

## ETAPA 4: EVALUACIÓN DE IMPACTOS Envases y Embalajes Plásticos

### ÍNDICE

	Página
<b>1 INTRODUCCION</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Resumen de principales datos del diagnóstico</b>	<b>4</b>
<b>2 CANTIDADES Y DESTINOS DE RESIDUOS DE EYE RECUPERADOS</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Destinos supuestos para los residuos recogidos</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Escenarios y logros de recuperación</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Balance de masa por escenario</b>	<b>9</b>
<b>3 IMPACTOS AMBIENTALES</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Aspectos ambientales generales</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Análisis del ciclo de vida</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Variación en el uso de materias primas primarias y secundarias</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Variación en el sistema de eliminación de los residuos</b>	<b>15</b>
<b>3.5 Variación en el uso de energía</b>	<b>16</b>
<b>3.6 Variación en la generación de dióxido de carbono</b>	<b>19</b>
<b>3.7 Otros impactos ambientales</b>	<b>23</b>
<b>4 IMPACTOS SOCIALES</b>	<b>24</b>
<b>5 IMPACTOS ECONÓMICOS</b>	<b>24</b>
<b>6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>27</b>
<b>6.1 Conclusiones</b>	<b>27</b>
<b>6.2 Recomendaciones para la implementación de la REP</b>	<b>31</b>
<b>7 BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>33</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 2-1 Resumen de cantidades y tasas de recuperación (Año 2010)</b>	<b>6</b>
<b>Tabla 2-2 Proyección del consumo de EyE de plástico</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 2-3 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE plásticos desde RSM según Escenario</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 2-4 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE plásticos de PET desde RSM según Escenario</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 2-5 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE plásticos de Bolsas desde RSM según Escenario</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 2-6 Balance de masa por escenario y destino Residuos PET</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 2-7 Balance de masa por escenario y destino Residuos Bolsas Plásticas</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 3-1 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada de envases plásticos (botella PET)</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 3-2 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada envases plásticos (Bolsas)</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 3-3 Recuperación de materias primas secundarias (PET)</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 3-4 Recuperación de materias primas secundarias (bolsas)</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 3-5 Reducción de volumen en relleno sanitario por recuperación</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 3-6 Energía ahorrada por valorización de plásticos</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3-7 Consumo unitario de energía por transporte residuos de PET</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3-8 Consumo ponderado de energía por transporte de PET según distancia</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 3-9 Consumo unitario de energía por transporte residuos de Bolsas</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 3-10 Consumo ponderado de energía por transporte de bolsas según distancia</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 3-11 Resumen de energía consumida por transporte de residuos de PET a nivel país y ahorrada por valorización</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 3-12 Resumen de energía consumida por transporte de residuos de Bolsas a nivel país y ahorrada por valorización</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 3-13 Energía ahorrada por la reducción de transporte de resina virgen</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 3-14 Reducción de CO<sub>2</sub> por valorización de plásticos</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 3-14 Generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte de residuos de PET</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 3-16 Generación ponderada de emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte de PET según distancia</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 3-17 Generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte residuos de Bolsas</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 3-18 Generación ponderada de emisiones por transporte de bolsas según distancia</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 3-19 Resumen de generación de CO<sub>2</sub> por transporte de residuos de PET a nivel país y reducción por valorización</b>	<b>22</b>

<b>Tabla 3-20 Resumen de generación de CO<sub>2</sub> por transporte de residuos de bolsas a nivel país y reducción por valorización</b>	22
<b>Tabla 3-21 Reducción emisiones CO<sub>2</sub> por menor requerimiento de resina virgen</b>	23
<b>Tabla 5-1 Distribución de Residuos por región</b>	24
<b>Tabla 5-2 Escenario 1 al 2016</b>	25
<b>Tabla 5-3 Escenario 1 al 2021</b>	26
<b>Tabla 5-4 Síntesis PET</b>	27
<b>Tabla 6-1 Resumen de Impactos por Escenario al Año 2021 - PET</b>	28
<b>Tabla 6-2 Resumen de Impactos por Escenario al Año 2021 - Bolsas</b>	29

## 1 INTRODUCCION

El presente capítulo corresponde a la evaluación de los impactos ambientales, sociales y económicos de la implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en Chile, respecto al sector de envases y embalajes (EyE), y específicamente a los de **material plástico**.

