen en los ingresos del modelo propuesto se calculan de la siguiente manera:

- Juguetes recuperados: el margen de variación de su precio ya se ha calculado anteriormente, presentándose en la tabla 4-5. Además se podría pensar en un escenario en el que estos juguetes recuperados tuvieran un precio mayor, por su

función social, que fuera del 75 % del precio del juguete nuevo, es decir, de 7,5 €, tal como se ha explicado en los apartados 4.1 y 4.2.2.

- Materiales procedentes del reciclado de los juguetes (mixtos no férricos, metales férricos y metales no férricos): se plantea una variación del $\pm 20\%$ respecto del precio utilizado en la campaña.
- Gestión en vertedero, la recogida y el transporte, emisiones de SO₂, depuración de aguas (eutrofización) y formación de oxidantes fotoquímicos: se considera que estos procesos pueden variar en un 10 % respecto del precio utilizado en la campaña.
- Emisiones de CO₂ su margen de variación ya se ha calculado tal como se ha descrito en el apartado 4.2.2.

Estos precios máximos y mínimos se detallan en la tabla 4-26.

Tabla 4-26. Precios máximos y mínimos de diversos componentes.

Concepto	Coste unitario		
	Valor medio considerado*	Margen para el análisis de sensibilidad	
		Mínimo	Máximo
Juguetes recuperados (€/kg)	1,83	0,586	3,079
Mixtos no férricos (€/kg)	0,025	0,020	0,030
Metales férricos (€/kg)	0,169	0,135	0,203
Metales no férricos (€/kg)	0,500	0,400	0,600
Gestión en vertedero (€/kg)	0,070	0,070	0,077
Recogida y transporte (€/kg)	0,088	0,088	0,096
Emisiones de SO ₂ (absorción – hidróxido de calcio) (€/kg SO ₂ -eq)	1,788	1,788	1,967
Depuración de aguas (eutrofización) (€/kg DQO)	0,818	0,818	0,900
Emisiones de CO ₂ (€/kg CO ₂ -eq)	0,022	0,015	0,035
Formación de oxidantes fotoquímicos (FOF) (€/kg C ₂ H ₄ -eq)	17,345	17,345	19,080

* Es el valor medio considerado en el estudio económico.

Se han estudiado los siguientes casos:

- El menos favorable. Sería el caso en que los distintos precios de los diferentes componentes de los ingresos se sitúan en los precios mínimos previstos.

Tabla 4-27. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso más desfavorable.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero”	-13.170,88	--	-15.428,27	--	-9.250,35	--	-11.507,74	--
Catalunya	-583.929,59	--	-1.012.832,97	--	160.970,77	20,31	-267.932,61	--
España	-3.603.816,93	--	-6.290.106,54	--	1.061.611,63	21,25	-1.624.677,98	--

En este caso se utilizan los precios mínimos y se observa una disminución apreciable del VAN. Así, en el escenario 1 (base) los valores del VAN son todos negativos para el municipio “cero”, Catalunya y España, lo mismo que se tenía para el estudio económico del modelo propuesto. En el escenario 2 (gasto mínimo) se observa una disminución del VAN pero que para Catalunya y España hay un cambio de signo a un valor negativo con respecto del estudio económico del modelo propuesto realizado previamente, el cual tenía un VAN positivo.

Para que este caso fuera económicamente viable las aportaciones económicas externas de algún sistema integrado de gestión (SIG) serían las mostradas en la tabla 4-28.

Tabla 4-28. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso más desfavorable.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)
Municipio “cero”	1.530,13	1.530,13	1.792,38	1.792,38	1.074,66	1.074,66	1.336,91	1.336,91
Catalunya	67.838,16	357,04	117.666,11	619,30	--	--	42.220,10	222,21
España	418.674,28	351,83	730.754,60	614,08	--	--	261.998,94	220,17

AA - Aportación anual

AA/M - Aportación anual / municipio

En el escenario 1 las aportaciones tendrían que aumentar del 17 % para el municipio “cero” y del orden del 74 % para Catalunya y España respecto de las aportaciones del estudio económico del modelo propuesto.

En el escenario 2 las aportaciones tendrían que aumentar del 24 % para el municipio “cero” respecto de las aportaciones del estudio económico del modelo propuesto. Para Catalunya y España en este caso se pasa a tener que realizar una aportación para conseguir un VAN positivo o cero, a diferencia del estudio económico del modelo propuesto en que el VAN ya era positivo.

- El más favorable. Sería el caso en que los distintos precios de los diversos factores que intervienen en los ingresos tengan los precios máximos previstos.

Tabla 4-29. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso más favorable.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero”	-13.170,88	--	-10.583,95	--	-9.250,35	--	-6.663,42	--
Catalunya	-583.929,59	--	-92.412,67	--	160.970,77	20,31	652.487,69	60,58
España	-3.603.816,93	--	-525.368,86	--	1.061.611,63	21,25	4.140.059,70	61,72

En este caso, utilizando los precios máximos previstos, se observa un aumento del VAN con respecto del estudio económico del modelo propuesto, pero siguen manteniéndose los valores del VAN en el mismo signo negativo para el municipio “cero” en los dos escenarios mientras que para Catalunya y España tienen valores negativos para el escenario 1 (base) y positivos para el escenario 2 (gasto mínimo).

Para que este caso fuera económicamente viable las aportaciones económicas externas, a realizar por algún sistema integrado de gestión (SIG), serían las mostradas en la tabla 4-30.

Tabla 4-30. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso más favorable.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)
Municipio “cero”	1.530,13	1.530,13	1.229,59	1.229,59	1.074,66	1.074,66	774,12	774,12
Catalunya	67.838,16	357,04	10.736,06	56,51	--	--	--	--
España	418.674,28	351,83	61.034,85	51,29	--	--	--	--

AA - Aportación anual

AA/M - Aportación anual / municipio

En el escenario 1 las aportaciones disminuirían del orden del 20 % para el municipio “cero” y del orden del 85 % para Catalunya y España respecto de las aportaciones del estudio económico del modelo propuesto.

En el escenario 2 las aportaciones disminuirían del orden del 28 % para el municipio “cero” respecto de las aportaciones del estudio económico del modelo propuesto. Para Catalunya y España tampoco se tiene que realizar ninguna aportación ya que el VAN es positivo igual que en el estudio económico del modelo propuesto.

- Precio máximo de los juguetes recuperados. Este factor es el que más influye en el balance final de los beneficios económicos obtenidos ya que los ingresos que representan alcanzan casi el 50 % del total de los ingresos.

Tabla 4-31. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso del precio máximo de los juguetes recuperados.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero”	-13.170,88	--	-11.294,94	--	-9.250,35	--	-7.374,42	--
Catalunya	-583.929,59	--	-227.501,74	--	160.970,77	20,31	517.398,62	50,25
España	-3.603.816,93	--	-1.371.453,05	--	1.061.611,63	21,25	3.293.975,52	51,32

En este caso con el precio máximo de venta de los juguetes recuperados, que corresponde a la mayor contribución respecto a los ingresos totales, no se observan variaciones que hagan cambiar el signo del valor del VAN en ninguno de los casos respecto del estudio económico del modelo propuesto, aunque sí se observa un aumento significativo de este indicador.

Para que este caso fuera económicamente viable las aportaciones económicas externas, a realizar por algún sistema integrado de gestión (SIG), serían las mostradas en la tabla 4-32.

Tabla 4-32. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso del precio máximo de los juguetes recuperados.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)
Municipio “cero”	1.530,13	1.530,13	1.312,19	1.312,19	1.074,66	1.074,66	856,72	856,72
Catalunya	67.838,16	357,04	26.430,07	139,11	--	--	--	--
España	418.674,28	351,83	159.328,88	133,89	--	--	--	--

AA - Aportación anual

AA/M - Aportación anual / municipio

En el escenario 1 las aportaciones disminuirían del orden del 14 % para el municipio “cero” y del orden del 61 % para Catalunya y España respecto de las aportaciones del estudio económico del modelo propuesto.

En el escenario 2 las aportaciones disminuirían del orden del 20 % para el municipio “cero” respecto de las aportaciones del estudio económico del modelo propuesto. Para Catalunya y España tampoco se tiene que realizar ninguna aportación ya que el VAN es positivo igual que en el estudio económico del modelo propuesto.

- Precio máximo de los derechos de emisión del CO₂. El análisis de este factor, aunque no tenga un peso muy importante en el conjunto de los ingresos, ya que solamente supone alrededor del 2 % de los mismos, es importante debido a que el precio de estas

emisiones está sujeto a un mercado muy variable con amplias oscilaciones del precio. De esta manera podemos saber la influencia que pueden tener las variaciones de este precio en los ingresos de la campaña.

Tabla 4-33. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso del precio máximo de las emisiones de CO₂.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero”	-13.170,88	--	-13.006,50	--	-9.250,35	--	-9.085,97	--
Catalunya	-583.929,59	--	-552.697,78	--	160.970,77	20,31	192.202,58	22,91
España	-3.603.816,93	--	-3.408.207,19	--	1.061.611,63	21,25	1.257.221,38	23,82

Aunque en este caso se observe un aumento importante en el precio de las emisiones del CO₂, tiene poca influencia en los resultados económicos finales ya que su contribución al valor total de los ingresos es relativamente pequeña. Así, como se observa en la tabla 4-33, los valores del VAN tienen el mismo signo positivo o negativo que en el estudio económico del modelo propuesto, aunque se observa un ligero aumento de los valores del VAN.

Para que este caso fuera económicamente viable las aportaciones económicas externas, a realizar por algún sistema integrado de gestión (SIG), serían las mostradas en la tabla 4-34.

Tabla 4-34. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso del precio máximo de las emisiones de CO₂.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)
Municipio “cero”	1.530,13	1.530,13	1.511,03	1.511,03	1.074,66	1.074,66	1.055,57	1.055,57
Catalunya	67.838,16	357,04	64.209,79	337,95	--	--	--	--
España	418.674,28	351,83	395.949,27	332,73	--	--	--	--

AA - Aportación anual

AA/M - Aportación anual / municipio

En el escenario 1 las aportaciones disminuirían del orden del 1 % para el municipio “cero” y del orden del 5 % para Catalunya y España respecto de las aportaciones del estudio económico del modelo propuesto.

En el escenario 2 las aportaciones disminuirían del orden del 2 % para el municipio “cero” respecto de las aportaciones del caso base. Para Catalunya y España tampoco se tiene que realizar ninguna aportación ya que el VAN es positivo igual que en el estudio económico del modelo propuesto.

- Precio de los juguetes recuperados según su valor social. Se ha realizado el cálculo de este escenario porque aunque no se puedan obtener directamente estos ingresos, si parece razonable que el precio del juguete debería ser muy semejante al propuesto, dado que cumple con su función igual que el juguete nuevo. De alguna manera se debería compensar la diferencia del precio entre del juguete en el mercado de segunda mano y el que debería tener por su función social.

Tabla 4-35. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Caso del precio de los juguetes recuperados por su función social.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero”	-13.170,88	--	-7.641,12	--	-9.250,35	--	-3.720,59	--
Catalunya	-583.929,59	--	466.724,99	--	160.970,77	20,31	1.211.625,35	--
España	-3.603.816,93	--	2.976.598,60	--	1.061.611,63	21,25	7.642.027,16	--

En este caso con si el precio de venta de los juguetes recuperados fuera por su función social, que correspondería a la mayor contribución respecto a los ingresos totales, se observa que el valor del VAN es positivo en los dos escenarios a diferencia de los casos respecto del estudio económico del modelo propuesto, siempre que la campaña de extienda a Catalunya o a España.

Para que también fuera económicamente viable para el caso del municipio “cero” las aportaciones económicas externas, a realizar por algún sistema integrado de gestión (SIG), serían las mostradas en la tabla 4-32.

Tabla 4-36. Aportaciones económicas externas para hacer económicamente viable el modelo propuesto. Caso del precio máximo de los juguetes recuperados por su función social.

	Escenario 1 (base)				Escenario 2 (gasto mínimo)			
	Estudio económico		Estudio sensibilidad		Estudio económico		Estudio sensibilidad	
	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)	AA (€)	AA/M (€)
Municipio “cero”	1.530,13	1.530,13	887,71	887,71	1.074,66	1.074,66	432,24	432,24
Catalunya	67.838,16	357,04	--	--	--	--	--	--
España	418.674,28	351,83	--	--	--	--	--	--

AA - Aportación anual

AA/M - Aportación anual / municipio

4.6. Discusión de los resultados de la evaluación económica

Tal como muestran los cálculos económicos realizados, la campaña conseguiría beneficios económicos positivos en el escenario 2 (gasto mínimo) a partir del tercer año de su implantación en las dos áreas geográfica estudiadas (Catalunya o España).

Se conseguiría obtener un VAN positivo en un escenario de costos mínimos, el escenario 2, implantando el modelo propuesto en un ámbito geográfico extenso como Catalunya o España. Además, en estos ámbitos podríamos obtener una TIR del orden del 20 o 21 %.

En el escenario 1 (base) se podría conseguir, con una pequeña aportación económica externa de alguno de los agentes económicos participantes en la campaña, que el VAN fuese 0 con una tasa de descuento social del 3,5 %. Para ello, las aportaciones por municipio deberían ser del orden de 350 €/año.

Se ha realizado un análisis de sensibilidad para observar la influencia de una variación en los precios considerados sobre el resultado final del estudio. Se ha constatado que el precio que más influye en los resultados es el precio de venta de los juguetes reutilizados.

El análisis de sensibilidad muestra que, en el caso más favorable, con los precios máximos de todos los conceptos de ingreso, se obtendrían valores de VAN muy superiores, aunque se mantendrían los signos del VAN como en el estudio económico del modelo propuesto. En el escenario 1 (base) el aumento del VAN sería del orden del 84 % respecto del estudio económico del modelo propuesto y en el escenario 2 (gasto mínimo) el aumento sería del orden del 300 %, para la implantación de la campaña en Catalunya y España.

Si se diera el caso menos favorable, poco probable, con los precios mínimos de cada uno de los factores que contribuyen a los ingresos, no se conseguiría ningún beneficio económico positivo en ninguno de los dos escenarios estudiados, y en todos los casos se necesitaría una aportación en forma de subvención para conseguir como mínimo los beneficios necesarios para obtener un VAN igual a 0 con la tasa de descuento social del 3,5 %.

El VAN obtenido con los precios más favorables para la venta de los juguetes recuperados y para las emisiones de CO₂ es mucho mayor pero no se consigue un cambio del signo del VAN.

4.7. Conclusiones

Los resultados de la evaluación económica muestran que el modelo propuesto es económicamente insostenible, sin ninguna aportación externa, si se realiza en pocos municipios y durante pocos años (como en el caso de la prueba piloto evaluada), pero sería económicamente viables con un escenario de gasto mínimo (escenario 2) y si además se extendiera geográficamente a Catalunya o España, y en el tiempo, durante 10 años.

Los resultados económicos muestran las siguientes apreciaciones:

Ingresos.

Se han calculado 4 tipos de ingresos: los ingresos por juguetes recuperados, los ingresos por los materiales recuperados del reciclaje de juguetes, el ahorro en el sistema convencional de recogida y gestión de residuos sólidos urbanos, y finalmente el ahorro por las externalidades.

De estos cuatro conceptos de ingresos, el que tiene un mayor peso sobre el beneficio económico es el de los juguetes recuperados, seguido por el del ahorro en la recogida y

gestión de residuos sólidos urbanos por el sistema convencional. Esto demuestra el elevado coste del sistema convencional de recogida.

Los ingresos de los materiales recuperados a partir de juguetes reciclados son los que tienen un menor peso, pero su contribución podría aumentar en el caso de que la venta de plásticos reciclados (mercado todavía muy incipiente) tuviera una mayor importancia.

Respecto a los ingresos a partir de los juguetes recuperados, que tienen un peso importante, se debe tener en cuenta que, al tratarse de un mercado de segunda mano que todavía no existe de forma organizada, el precio considerado de venta de estos juguetes de segunda mano (1,83 €/kg) ofrece una incertidumbre muy elevada. Con las hipótesis utilizadas, el margen de variación de este precio es muy amplio ya que oscila desde 0,59 a 3,07 €/kg. En un futuro, y para obtener unos resultados económicos más rigurosos, este valor debería ser mucho más preciso. Además, si a los juguetes recuperados le añadimos el valor de su función social, el juguete recuperado en buen estado tiene la misma función que uno de nuevo, la contabilización de los ingresos sería aún mucho mayor.

Las externalidades tienen un peso relativamente pequeño en el conjunto de los ingresos. Uno de los valores con mayor fluctuación es el precio de las emisiones de CO₂, que está expuesto a un mercado cambiante según la oferta y la demanda. Se ha constatado que estos ingresos, que son el ahorro de las emisiones de CO₂, influyen poco en el resultado final de los ingresos totales aunque su precio oscilara en un margen elevado.

Costes

Se han considerado dos escenarios de costes, el escenario 1 (base) en el que se utilizan materiales de difusión que se reparten entre todos los alumnos que participan en la campaña por primera vez, y el escenario 2 (gasto mínimo) en el cual no se reparten materiales de difusión con el fin de reducir los costes de la campaña.

Este segundo escenario de gasto mínimo es el que conduce a resultados económicos viables sin necesidad de aportaciones adicionales. Hay que decir que este escenario es factible porque se ha realizado en la ciudad de Igualada durante los tres cursos posteriores al primer año de la campaña de la prueba piloto. Incluso muchos contenedores de cartón se han podido reutilizar

en más de una ocasión y no han sido de un solo uso como se ha considerado en el estudio, sino que se han podido reutilizar durante dos o tres años.

La principal aportación de este estudio económico, además de obtener resultados para el sistema estudiado, es la de proponer una metodología de cálculo concreta, que hasta ahora no existía, para valorar económicamente las externalidades.

Capítulo 5. Evaluación social

5.1. Metodología utilizada

Actualmente no existe un sistema metodológico único ni totalmente estandarizado para la evaluación social del ACV. No obstante, en este estudio se han seguido básicamente las líneas metodológicas contenidas en la guía editada por la UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (UNEP-SETAC 2009) sobre el análisis de ciclo de vida social (ACV-social).

Se ha realizado un repaso del estado del arte del análisis de ciclo de vida social, viendo los distintos aspectos que actualmente están en proceso de investigación y el enfoque metodológico que se le está dando.

Los indicadores sociales, que servirían para determinar la incidencia de una actividad en los aspectos sociales, dentro de un estudio de ACV-social, son difíciles de cuantificar. Sólo algunos de ellos pueden cuantificarse de una forma efectiva, pero de momento la mayoría de los indicadores solamente se pueden expresar de una forma cualitativa o, en el mejor de los casos, en una escala semicuantitativa.

En el caso que nos ocupa, los indicadores sociales propuestos se han determinado y definido pero no se han podido cuantificar en su gran mayoría. Sin embargo, se proponen sistemas para su cuantificación, indicando la forma de conseguirlo.

5.2. Evaluación de la sostenibilidad

5.2.1. Introducción

Conviene tener en cuenta algunos aspectos sociales para llegar propiamente a lo que es el análisis de ciclo de vida social.

Al repasar el análisis de ciclo de vida se deberían tener en cuenta los tres pilares de la sostenibilidad. Para ello se puede hablar del análisis de sostenibilidad del ciclo de vida que, en este caso, incluye el análisis de ciclo de vida de la parte ambiental, el coste económico del ciclo de vida y el análisis de ciclo de vida social. De todas formas, algunos autores proponen un ciclo de vida de sostenibilidad como un análisis más exhaustivo del análisis de ciclo de vida ambiental añadiéndole los costes económicos y el análisis social, quedando después la parte de inventario del ciclo de vida que debería recoger estos aspectos añadidos.

5.2.2. El ACV-social

Como en la evaluación de la sostenibilidad se deben tener en cuenta los aspectos sociales, se necesita un modelo algo distinto que la metodología del ACV para poder evaluar los impactos sociales.

Lo que se detecta es la necesidad de tener indicadores de los aspectos sociales que sean efectivos con el fin de sentar las bases para la medida de los impactos sociales positivos y negativos. Así, The Öko-Institute (Institute for Applied Ecology) por ejemplo, ha recogido alrededor de 3.500 indicadores que cubren todas las formas de los aspectos sociales. Pero el uso de estos indicadores está limitado por el hecho de que aún no se han desarrollado suficientemente para aplicaciones del ACV, ya que la mayoría sirven para el control en sectores individuales, gubernamentales o a nivel de países (GRIEBHAMMER et al. 2006).

Los indicadores sociales pueden clasificarse en dos sistemas complementarios. Una de las propuestas es una agrupación de estos indicadores sociales en 9 categorías (WEIDEMA 2005). Otra forma de agrupación consiste en determinar distintos niveles. Por ejemplo, en un primer nivel se definen indicadores geográficos: mineras, fábricas, carreteras, ferrocarriles, tiendas... En cada una de estas zonas geográficas se pueden observar indicadores sociales referidos a los trabajadores: accidentes, remuneración, condiciones de trabajo... En las comunidades locales: contaminantes tóxicos, violaciones de los derechos humanos, mejoras

de las infraestructuras... Sobre la sociedad: corrupción, pago de impuestos... Y sobre los consumidores: al usar el producto. Como resumen de estos indicadores se pueden establecer cuatro categorías: trabajadores, comunidad local, consumidores y sociedad (GRIEBHAMMER et al. 2006).

También se puede presentar una evaluación de ACV de forma tradicional incorporando indicadores sociales para la evaluación del ciclo de vida social, indicando cómo quedan afectados estos indicadores y cómo se pueden cuantificar con la evaluación de los impactos de las emisiones del sistema y la incorporación de una serie de áreas relativas a: salud humana, medio ambiente natural, recursos naturales y medio ambiente de los humanos. También debe tenerse en cuenta la importancia de la participación de los interesados en la definición de los indicadores (GRIEBHAMMER et al. 2006).

Con el fin de facilitar el consenso internacional sobre las categorías de impacto obligatorias, se suele utilizar como base la Declaración Universal de los Derechos Humanos, ya que se ha traducido en derechos de los trabajadores a nivel mundial, gracias a los convenios de la Organización Internacional del Trabajo, y la Declaración de Principios sobre las Empresas Multinacionales y Política Social. Como ejemplos de categorías de impacto obligatorias tenemos: discriminación, trabajo infantil, trabajo forzoso, libertad de asociación.

Estas categorías de impactos se consideran verdaderamente universales. Las categorías de impacto opcionales son mucho más dependientes del contexto de la empresa en términos geográficos y culturales. Ejemplos de estas categorías opcionales son: las condiciones del trabajo físico, las horas de trabajo, un salario mínimo, formación y educación de los empleados, ayuda al desarrollo de la sociedad local.

En el análisis de ciclo de vida social es más difícil vincular el comportamiento de las empresas individuales a la cadena de producción. De todas formas es necesario decidir la ponderación asignada a cada proveedor con el fin de llegar a los impactos sociales en todo el ciclo de vida. El desempeño de las empresas contribuye al impacto total del producto en mayor o menor cuantía según la participación de las empresas en la fabricación del producto (HAUSCHILD et al. 2008). No hay una forma objetiva clara de medida de esta contribución pero se pueden enumerar una serie de posibilidades:

- Contribución al peso del producto

- Contribución a los costes del producto
- Creación de valor, su contribución al valor total del producto
- Horas de trabajo, el tiempo dedicado a la fabricación del producto.

Existen otros factores que tienen relación con el medio ambiente como: la salud humana, el medio natural, los recursos naturales y el entorno. A parte de estos factores, surgen otros de suplementarios para completar la salud humana, tales como la dignidad y el bienestar, que supone un valor de una vida decente, y la satisfacción de cubrir las necesidades básicas (HAUSCHILD et al. 2008).

Así, parece ser que para los indicadores sociales los enfoques cualitativos y semicuantitativos que se utilizan cumplen como sustitutos de una evaluación completa cuantitativa del análisis de ciclo de vida social.

Se espera que los nuevos métodos que se irán desarrollando y estandarizando permitan la combinación de análisis del ciclo de vida, costes del ciclo de vida y análisis del ciclo de vida social proporcionando las herramientas necesarias para la evaluación de la sostenibilidad de los productos.

La evaluación social también se puede analizar en el entorno GaBi (GaBi-4 2007), donde se ha planteado una herramienta cualitativa que elabora un estudio de viabilidad para el ACV con la integración de aspectos sociales. Debido a que muchos indicadores sociales no se pueden cuantificar, se utiliza una clasificación y calificación cualitativas, además de ciertos datos cuantitativos. La cuantificación de los indicadores puede ser el problema más difícil y, de hecho, la cuantificación de los impactos medioambientales también lo es (KLOEPFFER 2008).

Otra salvedad en el uso del ACV-social consiste en las diversas interpretaciones que se hacen, según los autores. Así se puede hablar de ACV-social o bien de ACV de sociedad (HUNKELER 2006). El mismo autor, en una de sus obras, subraya la diferencia entre las dos terminologías, destacando el carácter microeconómico del ACV de sociedad comparado con el macroeconómico del ACV-social. Según este autor, la evaluación del ciclo de vida de sociedad se diferencia del ACV-social por el hecho de que examina el efecto de la sustitución de productos sobre la situación de los trabajadores promedio en los países donde el ciclo de vida del producto tiene su efecto. El ACV-social abarca explícitamente el efecto de los

programas de gobierno, mientras que el ACV de sociedad los cubre implícitamente a través de los gastos indirectos y los impuestos (HUNKELER 2006).

5.2.3. Comparación del ACV-ambiental y el ACV-social

En los últimos años ha habido diferentes enfoques hacia el análisis de ciclo de vida social. Hasta el momento se ha publicado poco sobre el análisis del ciclo de vida social. Se siguen los pasos metodológicos del análisis de ciclo de vida ambiental, según la norma ISO 14044.

Se observa una amplia variedad de enfoques en la metodología del análisis de ciclo de vida social, en particular en la elección de la definición de indicadores. Estos indicadores se refieren a una gran variedad de aspectos, de forma que algunos se centran en los procesos de fabricación mientras que otros lo hacen más en aspectos sociales. Los indicadores ambientales se centran principalmente en los procesos.

Otra diferencia importante se encuentra en la utilización de datos. Varias propuestas argumentan que los impactos sociales están conectados a la conducta de la empresa, y por lo tanto deberían ser evaluados de la misma manera que en la fabricación. Otros afirman que los datos genéricos no pueden ofrecer una visión suficientemente precisa de los impactos sociales asociados.

Por lo tanto, parece que la percepción de los impactos sociales es muy variable y que existe la necesidad de ponerse de acuerdo sobre los impactos sociales más relevantes que deberían incluirse en un análisis de ciclo de vida social, a fin de tener en cuenta la complejidad de la situación. En el caso de los impactos ambientales más relevantes hay un consenso mucho más amplio.

La utilización de datos genéricos en el ACV-social como base de la evaluación, que tiene ventajas sobre la utilización de datos específicos, puede ser suficiente para la exactitud de la evaluación requerida. También se pone de manifiesto que la calidad de los datos específicos depende en gran medida de la auditoría utilizada para obtenerlos, y que los datos genéricos también se podrían obtener teniendo en cuenta la ubicación, el sector, el tamaño y la propia empresa.

Al encontrar una gran variedad de enfoques respecto a cada uno de los pasos de la metodología del análisis de ciclo de vida social se demuestra que este campo es muy novedoso e inmaduro.

El análisis de ciclo de vida social se encuentra en una fase inicial de desarrollo y falta un consenso amplio. Lo que parece primordial es llegar a un tipo de acuerdo sobre cuáles son los impactos más relevantes que deberían incluirse en el análisis de ciclo de vida social. Otro aspecto a tener en cuenta es evaluar las diferencias entre el uso de datos específicos y datos genéricos, y determinar si el uso de estos datos genéricos puede dar un resultado razonablemente preciso.

En el análisis de ciclo de vida ambiental se acepta que los impactos son debidos a la naturaleza del proceso. Por lo tanto existe un efecto causal entre el proceso y los impactos ambientales. La evaluación de estos impactos se basa en un inventario de datos, como entradas y salidas del proceso, que se necesitan para proporcionar la función definida de la unidad funcional.

En cuanto al análisis de ciclo de vida social existe controversia sobre si se trata de un enfoque más válido o no, ya que se argumenta que la mayoría de los impactos sociales no tienen relación con los procesos sino con la conducta de la empresa. La relación de causalidad ya no viene determinada por el proceso sino por la conducta de la empresa y, por lo tanto, el análisis de inventario debe centrarse en las empresas que participan en la fabricación del producto (DREYER 2006).

Por otro lado, parece que otra forma de enfoque se basa en el proceso como la base para la evaluación tal como se usa en el análisis del ciclo de vida ambiental (SCHMIDT et al. 2004).

En cuanto a los límites del sistema, varios autores proponen utilizar criterios parecidos a los usados para el análisis ambiental del ciclo de vida, de manera que de forma semejante a la del análisis ambiental se puedan poner límites y se puedan eliminar entradas y salidas poco significativas.

Así, se han propuesto dos tablas con categorías de impacto y sus indicadores de tipo social detallando para cada uno de los autores estudiados los indicadores que han utilizado. El tipo de indicador se refiere a si es cuantitativo o cualitativo, y los indicadores cuantitativos pueden

medirse en unidades físicas, o bien, obtener resultados semicuantitativos (JØRGENSEN et al. 2008).

Otro enfoque para el análisis de ciclo de vida social es la utilización de indicadores de punto medio e indicadores de punto final, como en el ACV-ambiental. La diferencia entre ellos se refiere a su ubicación en la ruta de impacto. Así, la creación de empleo contribuye a un ingreso familiar y a una posterior reducción de la pobreza, mejorando las condiciones de salud de la familia. Esta mejora de la salud se puede considerar un objetivo final. Y la creación de empleo se podría considerar como indicador de punto medio (JØRGENSEN et al. 2008).

En cuanto al uso de estos indicadores, parece que los más utilizados son las escalas semicuantitativas, como por ejemplo: bueno, regular o malo. También pueden expresarse en forma numérica. De todas formas muchos de los fenómenos son demasiado complejos para medirlos y expresarlos en unidades simples.

Los datos cuantitativos son los que se expresan en cifras y datos, y los cualitativos normalmente se expresan con palabras. Se puede utilizar una combinación de datos cuantitativos y cualitativos. Por otro lado, se tiene la posibilidad de buscar las equivalencias de los resultados cualitativos en forma semicuantitativa, tal como sugieren algunos autores. El objetivo es tener una equivalencia más precisa de esta evaluación. De todas formas en la fase de interpretación se puede trabajar en paralelo con datos cuantitativos y datos cualitativos.

Otros indicadores se centran en aspectos sociales de los trabajadores, que en Europa ya hace muchas décadas que se evalúan. Se incluyen indicadores como el trabajo infantil, el abuso de los derechos humanos o el derecho de los trabajadores al descanso semanal. Por lo tanto, deberíamos disponer de un conjunto general de indicadores que abarque los aspectos sociales en todos los ámbitos, tanto en los sociales como en los económicos y políticos.

Algunos autores proponen diferenciar entre algunos indicadores obligatorios y otros opcionales. Este problema es aún mayor para algunos indicadores que cambian su sentido cuando se aplican a diferentes condiciones sociales, económicas y políticas. Por ejemplo, el indicador de la tasa de absentismo laboral en el trabajo, que en muchos países desarrollados se utiliza para medir la salud laboral, puede perder su sentido cuando se aplica a un mercado laboral muy competitivo en países en vías de desarrollo donde el trabajador que enferma puede ser despedido (GRIEBHAMMER et al. 2006).

El ACV-social pretende evaluar aspectos sociales y socioeconómicos de un producto y su impacto potencial positivo o negativo a lo largo de todo el ciclo de vida. El ACV-social es una técnica que ayuda a conocer incrementos en la mejora de un producto pero no proporciona una solución para un consumo o modelo de vida sostenible (UNEP-SETAC 2009).

Una de las principales diferencias es que, mientras el ACV-ambiental recoge principalmente cantidades físicas relacionadas con las distintas etapas del ciclo de vida del producto, el ACV-social recoge información relacionada con aspectos organizativos a lo largo de la cadena. El ACV-social normalmente trabaja con información sobre las características o atributos de procesos o de las empresas que los poseen, y es difícil expresarlas por unidad de producto de salida. Muchas veces en un ACV-social es más apropiado usar datos subjetivos (BENOÎT et al. 2010).

Otras diferencias entre ACV-ambiental y ACV-social son que ambos dependen del lugar concreto donde se realiza el proceso, pero mientras la evaluación de impactos en un ACV-ambiental se realiza de forma independiente de donde tengan lugar las emisiones, en un ACV-social esta evaluación de impactos requiere información sobre los atributos “políticos”, como el país y sus leyes.

Además, los beneficios o impactos positivos pueden ser muy importantes en un ACV-social, mientras que son minoritarios en un ACV-ambiental.

Por otro lado, tanto el ACV-social como el ACV-ambiental siguen la norma ISO 14044, que describe las 4 fases que deben realizarse en todo estudio: definición de objetivo y alcance, inventario de ciclo de vida, evaluación de impactos e interpretación.

Otras similitudes entre ACV-ambiental y ACV-social (UNEP-SETAC 2009):

- Ambos necesitan gran cantidad de datos.
- Son procesos iterativos.
- Requieren una revisión crítica cuando los resultados comparan opciones y son públicos.
- Permiten identificar las etapas críticas de los procesos y los “hotspots”.
- Evalúan un amplio espectro de impactos. Los mostrados en la tabla 5-1 son los temas mínimos que deben ser abordados en un ACV-social.

5.3. El ACV-social

5.3.1. Impactos sociales que hay que evaluar

Cuando nos referimos a causas de impactos sociales debemos contemplar tres dimensiones:

- a) Comportamientos: los impactos sociales se deben a determinados comportamientos, por ejemplo, permitir la explotación infantil, prohibir las asociaciones de trabajadores, etc.
- b) Procesos socioeconómicos: los impactos se deben a decisiones socioeconómicas. Por ejemplo, cuando se decide crear una determinada infraestructura (carretera, tren, hospital, etc.).
- c) Capital humano, social o cultural: el impacto social es relativo a un estado original (atributos que posee un individuo, un grupo o una sociedad, por ejemplo el nivel educativo).

Estas tres dimensiones tienen relaciones dinámicas entre sí. Por ejemplo, la presión para conseguir bajos precios (proceso socio-económico) puede conducir a que los proveedores permitan la explotación infantil (comportamiento), una práctica aceptada en una sociedad pobre (capital).

Los impactos sociales se perciben a menudo como muy complejos, ya que varían en función de muchos factores: política, economía, ética, psicología, etc.

La base de un ACV-social son las subcategorías de impacto, que a su vez se clasifican por stakeholders (partes interesadas). Para evaluar cada una de las subcategorías pueden usarse diversos indicadores y unidades de medida. A nivel internacional se ha acordado la recomendación de que la lista de subcategorías presentada en la tabla 5-1 sea usada como la lista de mínimos a incluir en un ACV-social.

Siempre que ha sido posible, las subcategorías y los indicadores usados para medirlas se han definido con referencias a instrumentos internacionales (por ejemplo, las convenciones internacionales de derechos humanos y de derechos de los trabajadores).

A lo largo de la cadena de valor surgen diferentes contextos de aplicación que requieren distintos niveles de evaluación. Por ejemplo, en países desarrollados la legislación ya incluye los derechos humanos y los de los trabajadores, y la aplicación práctica de esta legislación puede ser incluso excelente, mientras que en países subdesarrollados no es así. Sin embargo, por ejemplo el derecho a la libertad de asociación a veces no se cumple en economías desarrolladas.

Tabla 5-1. Categorías y subcategorías a evaluar en un ACV-social (UNEP-SETAC 2009).

Stakeholder categories	Subcategories
Stakeholder “worker”	Freedom of Association and Collective Bargaining Child Labour Fair Salary Working Hours Forced Labour Equal opportunities/Discrimination Health and Safety Social Benefits/Social Security
Stakeholder “consumer”	Health & Safety Feedback Mechanism Consumer Privacy Transparency End of life responsibility
Stakeholder “local community”	Access to material resources Access to immaterial resources Delocalization and Migration Cultural Heritage Safe & healthy living conditions Respect of indigenous rights Community engagement Local employment Secure living conditions
Stakeholder “society”	Public commitments to sustainability issues Contribution to economic development Prevention & mitigation of armed conflicts Technology development Corruption
Value chain actors* not including consumers	Fair competition Promoting social responsibility Supplier relationships Respect of intellectual property rights

Deben definirse unos indicadores para llevar a cabo el inventario. Estos indicadores tienen unas características como tipo (cualitativos o cuantitativos) y unidades de medida. Las “methodological sheets” disponibles en la web de UNEP-SETAC Life Cycle Initiative

(UNEP-SETAC 2010), proporcionan ejemplos de indicadores de inventario para cada subcategoría.

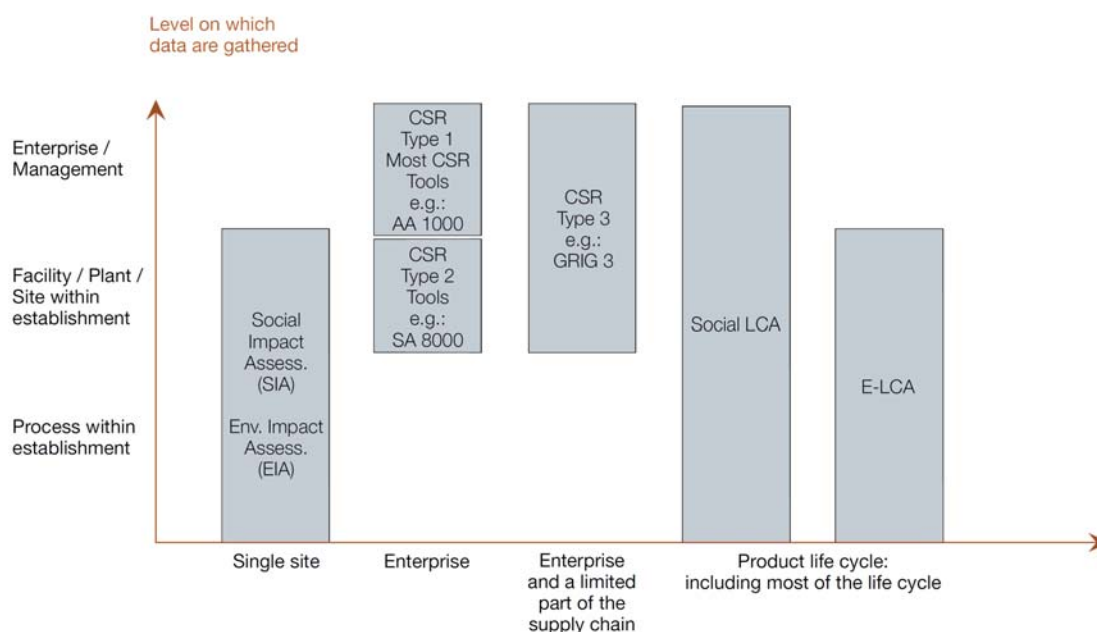
5.3.2. Fases de un ACV-social

El ACV-social se utiliza para mejorar el conocimiento y promover mejoras de las condiciones sociales en el ciclo de vida de un producto.

Alcance:

El ACV-ambiental evalúa los impactos debidos a los procesos a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, cubriendo también los impactos durante la fase de uso. No trabaja con datos a nivel de cómo es gestionada la empresa, aunque a veces esta gestión puede influir en algunos factores de emisión; trabaja con datos a nivel de procesos y de empresas específicas. En comparación, el ACV-social usa la información obtenida a nivel de planta o de cómo se gestiona la empresa en particular (por ejemplo, prácticas de trabajo, etc.) y lo hace para todo el ciclo de vida de un producto.

Figura 5-1. Alcance de las herramientas de responsabilidad social corporativa y de impacto ambiental de la empresa y sus productos (UNEP-SETAC 2009).



La unidad funcional permite una evaluación cuantitativa y una comparación de impactos. El flujo de referencia se define a partir de la unidad funcional. No existe diferencia entre ACV-ambiental y ACV-social en cuanto a la unidad funcional. La única diferencia es que el ACV-social utiliza características o atributos del proceso o de la empresa que no es relevante expresar por unidad de producto fabricado. Este tipo de información no se resume por unidad funcional cuando agregamos toda la información a lo largo del ciclo de vida en un ACV-social.

Análisis de inventario: dado que todavía nos encontramos en una fase preliminar de construcción de bases de datos para un ACV-social, se sugiere realizar el inventario en diferentes fases. Después de modelizar el sistema, basándonos en el flujo de referencia, deben recogerse datos de las variables de proceso que nos den una primera información sobre la importancia de cada unidad de proceso. Estas variables son normalmente las horas de trabajador y el valor añadido para cada unidad de proceso.

Un segundo paso consiste en determinar los “hotspots”, que es donde se encuentran los más importantes impactos sociales potenciales de todo el ciclo de vida. Los “hotspots” sociales estarán en el sector o región donde se hallen los mayores riesgos de grandes impactos negativos o las mayores oportunidades de grandes impactos positivos.

Finalmente, si el objetivo y alcance del estudio lo requieren, se buscarían los datos de inventario necesarios para las unidades de proceso identificadas como “hotspots”.

Evaluación de impactos: la evaluación de impactos a partir de los indicadores calculados en la fase de inventario requiere una serie de pasos. Las metodologías específicas de evaluación de impacto se encuentran todavía en fase de desarrollo, y sólo se cuenta hasta el momento con unas guías. La agregación de los datos de inventario mediante algún tipo de caracterización está todavía por desarrollar. Se pueden agregar datos de inventario por stakeholder (impactos positivos o negativos en relación a una necesidad de un stakeholder), o bien, a lo largo del ciclo de vida (p. ej. el 75 % de las horas de trabajador del ciclo de vida son libres de explotación infantil).

Tabla 5-2. Sistema de evaluación desde categorías hasta la unidad de medida, adaptado de (BENOIT et al. 2007).

Stakeholder categories	Impact categories	Subcategories	Inv. indicators	Inventory data
Workers	Human rights	■		
Local community	Working conditions	■		
Society	Health and safety	■		
Consumers	Cultural heritage	■		
Value chain actors	Governance	■		
	Socio-economic repercussions	■		

5.3.3. Necesidades de investigación

El ACV-social se encuentra todavía en una fase preliminar de desarrollo y es necesario realizar casos de estudio y editar material educativo para comunicar las mejores prácticas. Se necesita el desarrollo de modelos que faciliten la presentación de resultados y su posible integración en una herramienta que evalúe la sostenibilidad.

Respecto a los objetivos y al alcance, se identifica como estratégica la investigación en ACV-social consecuencial.

En la fase de inventario se considera prioritaria la mejora de las “methodological sheets” porque proporcionan la información necesaria para la recogida de datos de una forma consistente. También es necesario el desarrollo de bases de datos.

En la fase de evaluación de impactos las investigaciones deberían abordar las relaciones causa-efecto, desarrollar modelos de caracterización y proveer una guía para la interpretación de resultados.

En resumen, esta guía proporciona el mapa o el esqueleto del ACV-social. Proporciona un marco uniforme y suficientemente flexible para permitir mejoras continuas y variaciones

con una base de consenso común. Mientras, se están desarrollando los primeros casos de estudio basados en esta guía, así como también una base de datos de “social hotspots”.

5.4. Planteamiento del ACV-social para el modelo propuesto

5.4.1. Introducción

Uno de los pocos casos de evaluación de ciclo de vida social descrito en la literatura es precisamente el resultado de un proyecto europeo del 5º Programa Marco en el que se evaluaba el impacto social de la gestión de residuos municipales. El nombre concreto del proyecto es: *The Use of Life Cycle Assessment Tool for the Development of Integrated Waste Management Strategies for Cities and Regions with Rapid Growing Economies (LCA-IWM)* (DEN BOER et al. 2005).

Tabla 5-3. Indicadores calculados en el proyecto europeo LCA-IWM (DEN BOER et al. 2005).

Acceptación social	Almacenamiento temporal	Recogida y transporte	Pre tratamiento
1. Olor	SI	NO	SI
2. Impacto visual	SI	NO	SI
3. Conveniencia	SI	NO	NO
4. Espacio urbano	SI	NO	SI
5. Espacio privado	SI	NO	NO
6. Ruido	SI	SI	SI
7. Complejidad	SI	NO	NO
8. Tráfico	NO	SI	SI
9. Percepción de riesgo	NO	NO	SI
Equidad social			
10. Localización / distribución	SI	NO	NO
11. Calidad del empleo	NO	SI	SI
Función social			
12. Reciclaje / destino	NO	NO	SI
13. Creación de empleo	NO	SI	SI

En este estudio se definían unos indicadores sociales clasificados en tres perspectivas: la aceptación, la equidad y la función social. Los indicadores cuantificados en este estudio son los que se muestran en la tabla 5-3 y se evalúan para cada etapa del proceso de gestión de residuos municipales: almacenamiento temporal, recogida y transporte, y pretratamiento.

Estos indicadores se calculan para aquellas etapas de la gestión de residuos municipales en las que tienen sentido. Cada indicador se calcula como media de los valores asignados a variables independientes que sean relevantes para dicho indicador.

De hecho, como se puede ver, este ejemplo no sigue la guía propuesta por UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (descrita en el apartado 5.3), ya que fue realizado en 2005. Evalúa algunos impactos, pero no todos, y tiene en cuenta los distintos actores involucrados pero no de una forma sistemática (por ejemplo de los indicadores descritos algunos afectan a la comunidad local, otros al consumidor y otros a los trabajadores). Este ejemplo es interesante para ver cómo describe y calcula algunos de los indicadores (ej. “**Espacio urbano**”) y además describe y calcula algunos indicadores relacionados con la aceptación y la facilidad con que los usuarios pueden contribuir a llevar a cabo esta gestión de residuos. Esto último es muy interesante en el caso de proponer modelos de gestión de residuos cuya viabilidad dependa de la implicación de los usuarios.

Figura 5-2. Ejemplo del cálculo de uno de los indicadores sociales propuesto en un estudio de gestión de residuos (DEN BOER et al. 2005).

Espacio urbano

Es el espacio urbano ocupado por la gestión propuesta en una ciudad determinada respecto al espacio disponible en dicha ciudad. La aceptabilidad de un determinado sistema de gestión dependerá también de cuánto espacio es ocupado.

Para el cálculo de este indicador se utilizará la siguiente fórmula:

$$EU_r = \frac{SuO}{EU_rD}$$

EU_r: Espacio Urbano consumido (en habitantes equivalentes)

SuO: Superficie Ocupada (m²)

EU_rD: Espacio Urbano disponible (m²/habitante)

Las directrices de la Life Cycle Initiative están más bien enfocadas a evaluar todo el ciclo de vida de un producto e identificar si en todas las etapas de este ciclo de vida existe una responsabilidad social por parte de las empresas involucradas y de las administraciones públicas de los distintos países. En muchos casos, los indicadores requieren la existencia de una empresa y datos de la misma. Este enfoque es difícil de seguir totalmente en el modelo de recogida de juguetes, ya que el objetivo es comparar o evaluar las mejoras que supone el modelo de recogida propuesto respecto al tradicional. Es decir, no se evalúa un producto sino un modelo propuesto.

Por lo tanto, para llevar a cabo el ACV-social del sistema de recogida de juguetes propuesto, se han tomado en consideración tanto las directrices indicadas por la SETAC Life Cycle Initiative, como el ejemplo de gestión de residuos municipales anteriormente expuesto.

5.4.2. Etapas del sistema de recogida de juguetes propuesto

En el caso que nos ocupa, tomando como referencia el estudio anteriormente citado, el proceso de gestión de pequeños RAEE (visualizado en la figura 2-1 del apartado) tendría 3 etapas: almacenamiento temporal y recogida en las escuelas, transporte al punto de selección y selección de los juguetes que pueden ser reutilizados y los que no, y distribución final de los juguetes reutilizables.

Recogida en escuelas: los niños llevarán los juguetes que ya no usen a la escuela, aprovechando el mismo viaje diario que realizan. Las escuelas dispondrán de unos contenedores de cartón para almacenarlos temporalmente.

Selección: la entidad encargada de la selección de juguetes los recogerá de las escuelas y los llevará al punto de selección. Una vez seleccionados, los juguetes reutilizables pasarán al sistema de distribución, mientras que los que deban ir a reciclaje se llevarán al punto limpio del municipio o bien directamente a la planta de reciclaje.

Distribución: los juguetes reutilizables pasarán al sistema de distribución adecuado que permita su reutilización. Este sistema puede variar de un municipio a otro.

5.4.3. Metodología utilizada para la evaluación social

Para llevar a cabo la evaluación social, se comparará el sistema 1, ya existente en la actualidad, con el sistema 2 que incluye la recogida en puntos limpios ya existentes más la recogida a través de las escuelas. La diferencia entre el sistema 1 y el sistema 2 son precisamente los procesos señalados en la figura 2-1, que incluyen la recogida en escuelas, la selección para separar juguetes reutilizables de los que no lo son y finalmente su venta o reincorporación en el mercado. También podría haber diferencia en cuanto a la cantidad de pequeños RAEE que llegarían a reciclaje a través de este sistema, evitando su vertido a vertedero controlado.

Para implantar un determinado sistema de gestión de residuos, anteriormente se tomaban en consideración únicamente aspectos técnicos y económicos. Posteriormente se han incorporado ya las consideraciones ambientales, pero aun así, existen muchas experiencias en las que, a pesar de que el sistema es tecnológicamente posible, económicamente viable y supone mejoras ambientales, no se ha conseguido su implantación debido a la falta de aceptación social. Es por ello que, aunque los métodos de cuantificación y evaluación social están aún en sus orígenes, es importante realizar una evaluación social antes de implantar o proponer seriamente un nuevo sistema de gestión de residuos. La viabilidad técnica, económica y ambiental de esta alternativa propuesta no garantiza su implantación en el mercado.

La evaluación social se llevará a cabo mediante las siguientes etapas:

- Justificación y definición de los indicadores que se evaluarán
- Descripción del método a seguir para cuantificarlos
- Propuesta de cuantificación
- Conclusiones

5.5. Evaluación de los indicadores sociales

5.5.1. Justificación y definición de los indicadores a evaluar

El objetivo que debe conseguirse para realizar una evaluación de ACV-social lo más correcta posible es evaluar los impactos sociales más significativos del modelo propuesto respecto al actual.

A continuación se describen los indicadores que, a priori, parece que pueden ser útiles para evaluar el modelo de recogida propuesto, agrupados en función del documento de origen en el que están descritos (UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (UNEP-SETAC 2009) o Proyecto europeo sobre Gestión de Residuos Municipales (DEN BOER et al. 2005)).

1. Indicadores a partir de UNEP/SETAC Life Cycle Initiative

En la tabla 5-4 se presentan uno o dos indicadores para cada actor involucrado, elegidos teniendo en cuenta que lo que se quiere evaluar es un modelo o sistema, eliminando por lo tanto aquellos indicadores que se refieren a la empresa y a su comportamiento y escogiendo los aplicables a un producto/sistema/modelo. Estos indicadores pueden calcularse de forma cualitativa, semicuantitativa o cuantitativa.

Tabla 5-4. Indicadores útiles para evaluar un sistema o modelo propuesto.

Actores	Indicadores ^a	Significado ^b
Trabajadores	Igualdad de oportunidades Salario adecuado	Todos debemos tener las mismas oportunidades, sin importar sexo, raza, edad, etc. Mide el grado de adecuación del salario respecto al tipo de servicio solicitado.
Consumidores	Seguridad y salud <u>Responsabilidad de fin de vida</u>	Se refiere al derecho del consumidor a ser protegido de productos y/o servicios que puedan ser peligrosos para la salud. Mide los esfuerzos encaminados a reducir los impactos sociales del fin de vida de un producto o servicio. Las organizaciones deben dar información clara, concreta y rigurosa a los consumidores de las opciones de fin de vida.
Comunidad local	<u>Implicación en la comunidad</u> Empleo local	Evalúa si una organización involucra actores locales en la toma de decisiones. También el grado de complicidad entre la organización y la comunidad en general. Evalúa el rol de una organización al afectar el empleo local, directa o indirectamente.
Sociedad	Contrib. a la sostenibilidad <u>Contrib. desarrollo económ.</u> Desarrollo tecnológico	Responsabilidad social no solo a nivel de empresa sino en relación a su comunidad o sociedad. Mide la contribución del sistema al desarrollo económico del país. Mide la contribución del sistema al desarrollo tecnológico del país.
Actores en la cadena de valor	Promover la responsabilidad social	Mide si la empresa promueve la responsabilidad social de sus proveedores y de sus propias acciones.

- a) Subrayados y en color gris los indicadores que se estudiarán para evaluar el modelo propuesto.
- b) Descrito en las hojas de ruta (“methodological sheets”) de (UNEP-SETAC 2009).

De los indicadores presentes en la tabla 5-4, no se cree necesario calcular indicadores relativos a los trabajadores, debido a que tanto el modelo propuesto como el actual se llevan a cabo en un país desarrollado con unas leyes de protección de los derechos del trabajador bastante adecuadas. Estos indicadores serían más significativos si entre los sistemas comparados hubiera involucrados países con distintos niveles de protección.

Si se observan los indicadores relativos a consumidores, el más significativo para el presente proyecto sería seguramente el de responsabilidad de fin de vida, ya que esta responsabilidad sí puede estar afectada por el modelo propuesto y se podría intentar cuantificar. La seguridad y salud también puede verse afectada, aunque no tanto para los consumidores sino para la sociedad en general, si se consigue un mejor reciclaje de los productos tóxicos. Aun así, este indicador no se calculará en la evaluación social, ya que se considera que de alguna forma ya está contabilizado en la parte ambiental.

Respecto a la comunidad local, sería interesante evaluar la implicación local del modelo propuesto. El empleo no se valorará de forma local, sino de forma global (para la sociedad) dentro de la contribución al desarrollo económico.

En cuanto a indicadores para medir el impacto social para la sociedad en su conjunto, se propone medir la contribución del sistema al desarrollo económico. Una organización puede contribuir al desarrollo económico del país de diversas formas: creando empleo, proporcionando educación y formación, realizando inversiones o promoviendo la investigación. Se propone evaluar un indicador de creación de empleo, como medida de la contribución del modelo evaluado al desarrollo económico del país.

Referente a los actores en la cadena de valor, no se evaluará ningún indicador de este tipo, ya que el modelo propuesto no se refiere a una organización concreta de la cual se puedan evaluar sus actuaciones o las de sus proveedores. El sistema propuesto afectaría a la responsabilidad de los consumidores y de la sociedad en general y esto influiría posteriormente en la responsabilidad de las organizaciones. Este elemento se evaluará en consumidores.

2. Indicadores a partir del Proyecto europeo sobre Gestión de Residuos Municipales

De los impactos sociales evaluados en el estudio de gestión de residuos municipales comentado anteriormente hay cinco impactos que no serían significativos en el caso que nos ocupa. Los cuatro primeros son: el olor, el ruido, el tráfico y la percepción de riesgo. En cuanto a la aceptación social y respecto a la equidad social el indicador de localización/distribución tampoco sería importante, ya que la localización de las escuelas es la que es y no puede variarse.

En referencia a los demás indicadores, podrían ser aplicables al modelo propuesto con las siguientes redefiniciones:

1. Impacto visual: el impacto visual del almacenamiento temporal en las escuelas frente a una disminución de la cantidad de residuos vertidos en el contenedor situado en acera.
2. Conveniencia: la facilidad (o no) para las familias de llevar estos residuos a la escuela en lugar de verterlos en el contenedor situado en acera (situación más frecuente actualmente, que no es legal) o de llevarlos al punto limpio.
3. Espacio urbano: espacio público necesario para la recogida, selección y distribución de estos residuos en el modelo propuesto respecto al actual.
4. Espacio privado: espacio necesario en casa y en las escuelas para guardar temporalmente los residuos de juguetes.
5. Complejidad: facilidad para que los ciudadanos entiendan y acepten el sistema de recogida propuesto.
6. Calidad del empleo: este indicador tiene en cuenta las características del trabajo y su contexto laboral.
7. Reciclaje/destino: este indicador cuantifica la proporción de material recuperado en un área. El reciclaje tiene efectos beneficiosos para la sociedad, como la menor necesidad de vertederos o la conservación de los recursos naturales.
8. Creación de empleo: cantidad total de empleo directo.

Tabla 5-5. Indicadores sociales calculables para los distintos procesos del modelo propuesto.

Indicadores	Procesos del modelo propuesto		
	Almacenamiento temporal escuelas	Selección	Distribución
1. Impacto visual	SI	NO	SI
2. Conveniencia	SI	NO	NO
3. Espacio urbano	SI	SI	SI
4. Espacio privado	SI	NO	NO
5. Complejidad	SI	NO	NO
Equidad social			
6. Calidad del empleo	NO	SI	SI
Función social			
7. Reciclaje/ destino	NO	SI	SI
8. Creación de empleo	NO	SI	SI

Algunos de estos 8 indicadores ya quedan incluidos dentro de indicadores más genéricos descritos en la guía metodológica de UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (UNEP-SETAC 2009), por ejemplo la creación de empleo y su calidad. Otros, como el impacto visual o el reciclaje, quizás serían indicadores más de tipo ambiental. Finalmente, quedan una serie de indicadores de aceptación social, que no están incluidos en la guía metodológica de la iniciativa y que son importantes para que el modelo sea aceptado y, por lo tanto, se implante: son los referidos a conveniencia, espacio urbano, espacio privado y complejidad. Se propone evaluar un indicador social (comodidad) que tenga en cuenta todos estos aspectos.

3. Indicadores sociales elegidos para el modelo propuesto

Los indicadores sociales a calcular se han elegido tomando en consideración principalmente las guías para el ACV-social propuestas por UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (UNEP-SETAC 2009) y añadiendo también un indicador que tenga en cuenta la facilidad para los usuarios de contribuir al sistema de recogida propuesto, según se describe en el proyecto

europeo de gestión de residuos municipales descrito anteriormente, LCA-IWM (DEN BOER et al. 2005).

Los cuatro indicadores sociales escogidos para este estudio han sido:

- Comprensión/responsabilidad de fin de vida, que evaluará la responsabilidad de los consumidores respecto los productos que consumen.
- Implicación/afectación en la comunidad, que evaluará el grado de implicación de los distintos actores de la comunidad local.
- Empleo, que medirá la contribución de generar empleo en la sociedad y a su desarrollo económico.
- Comodidad, que evaluará la facilidad que les supone a los diferentes actores de la cadena el modelo propuesto la gestión de sus residuos.

5.5.2. Método de cuantificación

Se ha definido el cálculo para cada indicador de forma que todos ellos estén normalizados y su valor pueda oscilar entre -1 y 1. Si el indicador es negativo indica que el sistema estudiado produce el efecto contrario al descrito por el indicador. Por ejemplo, un valor negativo para el indicador de creación de puestos de trabajo, significa que en realidad se han destruido puestos de trabajo.

Todos los indicadores se han calculado por ponderación de una serie de elementos y su cálculo sigue una misma fórmula general:

$$I = \sum_{i=1}^n k_i * I_{ei} \in [-1, 1]$$

donde:

I , es el indicador calculado.

I_{ei} , son todos los elementos que influyen en el indicador I . Todos ellos normalizados entre [-1 , 1].

n , es el número total de elementos considerados.

k_i , son los factores de ponderación cuya suma tiene que ser la unidad: $\sum_i k_i = 1$.

5.5.3. Propuesta de cuantificación de los indicadores sociales

Para cada uno de los indicadores descritos anteriormente, se ha desarrollado una definición y se propone una fórmula de cálculo adecuada para el presente estudio. La propuesta de cálculo para cada uno de estos indicadores es la siguiente:

- Comprensión/responsabilidad de fin de vida (consumidores): indicador que medirá el grado de comprensión de los consumidores respecto a su responsabilidad de fin de vida de los productos que consumen. Valora la comprensión como medida de responsabilidad.

Se propone calcularlo mediante la siguiente fórmula:

$$I_R = \sum_{i=1}^N k_i * I_{Ri} \in [-1, 1]$$

donde:

I_R , es el indicador de responsabilidad de fin de vida, normalizado que puede tomar valores entre -1 y 1.

I_{Ri} , es el indicador de responsabilidad de fin de vida normalizado para un municipio i .

k_i , son factores de ponderación por población municipal. La suma de los factores para los N municipios evaluados debe ser 1.

El valor de I_{Ri} se podría calcular mediante encuestas, permitiendo la obtención de un valor de I_{Ri} tanto para una población donde se ha implantado el nuevo modelo como para poblaciones donde no se ha implantado.

$$I_{Ri} = \frac{\sum_{p=1}^m \text{Puntuación}_{\text{cuestionario},p}}{\sum_{p=1}^m \text{Puntuación}_{\text{máxima},p}} \in [-1, 1]$$

donde:

I_{Ri} , es el indicador de responsabilidad promedio para un municipio determinado.

m , es el nº de personas entrevistadas en dicho municipio.

$\text{Puntuación}_{\text{máxima},p}$, es la puntuación que se habría obtenido si todas las personas entrevistadas hubieran dado respuestas responsables.

Como ejemplo se ha elaborado un cuestionario con preguntas cuya respuesta permite valorar el grado de comprensión/responsabilidad de fin de vida. Cada pregunta del cuestionario permite escoger entre 5 respuestas. Hay dos respuestas irresponsables que tienen puntuación negativa, el desconocimiento tiene un valor de 0 y cuando la persona contesta de forma responsable, la respuesta tiene una puntuación positiva.

Las cinco respuestas oscilan desde un grado de “muy de acuerdo” hasta otro de “muy en desacuerdo”. Las dos primeras tienen un sentido de responsabilidad mientras que las dos últimas indican un desconocimiento. La respuesta central es neutra indicando su desconocimiento.

Las preguntas se han planteado en tres ámbitos: el conocimiento de los AEE (aparatos eléctricos y electrónicos), la reparación de AEE cuando no funcionan y qué se hace con ellos cuando ya no sirven. El ejemplo del cuestionario se encuentra en la tabla anexo 1-1 del anexo 2.

- Implicación/afectación en la comunidad (comunidad local): medida de la implicación o afectación en la comunidad local del sistema propuesto, respecto del actual. Este indicador mediría el grado de aceptación (o rechazo) de los distintos actores locales involucrados en el modelo propuesto: municipios, escuelas, familias y ONG locales. Este indicador (con valores entre -1 y 1), expresaría aceptación del sistema propuesto cuando tuviera valores positivos y rechazo si fueran negativos.

Se propone un cálculo de la siguiente forma:

$$I_{IL} = \sum_{i=1}^N \frac{I_{ILi} * Pobi}{Pob_{total}}$$

donde:

I_{IL} , es el indicador de implicación local normalizado que puede tomar valores entre -1 y 1.

I_{ILi} , es el indicador de implicación local normalizado para un municipio i .

$Pobi$, es la población del municipio estudiado.

Pob_{total} , es la población total de los municipios participantes.

N , es el número de municipios participantes

Para el cálculo del indicador de implicación local normalizado para un municipio determinado se propone la siguiente fórmula:

$$I_{IL} = k_1 * A_M + k_2 * A_E + k_3 * A_F * k_4 * A_{ONG}$$

donde:

I_{IL} , es el indicador de implicación local normalizado que puede tomar valores entre -1 y 1.

A_M , es la aceptación del municipio, normalizada entre [-1. 1].

A_E , es la aceptación de las escuelas, normalizada entre [-1. 1].

A_F , es la aceptación de las familias, normalizada entre [-1. 1].

A_{ONG} , es la aceptación de la ONG, normalizada entre [-1. 1].

k_1 , k_2 , k_3 y k_4 , son factores de ponderación cuya suma debe ser 1.

Como ejemplo se ha elaborado un cuestionario con preguntas cuya respuesta permite valorar el grado de implicación/afectación en la comunidad. Cada pregunta del cuestionario permite escoger entre 5 respuestas. Hay dos respuestas de rechazo que tienen una puntuación negativa, el desconocimiento tiene un valor de 0 y cuando la respuesta es de aceptación tiene una puntuación positiva.

Las cinco respuestas oscilan desde un grado de “muy de acuerdo” hasta otro de “muy en desacuerdo”. Las dos primeras tienen un sentido de aceptación mientras que las dos últimas indican un rechazo. La respuesta central es neutra indicando su desconocimiento.

Las preguntas se han planteado en cuatro ámbitos, valorando la aceptación de la campaña de recogida por parte de: el municipio, las escuelas, las familias y la ONG y el coordinador local. El ejemplo del cuestionario se encuentra en la tabla anexo 2-2 del anexo 2.

- Empleo (sociedad, desarrollo económico): medida de la contribución al empleo del modelo propuesto. Se podría medir como el número de puestos de trabajo creados por cada 10.000 habitantes, con un sueldo adecuado y teniendo en cuenta además positivamente el número de trabajadores contratados procedentes de la bolsa de exclusión social.

Para su cálculo se propone la siguiente fórmula:

$$I_{PTC} = k_1 PTC_{10000} + k_2 PTC_{re} + k_3 S_{ONG}$$

donde:

I_{PTC} , es el indicador de empleo (puestos de trabajo creados), normalizado entre $[-1, 1]$. Valores negativos de este indicador suponen destrucción de empleo.

PTC_{10000} , es el nº de puestos de trabajo creados por 10.000 habitantes, normalizado entre $[-1, 1]$.

PTC_{re} , es la fracción de los puestos de trabajo creados que corresponden a personas con riesgo de exclusión, normalizado entre $[0, 1]$.

S_{ONG} , es el porcentaje que representa el salario pagado por nuestra ONG respecto al salario medio en España de las personas con exclusión social, normalizado entre $[-1, 1]$.

k_1 , k_2 y k_3 , son factores de ponderación. La suma de $k_1 + k_2 + k_3$ debe ser 1. El factor k_2 es un factor de mérito, siempre será positivo.

Para el cálculo de los distintos índices normalizados que aparecen en la fórmula anterior, se proponen las siguientes hipótesis:

- a) El indicador PTC_{10000} valdrá 1 si se crean 10 o más puestos de trabajo y -1 si se destruyen estos mismos.
- b) El valor de PTC_{re} , serán méritos adicionales. Es decir, el indicador I_{PTC} podría ser igual a 1 si se crean suficientes puestos de trabajo, el salario es $\geq 20\%$ de la media y además algunos de los puestos de trabajo fueran de personas con riesgo de exclusión social.
- c) S_{ONG} , valdrá 1 si el salario de nuestra ONG es un 20 % superior a la media de salario español para el mismo tipo de trabajo y -1 si el salario de la ONG es un 20 % inferior.

Siguiendo estas hipótesis, la fórmula para el cálculo de PTC_{10000} sería:

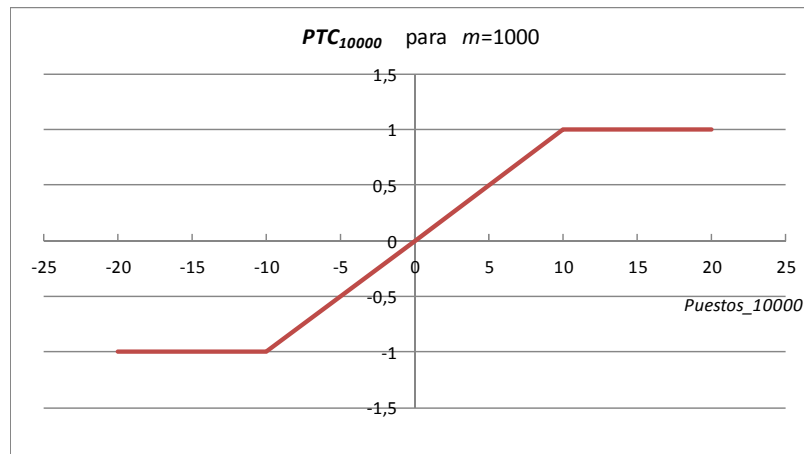
$$PTC_{10000} = m * Puestos_{10000} \in [-1, 1]$$

Donde m sería el factor de saturación para la creación o destrucción de 10 puestos de trabajo por cada 10.000 habitantes.

$$m = \frac{10.000 \text{ habitantes}}{10 \text{ puestos de trabajo}} = 1.000 \text{ Hab/puesto trab.}$$

Los distintos valores que puede tomar el parámetro PTC_{10000} en función del número de puestos de trabajo creados o destruidos, con saturación para más de 10 puestos de trabajo creados o destruidos, se muestran en el figura 5-3.

Figura 5-3. Valor que toma el indicador PTC_{10000} saturado a 1 para **Puestos₁₀₀₀₀ >= 10**.



De forma similar, la fórmula para el cálculo de S_{ONG} sería:

$$S_{ONG} = \frac{\text{Salario}_{ONG} - \bar{S}}{\bar{S}} * f \in [-1, 1]$$

Donde:

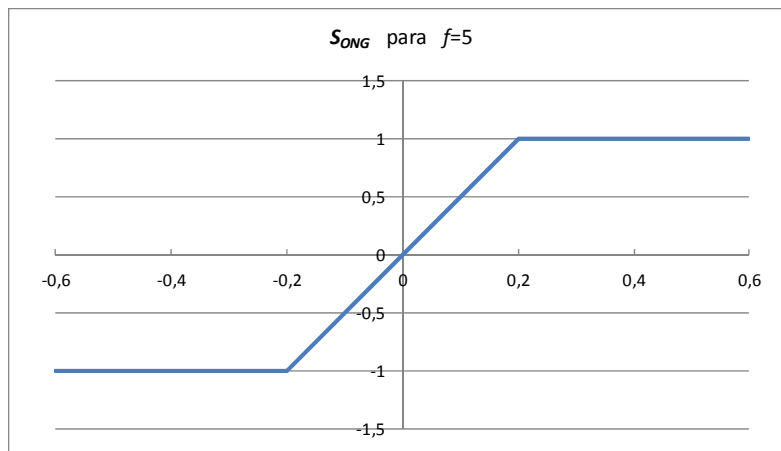
\bar{S} , es el salario medio español para este trabajo.

f , es el factor de saturación para la obtención de un salario del 20% superior o inferior a la media.

$$f = \frac{1}{0,2} = 5$$

Los distintos valores que puede tomar el parámetro S_{ONG} en función del nivel del salario pagado, con saturación en $\pm 20\%$ de variación del salario respecto la media española, se muestran en el figura 5-4.

Figura 5-4. Valor que toma el indicador S_{ONG} saturado a 1 para $Salario_{ONG} \geq 20\%$ del salario medio.



- Comodidad (actores de la cadena): medida de la facilidad que supone para los diferentes actores involucrados el sistema propuesto. La unidad de medida de este indicador será en tiempo y espacio ocupado. Mide el tiempo que un ciudadano pierde con la gestión de los residuos o el espacio ocupado por dicha gestión. Cuanto más tiempo dedicado o más espacio ocupado menor comodidad.

Se propone un cálculo de la siguiente forma:

$$I_{COM} = k_1 C_M + k_2 C_E + k_3 C_F + k_4 C_{ONG} \quad \in [-1, 1]$$

donde:

I_{COM} , es el indicador de comodidad normalizado que puede tomar valores de entre -1 y 1.

C_M , es la comodidad para el municipio, normalizada entre [-1. 1].

C_E , es la comodidad para las escuelas, normalizada entre [-1. 1].

C_F , es la comodidad para las familias, normalizada entre [-1. 1].

C_{ONG} , es la comodidad para la ONG, normalizada entre [-1. 1].

k_1, k_2, k_3 y k_4 , son factores de ponderación cuya suma debe ser 1.

La comodidad debería estimarse a partir del espacio ocupado y del tiempo dedicado para cada uno de los actores de modo que cuanto más tiempo y más espacio, menor

comodidad. Se propone calcularlo con valores de espacio y de tiempo discretos (-1, -1/2, 0, 1/2, 1). Por ejemplo, el indicador de comodidad para el municipio (C_M) sería:

$$C_M = k_t C_{Mt} + k_e C_{Me}, \text{ siendo } k_t + k_e = 1 \text{ i } C_{Mi} \in [-1, 1]$$

Cada municipio debería poder elegir la importancia relativa entre espacio ocupado y tiempo. Por ejemplo, en grandes ciudades seguramente el espacio ocupado es más importante que en pueblos pequeños.

En la tabla 5-6 se proponen los valores discretos de comodidad para los diferentes actores, tanto en el modelo propuesto como en el actual, que consiste en llevar los equipos eléctricos y electrónicos (también juguetes) al punto verde del municipio.

Tabla 5-6. Valores discretos propuestos para medir la comodidad de los distintos actores.

Actores		Tiempo (t)		Espacio (e)	
		Actual: punto verde	Modelo propuesto	Actual: punto verde	Modelo propuesto
Municipio	C_M	0	-1/2	0	0
Escuelas	C_E	0	-1	0	-1/2
Familias	C_F	-1	-1/2	-1	-1
ONG	C_{ONG}	0	0*	0	0*

* En el modelo propuesto la ONG dedica un espacio y un tiempo a la recogida y selección de juguetes, pero no se contempla en el indicador de comodidad porque tendrá una remuneración por ello.

Como puede observarse, se han definido un total de 4 indicadores, un indicador para cada uno de los actores sociales involucrados (excepto trabajadores y actores en la cadena de valor). Este número de indicadores sociales es similar al número de indicadores ambientales y además los indicadores sociales escogidos son significativos en el estudio propuesto.

5.6. Conclusiones

Se han identificado 4 indicadores sociales significativos para el sistema que se quería evaluar (modelo alternativo de recogida de juguetes usados).

Se ha definido de forma muy concreta cómo se podían calcular estos indicadores. Los indicadores son:

- **Comprensión/responsabilidad de fin de vida (consumidores).** Se calcula como una suma de factores que miden el grado de comprensión de los consumidores respecto a su responsabilidad con los residuos que generan. Estos factores tendrían que evaluarse mediante encuestas.
- **Implantación/aceptación en la comunidad.** Se calcula mediante una suma ponderada de distintos factores de aceptación o rechazo de los distintos actores locales involucrados en el modelo propuesto: municipios, escuelas y familias.
- **Empleo.** Calculado como el número de puestos de trabajo creados con un salario adecuado y, sobre todo, intentando potenciar los contratos de personas que están en la bolsa de exclusión social. El cálculo también consiste en una suma ponderada de los puestos de trabajo creados, de los que corresponden a personas con riesgo de exclusión social y en función de los salarios pagados.
- **Comodidad (actores de la cadena).** Calculado como una medida de la facilidad que supone para los diferentes actores involucrados en el sistema propuesto. Se calcula una ponderación entre el tiempo y el espacio ocupado, que se destinan para gestionar este tipo de residuos.

Aunque no se disponen de suficientes datos estadísticos representativos para el sistema estudiado, se ha conseguido proponer un método de cálculo de los indicadores anteriores que permita cuantificarlos. Se ha conseguido una simplificación del cálculo normalizando todos parámetros con valores comprendidos entre -1 y +1 y añadiendo unos factores de ponderación que tengan en cuenta la importancia de los distintos aspectos evaluados.

Capítulo 6. Ejemplo de un caso de éxito. “Escola Pia” de Igualada

6.1. Introducción

Después de las pruebas piloto realizadas durante los cursos 2007-08 y 2008-09 se siguió con la campaña durante los siguientes cursos con la participación de un único municipio, el de Igualada, con un total de unas 18 escuelas.

En el curso 2010-11 se ha dado un caso singular en el conjunto de estas escuelas participantes en la campaña, en el sentido de que en la Escola Pia la recogida de juguetes ha sido muy superior a la media del conjunto de escuelas participantes.

Esta escuela ha participado en las campañas de los años 2008, 2009 y 2010 con resultados dispares. En los dos primeros años de su participación la recogida fue muy parecida a la del resto de escuelas de la misma población y a la de otras escuelas de los otros municipios que participaron en la campaña.

Como se puede ver en la tabla 6-1 la recogida media por alumno fue de 25 gramos en el año 2008 y 10 gramos en el año 2009, unos valores muy similares a la media del resto de escuelas de la misma población que fue de entre 21 y 26 gramos por alumno.

Ha sido en el año 2010 cuando la cantidad de juguetes recogidos fue muy superior a los recogidos en los otros dos años de campaña y también a la media obtenida entre el resto de escuelas participantes.

En este año último la media de recogida por alumno subió a 225 gramos, casi diez veces superior a las medias de recogida obtenidas en las campañas anteriores.

Tabla 6-1. Recogida de juguetes en la Escola Pia de Igualada.

	Escola Pia			Media campaña Igualada		
	2008-09	2009-10	2010-11	2008-09	2009-10	2010-11
Recogida (kg)	14	5,6	159,9	107	160,4	228,8
Alumnos participantes	570	553	627	4178	7737	6878
Recogida por alumno (kg/alumno)	0,025	0,010	0,255	0,026	0,021	0,033

De los datos recogidos en la tabla anterior se infiere que ha habido un salto muy importante en la recogida de juguetes de esta escuela a lo largo de las tres campañas en las que ha participado y, por lo tanto, ha habido cambios en los hábitos de los alumnos y en la forma que ha tenido la escuela de plantearles la actividad. Estos elementos que han conseguido cambiar de forma positiva la recogida de juguetes se describen en el siguiente apartado.

6.2. Funcionamiento de la escuela

Esta escuela de Igualada, Escola Pia, tiene los dos ciclos de enseñanza: primaria y secundaria, con un total de 627 alumnos, 102 de primaria y 525 de secundaria, durante el curso 2010-11. El claustro de profesores está motivado respecto a los temas ambientales, tiene un grupo de profesores muy implicados que, junto con un coordinador, impulsan actuaciones en este ámbito ambiental, y además es una escuela verde (distinción que se otorga, dentro del programa “Escoles verdes” llevado a cabo por el Departament d’Ensenyament y el de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, a las escuelas solicitantes que cumplan ciertos requisitos en el ámbito de la sostenibilidad) (GENCAT 2010).

Como escuela verde incorporan dentro del ámbito general de la escuela un plan de acción con diversos objetivos orientados a la sostenibilidad. Este plan de acción se puede llevar a cabo porque la propia dirección del Centro estará implicada en su consecución, poniendo a disposición de los docentes los recursos necesarios para que el plan pueda llevarse a cabo.

Uno de los objetivos de este plan está orientado a la reducción y gestión de los residuos que se generan en la propia escuela. La campaña de recogida de juguetes del modelo propuesto se ha incorporado dentro de este objetivo del plan de acción.

Para llevar a cabo dichos objetivos se crean una serie de comités formados por los propios alumnos, que de esta manera se implican y participan en el mismo proceso. Así, para el caso de la recogida de juguetes se creó un comité de alumnos de secundaria que, tutorizados por un profesor, prepara actividades que puedan llevarse a cabo en la misma escuela para conseguir el objetivo propuesto.

Las acciones previstas en relación con la campaña de recogida de juguetes fueron:

- El comité ambiental, formado por un grupo de alumnos, prepara una serie de actividades para sensibilizar a sus propios compañeros de secundaria y a los más pequeños de primaria. Estas actividades consistieron en informar directamente a los alumnos de la necesidad de separar este tipo de residuos y depositarlos correctamente en un contenedor adecuado.
- Por parte de los profesores responsables se redactó una carta circular dirigida a las familias para informar a los padres del proyecto de recogida de juguetes, de las actividades que se llevarían a cabo y de la disposición en la escuela de un contenedor para que sus hijos pudieran traer los juguetes que ya ha considerado como residuos.

Dentro de la escuela, aparte de la dirección del centro, que tiene interés en incorporar aspectos de sostenibilidad en su funcionamiento, existe un grupo de entre 5 y 6 profesores (de un total de 40 profesores que tiene el centro) que dedican un esfuerzo importante para que todo el plan de acción de la escuela, y concretamente la actividad de recogida de juguetes, pueda llevarse a cabo.

El hecho de que la campaña de recogida de juguetes se haya incluido en el plan de acción de esta escuela dentro del programa de escuelas verdes, ha hecho que esta campaña quede incorporada como una actividad a nivel global de la escuela, con la participación de varios profesores. Esta motivación conjunta dentro de la escuela ha sido uno de los factores determinantes para conseguir una muy buena participación de los alumnos y sus familias en la campaña, lo cual ha llevado como resultado la consecución de unos altos índices de recogida de juguetes.

6.3. Aspectos ambientales

La recogida media por escuela de las que participaron en la prueba piloto de la campaña fue de 17,345 kg, mientras que esta escuela, Escola Pia, recogió 159,860 kg, lo que supone un porcentaje por encima de la media de recogida de las escuelas del 821,7 %.

Si lo valoramos en relación con la aportación de los alumnos, se observa que, mientras la aportación media por alumno en el conjunto de escuelas participantes en la campaña fue de 0,042 kg, la aportación de los alumnos de esta escuela llegó a los 0,255 kg, es decir, 6 veces superior a la aportación media de los alumnos del resto de escuelas.

Si se pudiera conseguir que la misma motivación de los alumnos de esta escuela fuera la de todas las demás escuelas que participan en la campaña, se obtendría una aportación similar por alumno de la conseguida por ésta, de manera que la recogida también aumentaría aproximadamente en un factor de 6.

Así, la recogida de juguetes en la primera fase de la campaña, que ha servido como base para el cálculo ambiental, tal como se ha explicitado en el apartado 2.2.6 del capítulo 2, fue de 503 kg. Si la recogida hubiera recibido la misma aportación por alumno que la que hicieron los alumnos de la Escola Pia de Igualada, el total recogido hubiera sido de 3.018,7 kg.

Siguiendo el mismo procedimiento utilizado en el apartado 2.3 del capítulo 2 para la proyección de las recogidas en el municipio “cero” hacia Catalunya y España en los siguientes 10 años, la recogida obtenida que correspondería al municipio “cero” sería de 1.313,7 kg y, extrapolando a los siguientes años, se obtendrían los valores mostrados en la tabla 6-3.

Conseguir que la totalidad de las escuelas participantes en la campaña funcionen y tengan la misma motivación que la Escola Pia de Igualada es muy difícil y, por lo tanto, un escenario más realista sería que solamente una proporción menos importante de escuelas llegaran a los niveles de participación que se han conseguido en esta escuela de Igualada.

Con una participación en la campaña con recogidas parecidas a la de la Escola Pia, de aproximadamente un 70 % de las escuelas participantes, ya sería un éxito importante, debido a que los niveles de recogida obtenidos también superarían con creces los conseguidos en las pruebas piloto y, además, como se describe más adelante, en el apartado 6.4, los beneficios

económicos de la venta de juguetes y de los materiales reciclados darían un VAN igual a cero, incluyendo también la inversión inicial realizada para poner en marcha la campaña.

Por otro lado, también se ha calculado un tercer escenario con una participación más baja, de solamente el 20 % de escuelas con recogidas parecidas a las de la Escola Pia, e incluso con este número relativamente bajo de escuelas que realizarían recogidas como la de la escuela de éxito, se obtendrían unos beneficios ambientales superiores a los de las pruebas piloto y unos beneficios económicos positivos a partir del segundo año de la implantación de la campaña, además de un VAN igual a cero.

Si la campaña se extendiera a Catalunya y España las recogidas obtenidas serían las de la tabla 6-2.

Tabla 6-2. Estimación de la previsión de recogida de juguetes si la campaña se extiende a Catalunya y España.

	Recogida campaña (kg)	Recogida campaña según 20 % como escuela de éxito (kg)	Recogida campaña según 70 % como escuela de éxito (kg)	Recogida campaña según 100 % como escuela de éxito (kg)
Municipio “cero”	251,5	503,1	1.132,0	1.509,4
Catalunya	52.312,0	104.639,1	235.457,0	313.947,7
España	327.956,0	656.006,9	1.476.134,2	1.968.210,6

El resumen de los datos estimados para la proyección de la campaña en los siguientes 10 años de las recogidas para el municipio “cero”, Catalunya y España se muestra en las tablas 6-3 y 6-4.

Tabla 6-3. Estimación de la previsión de recogida de juguetes en el municipio “cero”, según recogida de la escuela de éxito.

Año	Recogida en municipio “cero”. (campana) (kg)	Recogida en municipio “cero” según 20 % como escuela de éxito (kg)	Recogida en municipio “cero” según 70 % como escuela de éxito (kg)	Recogida en municipio “cero” según 100 % como escuela de éxito (kg)
2009	223,00	441,1	986,5	1.313,65
2010	1.040,67	2.058,6	4.603,5	6.130,37
2011	1.449,50	2.867,3	6.412,0	8.538,73
2012	1.694,80	3.352,6	7.497,1	9.983,74
2013	1.858,33	3.676,1	8.220,5	10.947,09
2014	1.975,14	3.907,2	8.737,2	11.635,19
2015	2.062,75	4.080,5	9.124,7	12.151,26
2016	2.130,89	4.215,2	9.426,1	12.552,66
2017	2.185,40	4.323,1	9.667,3	12.873,77
2018	2.230,00	4.411,3	9.864,6	13.136,50

Tabla 6-4. Estimación de la previsión de recogida de juguetes en el municipio “cero”, extendiéndola a Catalunya y España, según recogida de la escuela ejemplo.

Año	Catalunya			España		
	Recogida campana (kg)	Recogida con el 20 % como escuela de éxito (kg)	Recogida con el 100 % como escuela de éxito (kg)	Recogida campana (kg)	Recogida con el 20 % como escuela de éxito (kg)	Recogida con el 100 % como escuela de éxito (kg)
2009	46.384,0	91.755,1	273.239,3	290.792,0	575.233,6	1.712.999,9
2010	216.458,7	428.190,2	1.275.116,5	1.357.029,3	2.684.423,4	7.993.999,7
2011	301.496,0	596.407,8	1.776.055,2	1.890.148,0	3.739.018,3	11.134.499,6
2012	352.518,4	697.338,4	2.076.618,3	2.210.019,2	4.371.775,3	13.018.799,6
2013	386.533,3	764.625,4	2.276.993,8	2.423.266,7	4.793.613,2	14.274.999,5
2014	410.829,7	812.687,6	2.420.119,1	2.575.586,3	5.094.926,1	15.172.285,2
2015	429.052,0	848.734,2	2.527.463,1	2.689.826,0	5.320.910,7	15.845.249,5
2016	443.224,9	876.770,5	2.610.952,9	2.778.679,1	5.496.676,5	16.368.666,1
2017	454.563,2	899.199,5	2.677.744,7	2.849.761,6	5.637.289,2	16.787.399,4
2018	463.840,0	917.550,5	2.732.392,5	2.907.920,0	5.752.335,9	17.129.999,4

Tal como se observa en las tablas anteriores, la recogida prevista para el municipio “cero”, según una participación del 20 % de escuelas con recogida como la escuela de éxito, en el segundo año, que es de 2.058,6 kg, ya supone la recogida que se obtendría en el séptimo año de campaña según los resultados de las pruebas piloto. Si la recogida prevista para el municipio “cero” fuera la del segundo año de 4.603,5 kg, según una participación del 70 % de escuelas con recogida como la escuela de éxito, se superaría la recogida que se obtendría en el último año de campaña según los resultados de las pruebas piloto. Y si la recogida prevista para el municipio “cero” fuera la del segundo año de 6.130,37 kg, según una participación del 100 % de escuelas con recogida como la escuela de éxito, se superaría con creces la recogida que se obtendría en el último año de campaña según los resultados de las pruebas piloto.

Valores parecidos se obtienen si la campaña se extiende a Catalunya y España.

Por lo tanto, tener una recogida como la de esta escuela de éxito haría avanzar entre 6 y 10 años en la obtención de los resultados de la recogida en las pruebas piloto.

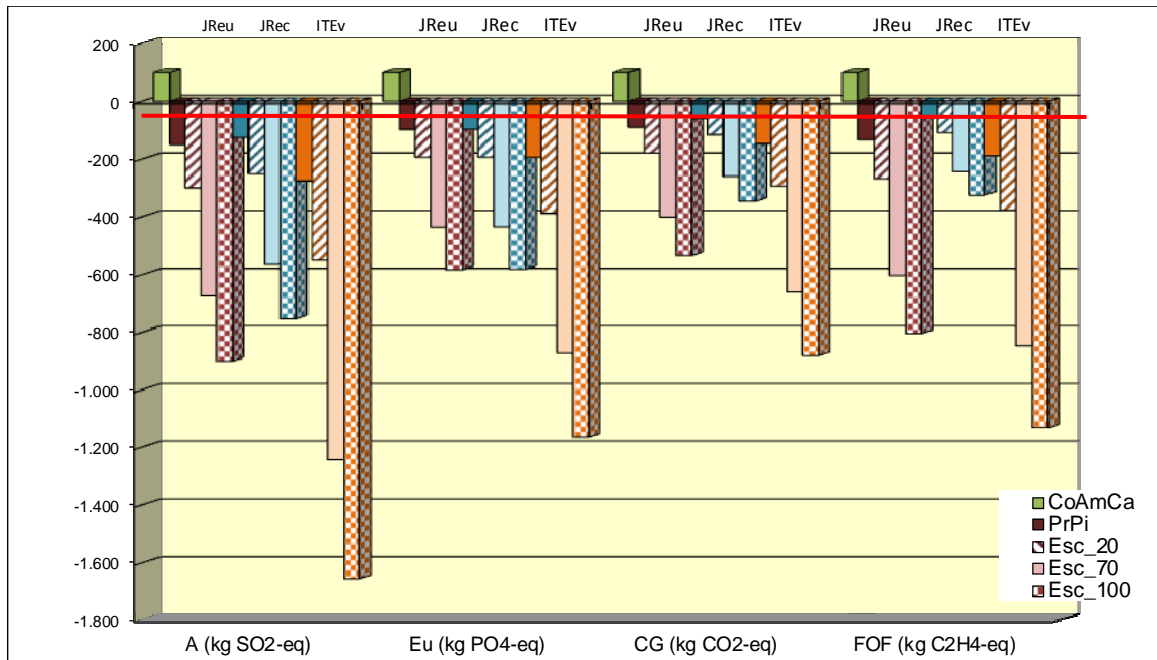
Dado que se incrementa notablemente la recogida de juguetes, también se verán incrementados los beneficios ambientales de la campaña con valores entre 2 y 15 veces superiores respecto a los obtenidos en las pruebas piloto, dependiendo de la categoría de impacto considerada y según el porcentaje de escuelas consideradas con recogida similar a la escuela de éxito Escola Pia. Este aumento de los beneficios ambientales sería debido a que se obtendrían una mayor cantidad de materiales que se reciclarían y un mayor número de juguetes recuperados, con lo que se evitaría el coste ambiental y económico de su fabricación, mientras que los costes ambientales de los materiales de la campaña se mantendrían con los mismos valores.

La suma de los impactos evitados por los juguetes reutilizados y por los juguetes reciclados es mayor que el coste de la campaña para todos los indicadores estudiados. Además en la figura 6-1, se muestra la comparación entre las dos consideraciones de recogida, la que se basa en los resultados de las pruebas piloto y la basada en los resultados de la escuela de éxito, normalizando los valores de las categorías de impacto sobre la base 100 correspondiente a los costes de la campaña.

Se observa un aumento importante del ahorro de impacto ambiental obtenido en los resultados de la campaña con recogidas similares a las de la escuela de éxito respecto de los obtenidos en

las pruebas piloto, con el supuesto de que la recogida fuese de la misma proporción que la que se consiguió en la Escola Pia de Igualada. Incrementos parecidos en el ahorro de impacto ambiental se conseguirían si la campaña se extendiera durante los próximos 10 años a Catalunya y España manteniendo estos mismos niveles de recogida.

Figura 6-1. Comparación de las ganancias ambientales de la campaña con recogidas similares a la escuela de éxito “Escola Pia”.



- CoAmCa – Coste ambiental de la campaña
- JReu – Juguetes reutilizados
- JRec – Juguetes reciclados
- ITEv – Impacto total evitado
- PrPi – Calculado según resultados de las pruebas piloto.
- Esc_20 – Calculado con un 20 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.
- Esc_70 – Calculado con un 70 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.
- Esc_100 – Calculado con un 100 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.

6.4. Aspectos económicos

Manteniendo los mismos criterios de cálculo de los aspectos económicos explicados en los apartados 4.2 y 4.3 del capítulo 4, se ha calculado la repercusión económica en este nuevo escenario en el que se recogen aproximadamente 6 veces más juguetes mientras el resto de variables se mantiene constante.

En este caso, los costes de la campaña no varían, ya que se reparten los mismos materiales de difusión a los alumnos y a las escuelas, se mantiene el mismo número de alumnos y de escuelas participantes y el coste del mantenimiento de los materiales de difusión sigue siendo el mismo.

Los ingresos obtenidos son muy superiores a los obtenidos según el modelo de estudio, debido a la mayor recogida de juguetes, que comporta una mayor cantidad de juguetes recuperados, que se pueden vender, y una mayor cantidad de materiales obtenidos del reciclaje de los juguetes estropeados. Además, hay que añadir los ingresos por los ahorros en emisiones de gases y en depuración de aguas residuales procedentes de los mayores ahorros que se obtienen en todas las categorías de impactos ambientales.

De esta manera, se puede realizar una comparativa de los ingresos obtenidos entre el modelo de estudio y el seguido según los resultados de la escuela ejemplo cuando la campaña se extiende durante 10 años para el municipio “cero”, Catalunya (190 municipios cero participantes de 208 en total) y España (1191 municipios cero participantes de 1304 en total).

Los resultados económicos de los ingresos de la campaña comparados entre el modelo de estudio y el seguido según los resultados de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada, para un municipio “cero”, Catalunya y España, se encuentran en las tablas 6-5 y 6-6. Estos ingresos son los mismos para los dos escenarios planteados, ya que la diferencia entre ambos es que se reducen los costes de los materiales de comunicación pero se mantienen los mismos niveles de recogida.

Tabla 6-5. Resumen de ingresos comparados de la campaña en el municipio “cero” en € (inflación anual 2 %).

Año	Campaña pruebas piloto	Campaña con un 20 % como escuela de éxito	Campaña con un 70 % como escuela de éxito	Campaña con un 100 % como escuela de éxito
2009	110,48	300,49	679,80	907,38
2010	560,72	1.512,55	3.390,96	4.518,00
2011	836,84	2.306,61	5.168,55	6.885,72
2012	981,61	2.714,41	6.081,19	8.101,25
2013	1093,04	3.021,69	6.769,05	9.017,47
2014	1165,17	3.231,66	7.239,33	9.643,93
2015	1220,68	3.396,62	7.608,99	10.136,41
2016	1271,52	3.544,42	7.940,28	10.577,80
2017	1318,71	3.679,39	8.243,42	10.981,83
2018	1361,08	3.801,09	8.516,41	11.345,60

Tabla 6-6. Resumen de ingresos comparados de la campaña en Catalunya y España en € (inflación anual 2 %).

Año	Catalunya				España			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
2009	20.991,84	57.092,73	129.161,61	172.402,94	131.475,19	357.580,78	808.959,56	1.079.786,82
2010	104.833,38	282.797,07	633.996,89	844.716,78	656.588,01	1.771.202,71	3.970.822,63	5.290.594,58
2011	154.203,22	425.332,99	953.073,14	1.269.717,23	965.799,11	2.663.927,69	5.969.247,56	7.952.439,49
2012	178.005,96	492.838,85	1.104.130,98	1.470.906,26	1.114.879,44	3.086.727,54	6.915.346,69	9.212.518,18
2013	195.122,15	540.301,54	1.210.368,51	1.612.408,70	1.222.080,83	3.383.993,83	7.580.729,10	10.098.770,26
2014	204.533,42	568.627,71	1.273.813,21	1.696.924,50	1.281.025,10	3.561.405,14	7.978.093,25	10.628.106,11
2015	210.599,42	587.902,04	1.317.016,40	1.754.485,01	1.319.017,42	3.682.123,33	8.248.681,65	10.988.616,64
2016	215.622,87	603.491,12	1.351.978,85	1.801.071,49	1.350.480,10	3.779.760,17	8.467.657,01	11.280.395,12
2017	219.814,18	616.274,96	1.380.752,09	1.839.438,37	1.376.730,89	3.859.827,35	8.647.868,34	11.520.692,94
2018	222.955,68	626.178,92	1.403.001,96	1.869.095,78	1.396.406,63	3.921.857,43	8.787.222,77	11.706.441,98

- (1) Calculado según resultados de las pruebas piloto.
- (2) Calculado con un 20 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.
- (3) Calculado con un 70 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.
- (4) Calculado con un 100 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.

En la tablas anteriores se observa que los ingresos que se pueden obtener en este nuevo escenario son muy superiores respecto a los que se obtendrían siguiendo los resultados de las pruebas piloto.

Como resumen, la previsión de los beneficios obtenidos a lo largo de los 10 años de la extensión de la campaña en el municipio “cero” y en Catalunya y España para el escenario 1 (base) y el escenario 2 (gasto mínimo) se detalla en las tablas 6-7, 6-8, 6-9 y 6-10.

Tabla 6-7. Resumen de beneficios comparados de la campaña para el municipio “cero”. Escenario 1 (base) (inflación anual 2 %).

Año	Campaña pruebas piloto	Campaña con un 20 % como escuela de éxito	Campaña con un 70 % como escuela de éxito	Campaña con un 100 % como escuela de éxito
2009	-2.162,12	-1.972,12	-1.592,81	-1.365,22
2010	-1.789,15	-837,31	1.041,09	2.168,14
2011	-1.592,82	-123,06	2.738,89	4.456,05
2012	-1.530,47	202,32	3.569,10	5.589,16
2013	-1.504,18	424,47	4.171,84	6.420,25
2014	-1.519,95	546,53	4.554,20	6.958,80
2015	-1.555,23	620,72	4.833,09	7.360,51
2016	-1.598,11	674,78	5.070,64	7.708,16
2017	-1.667,61	693,06	5.257,09	7.995,51
2018	-1.725,57	714,44	5.429,76	8.258,95

**Tabla 6-8. Resumen de beneficios comparados de la campaña para Catalunya y España.
Escenario 1 (base) (inflación anual 2 %).**

Año	Catalunya				España			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
2009	-187.917,08	-151.816,19	-79.747,31	-36.505,98	-1.170.747,55	-944.641,95	-493.263,18	-222.435,91
2010	-110.000,10	67.963,60	419.163,41	629.883,31	-682.741,16	431.873,54	2.631.493,46	3.951.265,41
2011	-66.620,97	204.508,81	732.248,95	1.048.893,04	-411.050,82	1.287.077,76	4.592.397,63	6.575.589,56
2012	-48.875,09	265.957,80	877.249,94	1.244.025,22	-299.905,59	1.671.942,51	5.500.561,67	7.797.733,16
2013	-37.881,92	307.297,47	977.364,45	1.379.404,63	-231.053,62	1.930.859,38	6.127.594,66	8.645.635,82
2014	-34.659,82	329.434,48	1.034.619,97	1.457.731,27	-210.873,09	2.069.506,95	6.486.195,06	9.136.207,92
2015	-34.849,14	342.453,49	1.071.567,84	1.509.036,45	-212.058,85	2.151.047,06	6.717.605,38	9.457.540,37
2016	-36.147,16	351.721,08	1.100.208,82	1.549.301,45	-220.188,57	2.209.091,50	6.896.988,34	9.709.726,44
2017	-41.571,59	354.889,19	1.119.366,32	1.578.052,60	-254.162,62	2.228.933,85	7.016.974,84	9.889.799,43
2018	-44.883,87	358.339,37	1.135.162,41	1.601.256,23	-274.907,94	2.250.542,86	7.115.908,21	10.035.127,41

- (1) Calculado según resultados de las pruebas piloto.
- (2) Calculado con un 20 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.
- (3) Calculado con un 70 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.
- (4) Calculado con un 100 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.

**Tabla 6-9. Resumen de beneficios comparados de la campaña para el municipio “cero”.
Escenario 2 (gasto mínimo) (inflación anual 2 %).**

Año	Campaña pruebas piloto	Campaña con un 20 % como escuela de éxito	Campaña con un 70 % como escuela de éxito	Campaña con un 100 % como escuela de éxito
2009	-1.733,20	-1.543,20	-1.163,89	-936,30
2010	-1.346,77	-394,93	1.483,47	2.610,51
2011	-1.133,63	336,13	3.198,07	4.915,24
2012	-1.056,85	675,95	4.042,72	6.062,79
2013	-1.012,80	915,85	4.663,21	6.911,63
2014	-1.013,48	1.053,01	5.060,68	7.465,28
2015	-1.030,02	1.145,93	5.358,30	7.885,72
2016	-1.056,72	1.216,17	5.612,03	8.249,55
2017	-1.102,06	1.258,62	5.822,65	8.561,06
2018	-1.139,58	1.300,44	6.015,75	8.844,95

**Tabla 6-10. Resumen de beneficios comparados de la campaña para Catalunya y España.
Escenario 2 (gasto mínimo) (inflación anual 2 %).**

Año	Catalunya				España			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
2009	-106.422,09	-70.321,20	1.747,68	44.989,01	-660.331,55	-434.225,95	17.152,82	287.980,09
2010	-27.596,15	150.367,54	501.567,36	712.287,25	-166.632,22	947.982,48	3.147.602,40	4.467.374,35
2011	17.236,73	288.366,50	816.106,65	1.132.750,74	114.163,14	1.812.291,72	5.117.611,60	7.100.803,52
2012	35.923,87	350.756,76	962.048,89	1.328.824,17	231.203,66	2.203.051,76	6.031.670,91	8.328.842,41
2013	48.369,75	393.549,14	1.063.616,12	1.465.656,30	309.154,22	2.471.067,22	6.667.802,49	9.185.843,66
2014	52.498,76	416.593,05	1.121.778,55	1.544.889,84	335.014,83	2.615.394,87	7.032.082,97	9.682.095,83
2015	53.761,13	431.063,75	1.160.178,10	1.597.646,72	342.921,23	2.706.027,14	7.272.585,46	10.012.520,45
2016	53.402,31	441.270,56	1.189.758,29	1.638.850,93	340.673,92	2.769.953,99	7.457.850,84	10.270.588,94
2017	50.141,05	446.601,83	1.211.078,96	1.669.765,24	320.248,11	2.803.344,58	7.591.385,57	10.464.210,16
2018	48.278,92	451.502,16	1.228.325,19	1.694.419,02	308.585,31	2.834.036,10	7.699.401,45	10.618.620,66

- (1) Calculado según resultados de las pruebas piloto.
- (2) Calculado con un 20 % de escuelas con la recogida similar a la escuela de éxito, “Escola Pia” Calculado con un 20 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.
- (3) Calculado con un 70 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.
- (4) Calculado con un 100 % de escuelas con una recogida similar a la de la escuela de éxito, Escola Pia de Igualada.

Escenario 1

El municipio “cero” tiene beneficios negativos para todos los años de extensión de la campaña si se siguen los resultados de las pruebas piloto, mientras que, si la recogida es similar a la que obtuvo la escuela de éxito Escola Pia, solamente con una proporción del 20 % de escuelas con una recogida similar, a partir del cuarto año de campaña los beneficios ya son positivos y si la proporción de escuelas con recogida similar a la escuela de éxito es mayor los beneficios ya son positivos a partir del segundo año de campaña.

Si la campaña se extiende a Catalunya y España, igual que para el municipio “cero”, los beneficios son negativos en todos los años de campaña siguiendo los resultados de las pruebas piloto, pero cuando hay una proporción de escuelas con recogidas similares a la escuela de éxito de solamente el 20 % de participación de este tipo de escuelas, los beneficios ya son positivos a partir del segundo año de campaña.

Escenario 2

Igual que en el escenario 1 para el municipio “cero” los beneficios resultan negativos para los 10 años de campaña, si se siguen los resultados de las pruebas piloto; mientras que, si hay escuelas con recogidas similares a la de la escuela de éxito, solamente con una proporción de estas escuelas del 20 %, los beneficios son positivos a partir del tercer año de campaña, y, si la proporción de dichas escuelas es mayor, los beneficios son positivos a partir del segundo año de campaña.

Si la campaña se extiende a Catalunya y España, los beneficios solamente son negativos en los dos primeros años si se siguen los resultados de las pruebas piloto, pero si hay escuelas con recogidas similares a la de la escuela de éxito, solamente con una participación de dichas escuelas del 20 % el beneficio ya es positivo a partir del segundo año de campaña, y, si la proporción de estas escuelas es mayor, los beneficios son positivos durante los 10 años de la campaña.

Una vez conocidos los costes y los ingresos económicos de la campaña en el municipio “cero” se pueden calcular los indicadores económicos VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) de la campaña en los diez años siguientes de implantación, extrapolándola a un ámbito geográfico más amplio (Catalunya o España), para determinar su viabilidad.

Se ha considerado como interés la tasa de descuento social con un valor del 3,5 % para el cálculo de los indicadores económicos VAN y TIR.

Tabla 6-11. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España. Escenario 1 (base).

	Campaña con un 20 % como escuela de éxito		Campaña con un 70 % como escuela de éxito		Campaña con un 100 % como escuela de éxito	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero” de éxito	309,13	5,28	26.440,91	124,29	42.119,98	217,28
Catalunya	1.977.273,33	102,97	6.942.310,67	587,03	9.921.333,07	1.787,78
España	12.437.401,35	103,95	43.534.214,13	594,92	62.192.301,81	1.838,73

Tabla 6-12. Indicadores económicos para el municipio "cero", Catalunya y España. Escenario 2 (gasto mínimo).

	Campaña con un 20 % como escuela de éxito		Campaña con un 70 % como escuela de éxito		Campaña con un 100 % como escuela de éxito	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio "cero" de éxito	4.229,66	23,44	30.361,44	186,21	46.040,50	336,16
Catalunya	2.722.173,69	265,78	7.687.211,02		10.666.233,43	
España	17.102.829,91	270,26	48.199.642,70		66.857.730,37	

Desde el punto de vista financiero la implantación de la campaña sería económicamente viable cuando la campaña se extiende a Catalunya y España, ya que el VAN es positivo en todos los casos.

Si la sensibilización de los alumnos y familias fuera la misma que la de la escuela ejemplo, Escola Pia de Igualada, las recogidas de juguetes serían suficientes para que la venta de los materiales obtenidos de su reciclaje y de los juguetes recuperados autofinanciara la campaña.

Si se pensara en amortizar la inversión inicial realizada para poner en marcha la campaña de las pruebas piloto, consistente en la planificación de la campaña y en la creación de los materiales y la página web, y que ascendía a 24.146,47 €, incluyéndola como amortizaciones en el cálculo del coste-beneficio a lo largo de los próximos 10 años, siguiendo los resultados de la escuela de éxito, se obtendrían los siguiente indicadores económicos.

Tabla 6-13. Indicadores económicos para el municipio "cero", Catalunya y España con inversión inicial. Escenario 1 (base).

	Campaña con un 20 % como escuela de éxito		Campaña con un 70 % como escuela de éxito		Campaña con un 100 % como escuela de éxito	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio "cero" de éxito	-23.837,34		2.294,44	5,13	17.973,51	14,84
Catalunya	1.953.126,86	92,44	6.918.164,20	462,09	9.897.186,60	1.098,53
España	12.413.254,88	102,05	43.510.067,66	569,55	62.168.155,34	1.654,31

Tabla 6-14. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España con inversión inicial. Escenario 2 (gasto mínimo).

	Campaña con un 20 % como escuela de éxito		Campaña con un 70 % como escuela de éxito		Campaña con un 100 % como escuela de éxito	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero” de éxito	-19.916,81		6.214,97	7,85	21.894,03	17,27
Catalunya	2.698.027,22	206,88	7.663.064,55	2.298,96	10.642.086,96	
España	17.078.683,44	258,01	48.175.496,23		66.833.583,90	

Como se observa en las tablas anteriores, los indicadores económicos del VAN dan valores positivos en todos los casos excepto para el municipio “cero” tanto en el escenario 1 como en el escenario 2. De este modo conseguimos que con el modelo propuesto, siguiendo los resultados obtenidos por la escuela de éxito, además de ser rentable económicamente en casi todas las situaciones, excepto el caso del municipio “cero”, también se amortice la inversión inicial.

Realizando cálculos similares a los anteriores pero sin las externalidades, es decir, teniendo en cuenta solamente los ingresos directos de la campaña pero con la amortización de la inversión inicial, se pueden obtener los indicadores económicos que se indican en las tablas 6-15 y 6-16.

Tabla 6-15. Indicadores económicos para el municipio “cero”, Catalunya y España con inversión inicial y sin las externalidades. Escenario 1 (base).

	Campaña con un 20 % como escuela de éxito		Campaña con un 70 % como escuela de éxito		Campaña con un 100 % como escuela de éxito	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio “cero” de éxito	-32.896,36		-18.059,76		-9.157,79	
Catalunya	231.911,98	17,19	3.050.867,06	156,63	4.742.240,11	274,87
España	1.633.014,33	19,82	19.288.575,10	176,83	29.881.911,57	321,45

Tabla 6-16. Indicadores económicos para el municipio "cero", Catalunya y España con inversión inicial y sin las externalidades. Escenario 2 (gasto mínimo).

	Campaña con un 20 % como escuela de éxito		Campaña con un 70 % como escuela de éxito		Campaña con un 100 % como escuela de éxito	
	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN (€)	TIR (%)
Municipio "cero" de éxito	-28.975,83		-14.139,23		-5.237,26	
Catalunya	976.812,34	78,22	3.795.767,42	382,74	5.487.140,47	811,39
España	6.298.442,89	91,66	23.954.003,66	519,79	34.547.340,13	1.394,04

Se observa que tanto en el escenario 1 (base) como en el escenario 2 (gasto mínimo) solamente con los ingresos directos de la campaña se obtienen VAN positivos cuando la campaña se extiende a Catalunya y España, incluso con la participación de solamente un 20 % de escuelas con recogidas similares a las de la escuela de éxito.

Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

1. Se plantea un nuevo modelo alternativo de recogida de residuos de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos, concretamente de juguetes con componentes eléctricos y electrónicos, en el que, a través de los alumnos de las escuelas de enseñanza primaria y secundaria, se pueda aumentar la sensibilización de las familias para conseguir una gestión más correcta de este tipo de residuos.

En el planteamiento del modelo se han tenido en cuenta los aspectos sociales, incorporando en el mismo ONG que trabajan con personas en riesgo de exclusión social.

Con este modelo también se sensibiliza para la recogida, además de los juguetes, de otros tipos de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), especialmente pequeños aparatos eléctricos y electrónicos, que se generan en los hogares. El modelo propuesto puede ayudar también a su correcta separación y gestión

2. Se ha demostrado que el modelo es técnicamente viable, habiéndose puesto en práctica en tres municipios mediante unas pruebas piloto y habiéndose mantenido y mejorado durante los cuatro años de implantación en uno de los municipios, el de Igualada.
3. Con el modelo propuesto y durante las primeras pruebas piloto, se ha conseguido multiplicar por 4 la recogida media que se consigue actualmente en España, que es del 0,5% del total de juguetes puestos en el mercado. Así, se han recogido en promedio

unos 560 kg de juguetes en los tres municipios involucrados, lo que supone una media de 44,2 gramos por alumno participante. Se ha observado una mayor implicación de los alumnos de enseñanza primaria con una aportación casi diez veces superior a la de los alumnos de enseñanza secundaria. La razón de esta diferencia estriba en que los materiales de difusión y las diversas actividades realizadas en las escuelas han sido mayoritariamente orientadas a los alumnos de enseñanza primaria.

Otra mejora importante a considerar es la fracción de juguetes que puede ser reutilizada, ya que el modelo de recogida convencional a través de los puntos verdes, no permite esta reutilización.

4. Se propone una metodología de evaluación de la sostenibilidad para estudiar el modelo de recogida propuesto, basada en el análisis del ciclo de vida. Para ello, se han seguido las guías de la sostenibilidad (UNEP-SETC) que tienen en cuenta, además de los impactos ambientales, los aspectos económicos y los sociales. Dentro del análisis de costes del ciclo de vida se han incorporado los ahorros de los impactos ambientales, que se han cuantificado con un valor económico y se han añadido al análisis coste-beneficio.
5. Los resultados de la evaluación ambiental del modelo propuesto indican que, desde el punto de vista global, el modelo es ambientalmente beneficioso, incluso tomando el caso menos favorable, que corresponde a los resultados de recogida del primer año de la campaña de las pruebas piloto, con un bajo porcentaje de juguetes recuperados y un gran esfuerzo de comunicación. Se detecta que cuando esta campaña se extiende a Cataluña o a España los beneficios ambientales conseguidos son mucho más elevados.

Así, se han determinado los ahorros obtenidos en las categorías de impacto siguientes: agotamiento de recursos abióticos, acidificación, eutrofización, calentamiento global y formación de oxidantes fotoquímicos. Estos ahorros ambientales se potencian muchísimo más cuanto mayor es la extensión geográfica de la implantación de la campaña de recogida de juguetes, aumentando con factores que son entre 80 y 170 veces superiores a los ahorros de la campaña y según la categoría de impacto considerada.

6. Los resultados de la evaluación económica indican que el modelo propuesto es económicamente viable si se extiende geográficamente a ámbitos más amplios, como

Catalunya o España y durante un largo período de tiempo (10 años). No así, si participan muy pocos municipios en la campaña de recogida.

Dentro de los ingresos se han considerado, además de los ingresos directos de la campaña, los ingresos indirectos, o externalidades, que son los ingresos virtuales que se obtendrían del ahorro en impactos ambientales que consigue el modelo propuesto. La incorporación de estos ingresos indirectos, de los cuales se ha podido calcular un valor económico, supone una mayor exactitud en el estudio coste-beneficio del modelo propuesto.

Se han cuantificado todos los costes e ingresos directos del modelo propuesto: juguetes reutilizados, materiales obtenidos del reciclaje de los juguetes y ahorros en la gestión de residuos sólidos urbanos por el hecho de no mezclarse con la basura normal. Se han cuantificado como externalidades los ahorros en emisiones de dióxido de carbono, de óxidos de azufre, de compuestos orgánicos volátiles y en eutrofización.

Se propone una metodología de cálculo concreta para valorar económicamente las externalidades, incluyendo de esta manera los aspectos ambientales dentro del análisis económico.

Se han considerado dos escenarios, el escenario 1 (base), en el que se utilizan y reparten materiales de difusión para profesores y alumnos y el escenario 2 (gasto mínimo) en el que, para reducir los costes, los materiales de difusión no se reparten físicamente sino que se distribuyen en formato electrónico. Este segundo escenario es el que conduce a resultados económicos más aceptables haciendo económicamente viable el sistema. Es realista plantearlo, ya que se ha venido realizando en la ciudad de Igualada durante los tres años siguientes al del primer año de la prueba piloto.

7. En el estudio de la evaluación social se han identificado 4 indicadores sociales significativos que pueden calcularse para el modelo alternativo de recogida propuesto. Estos indicadores son: comprensión/responsabilidad de fin de vida de los consumidores, implantación/aceptación de la comunidad, empleo y comodidad.

Para cada uno de estos indicadores se han propuesto unos métodos de cálculo normalizado que, ponderados convenientemente y con los datos necesarios, permitirían la obtención de valores cuantitativos.

8. En los dos años siguientes a la realización de las dos pruebas piloto, en el que participó un único municipio, el de Igualada, se ha detectado un caso de éxito en la recogida de juguetes, es el caso de una escuela que consiguió multiplicar unas diez veces la media de recogida obtenida por el resto de escuelas. Esta escuela pertenece al grupo de “Escoles verdes”, distinción que otorga el Departament d’Ensenyament y el de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya.

Las acciones realizadas por esta escuela fueron principalmente: una buena coordinación mediante un comité ambiental formado por profesores y alumnos de la escuela para planear y realizar actividades relacionadas con la sensibilización ambiental, un buen seguimiento por parte de un grupo de profesores responsables y la implicación de los propios estudiantes en la elaboración y presentación de las actividades.

Con esta recogida de juguetes tan elevada, si solamente un 20% de las escuelas participantes en la campaña a nivel de Cataluña tuviera una recogida similar a la de Escola Pia de Igualada, la campaña sería viable económicamente en los dos escenarios planteados en el estudio (escenario base y escenario de gasto mínimo).

Recomendaciones

Recogida

Para una amplia implantación de esta campaña el principal elemento a resolver es conseguir la motivación del profesorado y la dirección de las escuelas, ya que como se ha indicado, éste es el factor clave para el éxito del modelo. Si este proyecto formara parte de alguno de los temas curriculares a trabajar en la enseñanza primaria, por ejemplo, los resultados podrían ser espectaculares.

Para conseguir mejorar la eficiencia del plan de comunicación de la campaña debería pensarse en:

- Mayor formación del profesorado y talleres para incorporar en las aulas las actividades que puedan realizarse.

- Las escuelas deben saber con antelación suficiente la realización de la campaña para poder incluir estas actividades dentro de la programación del curso escolar y en sus planes de estudio.
- También se podrían combinar las actividades de los profesores con otras llevada por monitores externos en forma de talleres prácticos.

Evaluación ambiental

En el estudio se han considerado los impactos ambientales producidos por la fabricación de un solo juguete disponible en la bibliografía. Si se pudieran tener datos de más ejemplos de fabricación de juguetes se podría realizar una evaluación ambiental más precisa.

Otro aspecto a tener en cuenta sería, respecto de los juguetes recuperados en buen estado, el de asegurar que éstos tengan una garantía de calidad y de higiene antes de ser vendidos en el mercado de segunda mano. Este aspecto tendría repercusión tanto en la parte ambiental como en los costes económicos que representan los anteriores tratamientos.

Evaluación económica

Los ingresos obtenidos por la venta de los juguetes recuperados son los ingresos de mayor importancia, por lo tanto, si se estableciera un mercado de segunda mano más estable se podría determinar con mayor precisión la viabilidad del proyecto.

La mayor dificultad en el cálculo de los ahorros en emisiones de gases como externalidades estriba en que estas emisiones se realizan en muchas de las etapas del proceso de fabricación uso y gestión del juguete y, por lo tanto, estas emisiones difusas son difíciles de calcular. Una línea de investigación a seguir sería la de intentar determinar con mayor precisión la evaluación económica de este tipo de externalidades.

Evaluación social

La implantación de la campaña a un ámbito geográfico más amplio permitiría obtener suficiente información y datos estadísticos para el cálculo de los indicadores sociales propuestos y para el desarrollo de otros indicadores que pudieran conducir a una evaluación social más precisa.

Uno de los indicadores que sería importante evaluar sería el que valorara el riesgo asociado al transporte que existe, en el caso del modelo propuesto, en las recogidas de los juguetes de las escuelas y su transporte a las instalaciones de clasificación y reciclaje.

Bibliografía

- Aj. d'Igualada, 2011. Ajuntament d'Igualada. [Concejalía de Entorno y Promoción Cultural]. Available from: <http://www.igualada.cat/>.
- ALDY, Joseph E. and STAVINS, Robert, 2011. *The Promise and Problems of Pricing Carbon: Theory and Experience*. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, November 2011, vol. No. 17569.
- AMBILAMP, 2011. Ambilamp, asociación para el reciclaje de bombillas y fluorescentes. Available from: <http://www.ambilamp.es/>.
- ARAÚJO, Alex M., MELO, Gilberto M., de Medeiros, Armando L. R and DOS SANTOS, Maurílio J., 2009. *Simulación de la Producción de Energía Eléctrica con Aerogeneradores de Pequeño Tamaño*. Información Tecnológica, vol. 20, no. 3, pp. 37-44.
- ARC, 2010. Agència de Residus de Catalunya - Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya. 2010, Available from: <http://www20.gencat.cat/portal/site/arc>.
- BABU, BR, Parande AK. and BASHA, ChA, 2007. *Electrical and electronic waste: a global environmental problem*. Waste Management & Research, vol. 25, pp. 307-318.
- BAUMAN, Henrikke and TILLMAN, Anne-Marie, 2004. *The Hitch Hiker's Guide to LCA - An orientation in LCA methodology and application*. The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 11, no. 2 ISSN 0948-3349.
- BENOIT, Catherine, PARENT, Julie, KUENZI, I. and REVÉRET, J. P., 2007. *Presentation: Developing a Methodology for Social Life Cycle Assessment: The North American Tomato's CSR case*.
- BENOÎT, C., et al., 2010. *The guidelines for social life cycle assessment of products: just in time!* Springer Berlin / Heidelberg ISBN 0948-3349.
- Bioconservación, 2011. [Es una empresa dedicada a la depuración de gases mediante absorbedores granulados.]. Available from: <http://www.bioconservacion.com/>.

CML, 2009. Institute of Environmental Sciences (CML). [The Institute of Environmental Sciences (CML) is an institute of the Faculty of Science of Leiden University. The main area of work is research and education in the multidisciplinary field of environmental sciences]. Available from: <http://www.cml.leiden.edu/about/aboutcml.html>.

CONSOLI, F. and SETAC. Workshop (., 1993. *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry ISBN 9789056070038.

COVEC., 2007. *Recycling : Cost Benefit Analysis / Ministry for the Environment*. New Zealand: .

DE RUS MENDOZA, Ginés., 2008. *Análisis Coste-Beneficio*. 3rd ed. Barcelona: Ariel, 30/09/2008, ISBN 978-84-344-4547-5.

DECRET 320/1990. *DECRET 320/1990, De 21 De Desembre*. [S'aprova el Reglament de desplegament del títol 2 del Decret Legislatiu 1/1988 i del títol 1 de la Llei 5/1990, d'infraestructures hidràuliques de Catalunya.], 31-12-1990.

DEN BOER, Emilia, et al, 2005. *The Use of Life Cycle Assessment Tool for the Development of Integrated Waste Management Strategies for Cities and Regions with Rapid Growing Economies (LCA-IWM)*. Deliverable Report on Social Sustainability Criteria and Indicators for Waste Management.

Directive 2002/96/CE., 2003. *32002L0096 Directive 2002/96/CE Du Parlement Européen Et Du Conseil Du 27 Janvier 2003 Relative Aux Déchets d'Équipements Électriques Et Électroniques (DEEE)*. [- Déclaration conjointe du Parlement européen, du Conseil et de la Commission relative à l'Article 9 JO L 37 du 13.2.2003, p. 24-39 (ES, DA, DE, EL, EN, FR, IT, NL, PT, FI, SV)].

DREYER, L., 2006. *A framework for social life cycle impact assessment*. The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 11, no. 2, pp. 88-97 ISSN 0948-3349.

ECOASIMELEC, 2011. La Fundación ECOASIMELEC. Available from: <http://www.ecoasimelec.es/>.

ECOCAT, 2010. Es una empresa dedicada a la gestión de residuos industriales y en la prestación de servicios medioambientales. Available from: <http://www.ecocat.es/>.

ECOEMBES, 2011. Ecoembalajes España, S.A. (Ecoembes) es una sociedad anónima sin ánimo de lucro. Available from: <http://www.ecoembes.com/>.

ECOFIMÁTICA, 2011. [Sistema de gestión tanto de grandes equipos de copia, de uso profesional, como de equipos de impresión más pequeños.]. Available from: <http://www.ecofimatica.es/>.

ECOIMSA, 2011. ECOLOGICA IBERICA Y MEDITERRANEA, S.A. (ECOIMSA). [Compañía líder en la gestión de residuos peligrosos.]. Available from: <http://www.tradebe.com/web/es/home.html>.

ECOLEC, 2011. La Fundación ECOLEC es un sistema creado para la gestión colectiva de grandes y pequeños electrodomésticos. Available from: www.ecolec.es/.

ECOLUM, 2011. La Fundación Ecolum es un SIG autorizado. Available from: <http://www.ecolum.es/>.

- ECOPILAS, 2011. [Gestiona los residuos de pilas y acumuladores domésticos usados.]. Available from: <http://www.ecopilas.es/>.
- EcoSCL., 2009. *A Literature Review of Mid - to Long -Term Carbon Price Forecasts. Forecasting the Future Value of Carbon*. EcoSecurities Consulting Limited ed., EcoSecurities Consulting Limited. A Report for NWPC, January 30, 2009.
- ECOTIC, 2009.
. [Fundación dedicada a la gestión de RAEE]. Available from: : <http://www.ecotic.es/>.
- ECOVIDRIO, 2011. Ecovidrio es una sociedad sin ánimo de lucro creada para gestionar la recogida selectiva de los residuos de envases de vidrio. Available from: <http://www.ecovidrio.es/>.
- EEA, 2008. European Environmental Agency. [Difunde información de forma independiente sobre los aspectos ambientales. Está formada por los 32 estados miembros.].Abril 2009, Available from: http://www.europa.eu.int/comm/environment/waste/weee_index.htm.
- ELECTRORECYCLING, 2009.
. [Empresa dedicada al reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos, con sede en El Pont de Vilomara i Rocafort (Barcelona)]. Available from: <http://www.electrorecycling.net>.
- EUROSTAT, 2008. Comisión Europea. Portal de datos estadísticos de la Comisión Europea. Available from: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database.
- F. Fòrum Amb., 2009. *Fundació Fòrum Ambiental - Valor socioeconòmic de les solucions ambientals. Gestió de Residus*. [Preparat per la Taula de Residus de Catalunya].Barcelona: , Setembre de 2009,.
- FAP, 2010. Fundación Privada Auria [Fundación dedicada a la formación de personas con disminución psíquica para su incorporación al mercado laboral.]. Available from: <http://www.fap.cat/>.
- FAVA, J., et al., 1993. *A Conceptual Framework for Life Cycle Impact Assessment*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry and SETAC Foundation for Environmental Education.
- FULLANA, P., BETZ, M., HISCHIER, R. and PUIG, R., 2009. *Life Cycle Assessment Applications: Results from COST Action 530*. e. AENOR ed., Madrid: ISBN 978-84-8143-611-2.
- FULLANA, P. and PUIG, R., 1997. *Análisis Del Ciclo De Vida*. Rubes Editorial, S.L ISBN 9788449700705.
- GaBi-4., 2007. *PE Europe BMBH. GaBi 4 Software*. [Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde].
- GAMESA, 2009.
. [Empresa del sector de las energías renovables]. Available from: <http://www.gamesa.es>.
- GAUTHIER, Caroline, 2005. *Measuring Corporate Social and Environmental Performance: The Extended Life-Cycle Assessment*. Journal of Business Ethics, vol. 59, no. 1-2 ISSN 0167-4544.

GENCAT, 2007.

. [Generalitat de Catalunya, Institut Català de l'Energia (ICAEN)]. Available from: <http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen>.

GRI, 2011. The Global Reporting Initiative (GRI) is a non-profit organization that promotes economic, environmental and social sustainability. [GRI has global strategic partnerships with the Organization for Economic Cooperation and Development, the United Nations Environment program and the United Nations Global Compact.]. Available from: <https://www.globalreporting.org/Pages/default.aspx>.

GRIEBHAMMER, Rainer, et al., 2006. *Feasibility Study: Integration of Social Aspects into LCA*. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative: .

GUINEE, Jeroen, 2002. *Handbook on life cycle assessment - Operational guide to the ISO standards*. The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 7, no. 5, pp. 311-313 ISSN 0948-3349. DOI 10.1007/BF02978897.

HAUSCHILD, M. Z., DREYER, L. C. and JØRGENSEN, A., 2008. *Assessing social impacts in a life cycle perspective—Lessons learned*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, vol. 57, no. 1, pp. 21-24 ISSN 0007-8506. DOI DOI: 10.1016/j.cirp.2008.03.002.

HISCHIER, R., WÄGER, P. and GAUGLHOFER, J., 2005. *Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective?: The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE)*. Environmental Impact Assessment Review, 7, vol. 25, no. 5, pp. 525-539 ISSN 0195-9255. DOI DOI: 10.1016/j.eiar.2005.04.003.

HULA, A., 2003. *Multi-criteria decision-making for optimization of product disassembly under multiple situations*. Environmental Science Technology, vol. 37, no. 23, pp. 5303-5313 ISSN 0013-936X.

HUNKELER, D., 2006. *Societal LCA Methodology and Case Study (12 pp)*. Springer Berlin / Heidelberg ISBN 0948-3349.

IDESCAT, 2010. Institut d'Estadística de Catalunya. Available from: <http://www.idescat.cat/>.

Igualadina Dep. R, 2011. IGUALADINA DE DEPURACIÓ I RECUPERACIÓ. Depuradora del Adobers d'Igualada. [Depuración de aguas de la industria del curtido y urbanas].

INE, 2010. El Instituto Nacional de Estadística. Available from: <http://www.ine.es/>.

JØRGENSEN, A., LE BOCQ, A., NAZARKINA, L. and HAUSCHILD, M., 2008. *Methodologies for social life cycle assessment*. Springer Berlin / Heidelberg ISBN 0948-3349.

KLOEPFFER, W., 2008. *Life cycle sustainability assessment of products*. Springer Berlin / Heidelberg ISBN 0948-3349.

KNOTH, R., HOFFMANN, M., KOPACEK, B. and KOPACEK, P., 2001. *Logistic concept to improve re-usability of electric and electronic equipment*. Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment. Conference Record, May 2001, pp. 115-118.

LAYARD, Richard and GLAISTER, Stephen., 1994. *Cost-Benefit Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press ISBN 9780511521942.

- Magatzems FARO, 2011. [Superficie comercial dedicada a la venta de juguetes y equipos deportivos.]. Available from: <http://www.casirsl.com/indexcas.html>.
- MAGERHOLM FET, Annik, 2006. *Environmental management and corporate social responsibility*. Clean Technologies and Environmental Policy, vol. 8, no. 4 ISSN 1618-954X.
- MINETUR, 2011. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Available from: <http://www.minetur.gob.es>.
- MUÑOZ, I., et al, 2008. *LCA and ecodesign in the toy industry: case study of a teddy bear incorporating electric and electronic components*. The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 14, no. 1, pp. 64-72 ISSN 0948-3349.
- NORDHAUS, William D., 2011. *Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the RICE-2011 Model*. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, October 2011, vol. No. 17540.
- PLASTOQUÍMICA, 2011. Aire limpio, sólo eso - Soluciones medioambientales. [Empresa dedicada a las soluciones para la depuración del aire.]. Available from: <http://www.plastoquimica.com/cas/index.htm>.
- PNIR, 2008. *Plan Nacional Integrado de Residuos 2008 - 2015* [Consejo de Ministros].
- R-CICLEJOGUINA, 2007. [Campaña de difusión del proyecto R-CICLEJOGUINA. Contiene los materiales de difusión empleados en la campaña.]. Available from: <http://ww.r-ciclejoguina.org/>.
- RD 208/2005. *BOE 049 De 26/02/ 2005 Sec 1 Pag 7112 a 7121*. [Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.].Madrid.
- RELEC, 2011. Cátedra RELEC de Electrónica/Comunicaciones y Sostenibilidad. [Universidad de Cádiz].2011, Available from: <http://www2.uca.es/grup-invest/cit/catedra/quees.htm>.
- SCHMIDT, I., et al, 2004. *SEEBalance[R]: managing sustainability of products and processes with the socio-eco-efficiency analysis by BASF*. Greener Management International, pp. 45-94.
- SENDECO2, 2011. Bolsa Europea de Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono. [Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono (EUAs) y Créditos de Carbono (CERs) especializada en PYMES.]. Available from: <http://www.sendeco2.com/index.asp>.
- SIGAUS, 2011. Sigaus: Aceites y Lubricantes Usados. Recogida y Reciclaje de Aceite Usado. Available from: <http://www.sigaus.es/>.
- SIGRE, 2011. SIGRE Reciclamos los medicamentos para cuidar de tu salud y del medio ambiente. Available from: <http://www.sigre.es/>.
- SOLIDANÇA, 2010. Solidança. [És una entitat que s'emmarca en les empreses d'economia social i solidària, emmarcada en l'àmbit social i en el sector ambiental per aconseguir la integració sociolaboral de persones amb dificultats.]. Available from: <http://www.solidanca.cat/>.
- TRAGAMOVIL, 2011. [Gestiona los residuos de aparatos de telefonía, comunicaciones y sus accesorios]. Available from: <http://www.tragamovil.es/>.

UNE-EN ISO 14040:., 2006. *Asociación Española De Normalización y Certificación. UNE-EN ISO 14040. Gestión Ambiental: Análisis Del Ciclo De Vida. Principios y Marco De Referencia.* AENOR.

UNEP-SETAC, 2011. *Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. Making Informed Choices on Products.* UNEP-SETAC Life Cycle Initiative ISBN 978-92-807-3175-0.

UNEP-SETAC, 2010. International Life Cycle partnerships for a Sustainable World. UNEP-SETAC Life Cycle Initiative. Available from: <http://lcinitiative.unep.fr/>.

UNEP-SETAC, 2009. *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products.* UNEP-SETAC Life Cycle Initiative ISBN ISBN: 978-92-807-3021-0.

VILLASEVIL, G., 2008. *Definición del modelo óptimo para la gestión y tratamiento de residuos eléctricos y electrónicos.* [Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.].Barcelona: .

W.S.-D.E., 2008. *ELECTRONIC PRODUCTS RECYCLING PROGRAM - Final Cost Benefit and Least Burdensome Analysis for Amendments.* Washington State. Department of Ecology.

WEIDEMA, B., 2005. *A consistent structure for modelling the social impact chains from inventory results to damage categories.* .

WORLD BANK - CMR, 2011. *Development Prospects Group (2011b).* Commodity Markets Review, November. 2011, vol. 118 Available from: http://siteresources.worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources/334934-1304428586133/Price_Forecast.xls.

WORLD BANK - GEP, 2011. *Development Prospects Group (2011a).* Global Economic Prospects, June 2011 Available from: http://siteresources.worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources/334934-1111002331357/829378-1309188477387/CommodityMarketsReview_November2011.pdf.

Anexo 1. Cálculos intermedios de la evaluación ambiental

En este anexo se encuentran algunos de los resultados de los cálculos intermedios relativos a la evaluación ambiental que ha sido referenciados en la parte descriptiva de la memoria del capítulo 3.

Tabla Anexo 1-1. Impactos ambientales ahorrados por los juguetes reutilizados en la campaña extendida a Catalunya y a España.

Año	ARA		A		EU		CG		FOF	
	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**
2009	181,7	1.138,9	245,3	1.537,5	16,8	105,3	27.615,7	173.107,1	25,9	162,3
2010	847,9	5.314,7	1.144,6	7.174,8	78,4	491,6	128.873,5	807.833,3	120,8	757,3
2011	1.180,9	7.402,6	1.594,3	9.993,5	109,2	684,7	179.502,4	1.125.196,4	168,3	1.054,9
2012	1.380,8	8.655,4	1.864,1	11.684,7	127,7	800,6	209.879,7	1.315.614,3	196,8	1.233,4
2013	1.514,0	9.490,5	2.043,9	12.812,2	140,0	877,9	230.131,2	1.442.559,5	215,7	1.352,4
2014	1.609,2	10.087,1	2.172,4	13.617,5	148,8	933,1	244.596,6	1.533.234,7	229,3	1.437,4
2015	1.680,6	10.534,5	2.268,8	14.221,5	155,5	974,4	255.445,7	1.601.241,1	239,5	1.501,2
2016	1.736,1	10.882,5	2.343,7	14.691,3	160,6	1.006,6	263.883,8	1.654.134,9	247,4	1.550,8
2017	1.780,5	11.160,9	2.403,7	15.067,2	164,7	1.032,4	270.634,3	1.696.450,0	253,7	1.590,4
2018	1.816,8	11.388,6	2.452,7	15.374,6	168,1	1.053,4	276.157,5	1.731.071,4	258,9	1.622,9

ARA (Agotamiento de recursos abióticos) (kg Sb-eq); A (Acidificación) (kg SO₂-eq); Eu (Eutrofización) (kg PO₄-eq); CG (Calentamiento global) (kg CO₂-eq); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos) (kg C₂H₄-eq)

* Catalunya; ** España

Tabla Anexo 1-2. Estimación del reciclado de juguetes según municipios participantes.

Año	Reciclado de juguetes (kg/municipio)	Fracción metálica (kg/municipio)	Placas de Circuito Impreso (PCI) (kg/municipio)
2009	212,3	47,8	1,1
2010	190,3	42,8	1,0
2011	199,1	44,8	1,0
2012	929,1	209,0	4,6
2013	1.294,1	291,2	6,5
2014	1.513,1	340,5	7,6
2015	1.659,1	373,3	8,3
2016	1.763,4	396,8	8,8
2017	1.841,6	414,4	9,2
2018	1.902,5	428,1	9,5

Tabla Anexo 1-3. Impactos ambientales evitados por los juguetes reciclados de la campaña extendida a Catalunya y a España.

Año	ARA		A		EU		CG		FOF	
	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**
2009	190,8	1.195,8	316,5	1.984,0	25,8	161,8	27.593,5	172.967,8	16,1	101,2
2010	890,3	5.580,6	1.477,0	9.258,5	120,5	755,1	128.769,8	807.183,1	75,3	472,1
2011	1.240,0	7.773,0	2.057,3	12.895,7	167,8	1.051,8	179.357,9	1.124.290,8	104,9	657,5
2012	1.449,9	9.088,4	2.405,4	15.078,1	196,2	1.229,8	209.710,8	1.314.555,4	122,6	768,8
2013	1.589,8	9.965,4	2.637,5	16.533,0	215,1	1.348,5	229.946,0	1.441.398,5	134,5	842,9
2014	1.689,7	10.591,7	2.803,3	17.572,2	228,6	1.433,2	244.399,8	1.532.000,7	142,9	895,9
2015	1.764,6	11.061,5	2.927,6	18.351,6	238,8	1.496,8	255.240,1	1.599.952,3	149,3	935,7
2016	1.822,9	11.426,9	3.024,3	18.957,8	246,7	1.546,2	263.671,4	1.652.803,6	154,2	966,6
2017	1.869,6	11.719,3	3.101,7	19.442,8	253,0	1.585,8	270.416,5	1.695.084,6	158,1	991,3
2018	1.907,7	11.958,4	3.165,0	19.839,6	258,1	1.618,2	275.935,2	1.729.678,2	161,4	1.011,5

ARA (Agotamiento de recursos abióticos) (kg Sb-eq); A (Acidificación) (kg SO₂-eq); Eu (Eutrofización) (kg PO₄-eq); CG (Calentamiento global) (kg CO₂-eq); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos) (kg C₂H₄-eq)

* Catalunya; ** España

Tabla Anexo 1-4. Estimación de los impactos ambientales evitados en un escenario futuro, reciclando la fracción de mixtos no férricos por municipio “cero”.

Año	ARA			A			EU		
	Mixtos no férricos reciclados	Escenario actual	Escenario futuro	Mixtos no férricos reciclados	Escenario actual	Escenario futuro	Mixtos no férricos reciclados	Escenario actual	Escenario futuro
2009	--	1,00E+00	1,00E+00	5,09E-01	1,67E+00	2,18E+00	3,42E-02	1,36E-01	1,70E-01
2010	--	4,69E+00	4,69E+00	2,38E+00	7,77E+00	1,02E+01	1,59E-01	6,34E-01	7,93E-01
2011	--	6,53E+00	6,53E+00	3,31E+00	1,08E+01	1,41E+01	2,22E-01	8,83E-01	1,11E+00
2012	--	7,63E+00	7,63E+00	3,87E+00	1,27E+01	1,65E+01	2,60E-01	1,03E+00	1,29E+00
2013	--	8,37E+00	8,37E+00	4,24E+00	1,39E+01	1,81E+01	2,85E-01	1,13E+00	1,42E+00
2014	--	8,89E+00	8,89E+00	4,51E+00	1,48E+01	1,93E+01	3,03E-01	1,20E+00	1,51E+00
2015	--	9,29E+00	9,29E+00	4,71E+00	1,54E+01	2,01E+01	3,16E-01	1,26E+00	1,57E+00
2016	--	9,59E+00	9,59E+00	4,87E+00	1,59E+01	2,08E+01	3,26E-01	1,30E+00	1,62E+00
2017	--	9,84E+00	9,84E+00	4,99E+00	1,63E+01	2,13E+01	3,35E-01	1,33E+00	1,67E+00
2018	--	1,00E+01	1,00E+01	5,09E+00	1,67E+01	2,18E+01	3,42E-01	1,36E+00	1,70E+00

ARA (Agotamiento de recursos abióticos) (kg Sb-eq); A (Acidificación) (kg SO₂-eq); Eu (Eutrofización) (kg PO₄-eq)

Año	CG			FOF		
	Mixtos no férricos reciclados	Escenario actual	Escenario futuro	Mixtos no férricos reciclados	Escenario actual	Escenario futuro
2009	1,58E+02	1,45E+02	3,04E+02	9,82E-02	8,49E-02	1,83E-01
2010	7,39E+02	6,78E+02	1,42E+03	4,58E-01	3,96E-01	8,55E-01
2011	1,03E+03	9,44E+02	1,97E+03	6,38E-01	5,52E-01	1,19E+00
2012	1,20E+03	1,10E+03	2,31E+03	7,46E-01	6,45E-01	1,39E+00
2013	1,32E+03	1,21E+03	2,53E+03	8,18E-01	7,08E-01	1,53E+00
2014	1,40E+03	1,29E+03	2,69E+03	8,70E-01	7,52E-01	1,62E+00
2015	1,46E+03	1,34E+03	2,81E+03	9,08E-01	7,86E-01	1,69E+00
2016	1,51E+03	1,39E+03	2,90E+03	9,38E-01	8,12E-01	1,75E+00
2017	1,55E+03	1,42E+03	2,98E+03	9,62E-01	8,32E-01	1,79E+00
2018	1,58E+03	1,45E+03	3,04E+03	9,82E-01	8,49E-01	1,83E+00

CG (Calentamiento global) (kg CO₂-eq); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos) (kg C₂H₄-eq)

Tabla Anexo 1-5. Número de elementos de comunicación usados en la campaña por cada municipio “cero”.

Año	Dípticos (0,004 kg/unidad)	Posters (0,044 kg/unidad)	Contenedores de cartón (1,5 kg/unidad)	Imanes (0,006 kg/unidad)
	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades
2009	402	42	28	402
2010	410	45	30	410
2011	418	48	32	418
2012	425	51	34	425
2013	433	54	36	433
2014	441	57	38	441
2015	448	60	40	448
2016	456	63	42	456
2017	463	69	46	463
2018	471	72	48	471

Tabla Anexo 1-6. Pesos de los elementos de comunicación usados en la campaña por cada municipio “cero”.

Año	Dípticos	Posters	Contenedores de cartón	Imanes	km
	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	
2009	1,61	1,85	42,00	2,41	114
2010	1,64	1,98	45,00	2,46	121
2011	1,67	2,11	48,00	2,51	129
2012	1,70	2,24	51,00	2,55	137
2013	1,73	2,38	54,00	2,60	145
2014	1,76	2,51	57,00	2,64	153
2015	1,79	2,64	60,00	2,69	161
2016	1,82	2,77	63,00	2,74	170
2017	1,85	3,04	69,00	2,78	179
2018	1,88	3,17	72,00	2,83	188

Tabla Anexo 1-7. Costes ambientales de la campaña en un municipio “cero”.

Año	A (Acidificación)	Eu (Eutrofización)	CG (Calentamiento global)	FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos)
2009	1,75E-01	2,86E-02	2,98E+01	2,02E-02
2010	1,85E-01	3,04E-02	3,14E+01	2,14E-02
2011	1,95E-01	3,21E-02	3,30E+01	2,25E-02
2012	2,04E-01	3,39E-02	3,47E+01	2,36E-02
2013	2,14E-01	3,56E-02	3,63E+01	2,48E-02
2014	2,24E-01	3,74E-02	3,80E+01	2,59E-02
2015	2,34E-01	3,91E-02	3,96E+01	2,71E-02
2016	2,44E-01	4,09E-02	4,13E+01	2,82E-02
2017	2,62E-01	4,41E-02	4,43E+01	3,03E-02
2018	2,72E-01	4,59E-02	4,59E+01	3,15E-02

Tabla Anexo 1-8. Estimación de los costes ambientales de los materiales usados en la campaña.

Año	A		EU		CG		FOF	
	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**	Cat.*	Esp.**
2009	3,32E+01	2,08E+02	5,44E+00	3,41E+01	5,66E+03	3,55E+04	3,84E+00	2,41E+01
2010	3,51E+01	2,20E+02	5,77E+00	3,61E+01	5,97E+03	3,74E+04	4,06E+00	2,54E+01
2011	3,70E+01	2,32E+02	6,10E+00	3,82E+01	6,28E+03	3,94E+04	4,28E+00	2,68E+01
2012	3,89E+01	2,44E+02	6,43E+00	4,03E+01	6,59E+03	4,13E+04	4,49E+00	2,82E+01
2013	4,07E+01	2,55E+02	6,77E+00	4,24E+01	6,90E+03	4,33E+04	4,71E+00	2,95E+01
2014	4,26E+01	2,67E+02	7,10E+00	4,45E+01	7,22E+03	4,52E+04	4,93E+00	3,09E+01
2015	4,45E+01	2,79E+02	7,43E+00	4,66E+01	7,53E+03	4,72E+04	5,14E+00	3,22E+01
2016	4,64E+01	2,91E+02	7,77E+00	4,87E+01	7,85E+03	4,92E+04	5,36E+00	3,36E+01
2017	4,99E+01	3,12E+02	8,39E+00	5,26E+01	8,41E+03	5,27E+04	5,76E+00	3,61E+01
2018	5,18E+01	3,24E+02	8,73E+00	5,47E+01	8,73E+03	5,47E+04	5,98E+00	3,75E+01

A (Acidificación); Eu (Eutrofización); Eu (Eutrofización); CG (Calentamiento global); FOF (Formación de oxidantes fotoquímicos)

* Catalunya; ** España

Anexo 2. Ejemplos de cuestionarios para la evaluación de indicadores sociales

En este anexo se encuentran dos ejemplos de cuestionarios destinados a la valoración de indicadores sociales, cuya cuantificación permitirá realizar una evaluación social más precisa de los indicadores sociales propuestos para la implantación del modelo.

Tabla Anexo 1-1. Cuestionario para al evaluación del indicador social Comprensión / Responsabilidad de fin de vida.

ENCUESTA SOBRE EL MODELO DE RECOGIDA DE RESIDUOS DE PAEE

Valoración de la afectación en el entorno social del reciclado de residuos de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos

Comprensión / Responsabilidad de fin de vida

Las respuestas a este cuestionario servirán para valorar el conocimiento, la implicación y los impactos sociales de la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) que realizan los ciudadanos.

Conceptos a valorar del modelo de recogida de AEE (aparatos eléctricos y electrónicos) (juguetes)	A	B	C	D	E
Conocimiento de los AEE (aparatos eléctricos y electrónicos)					
Sabe que son los electrodomésticos de cocina					
Sabe que son aparatos de TV, audio y video					
Sabe que son componentes informáticos y de telefonía					
Reparación de AEE					
Intenta que un servicio técnico repare los AEE que no funcionan					
¿Que hace con los AEE cuando ya no sirven?					
Los deposita en el contenedor de rechazo junto con el resto de la basura					
Los separa y los lleva al punto limpio o los lleva a un contenedor específico para ello					

Comentarios adicionales:

Marque con una "x" la respuesta a las afirmaciones anteriores según el siguiente grado de aproximación que usted crea más adecuado:

- A – Muy de acuerdo
- B – De acuerdo
- C – Neutro
- D – En desacuerdo
- E – Muy en desacuerdo

Tabla Anexo 2-2. Cuestionario para al evaluación del indicador social Implicación / Afectación en la comunidad local.

ENCUESTA SOBRE EL MODELO DE RECOGIDA DE RESIDUOS DE PAEE

Valoración de la afectación en el entorno social del reciclado de residuos de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos

Implicación / Afectación en la comunidad local

Las respuestas a este cuestionario servirán para valorar el conocimiento, la implicación y los impactos sociales de la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) que realizan los ciudadanos.

Conceptos a valorar del modelo de recogida de AEE (aparatos eléctricos y electrónicos) (juguetes)	A	B	C	D	E
Aceptación por parte del municipio de la campaña de recogida					
El ayuntamiento tiene conocimiento de la campaña de recogida					
El ayuntamiento participa en la campaña de recogida					
El ayuntamiento da apoyo material a la campaña de recogida					
Aceptación por parte de las escuelas					
La dirección de la escuela da apoyo material a la campaña de recogida					
En la escuela hay un coordinador de las actividades realizadas de la campaña de recogida					
El claustro de profesores apoya las actividades relacionadas con la campaña de recogida					
Aceptación por parte de las familias					
La familia tiene conocimiento de la campaña de recogida					
La familia participa en la campaña de recogida seleccionando y llevando residuos de juguetes al contenedor específico					
Aceptación por parte de la ONG y del coordinador local					
Hay un coordinador local que regule el proceso					
Hay una ONG local que recoge y selecciona los juguetes depositados en el contenedor de las escuelas					

Comentarios adicionales:

Marque con una "x" la respuesta a las afirmaciones anteriores según el siguiente grado de aproximación que usted crea más adecuado:

- A – Muy de acuerdo
- B – De acuerdo
- C – Neutro
- D – En desacuerdo
- E – Muy en desacuerdo