Es importante de aclarar que se ha convenido **enfocar la evaluación** en la recuperación de los EyE generados en los **domicilios y pequeños comercios**, que hoy en día terminan en los **residuos sólidos municipales** (RSM). Los EyE plásticos con mayor potencial de recuperación desde los RSM, que aquí se analizan en mayor profundidad, son:

- **Botellas PET**
- **Bolsas plásticas**

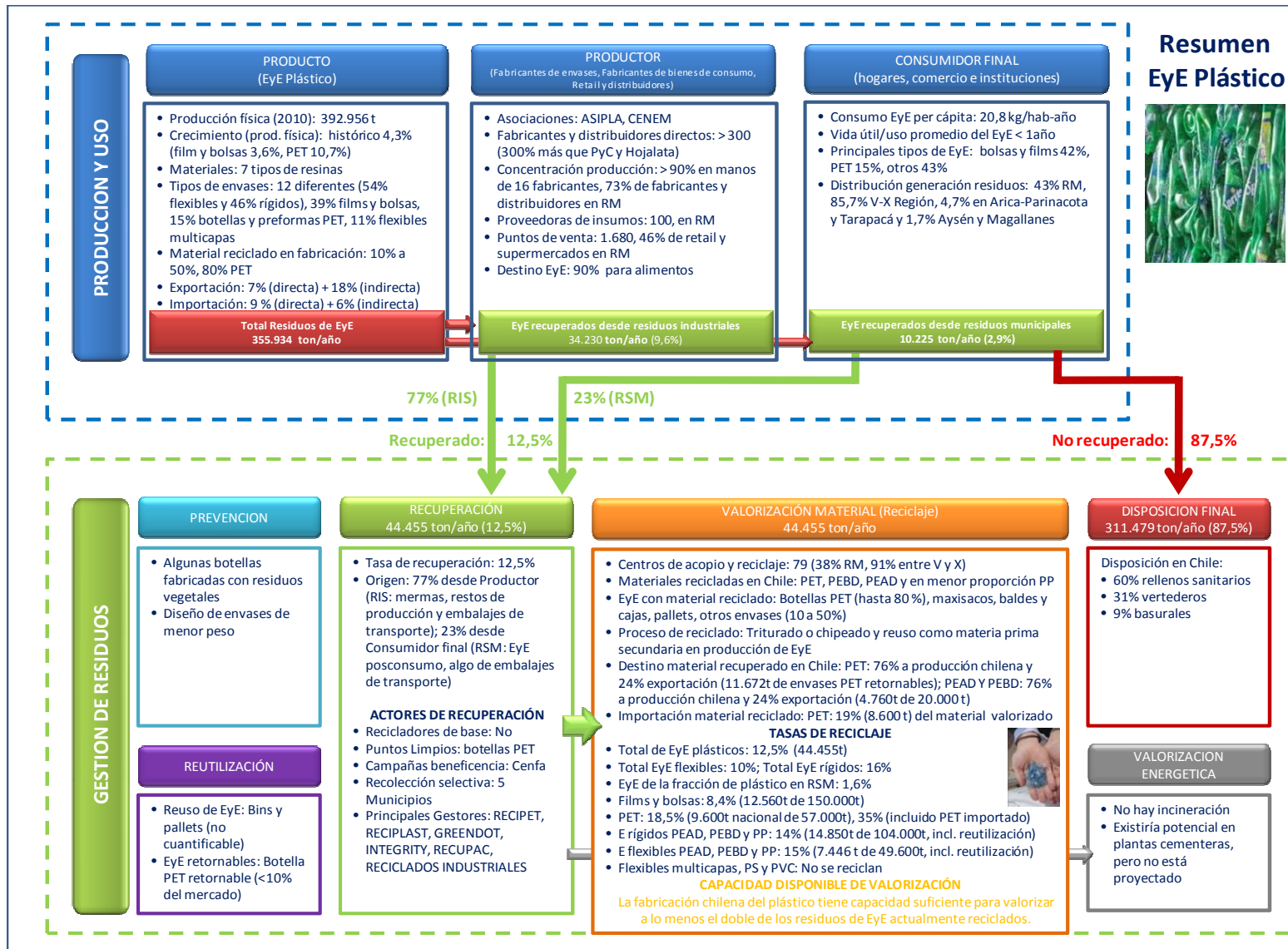
Cabe acordar que los Escenarios de evaluación (Etapa 3) **definen probables sistemas de recolección selectiva** para la recuperación de estos EyE. El Escenario 1 considera sólo sistemas de "entrega", donde el consumidor lleva sus residuos segregados a puntos limpios y puntos verdes. Mientras el Escenario 2 agrega sistemas de "retiro" mediante recolección puerta a puerta.

Basado en estos Escenarios se determina en esta Etapa 4 lo siguiente:

- **Cantidades y destinos de residuos de EyE recuperados.** Incluye la determinación de los **logros de recuperación de residuos de EyE** alcanzables para el país, expresados en porcentajes desde los RSM. Estos porcentajes podrían aplicarse como posibles **metas de recuperación** en el eventual marco regulatorio asociado a la REP.
- Los **impactos ambientales, sociales y económicos** resultantes.
- **Conclusiones** de la evaluación y **recomendaciones** para la dictación del marco legal y la implementación de la REP.

### 1.1 Resumen de principales datos del diagnóstico

Un resumen de los principales datos del diagnóstico de los EyE plásticos (Etapa 1) se muestra a continuación.



## 2 CANTIDADES Y DESTINOS DE RESIDUOS DE EYE RECUPERADOS

Como se puede observar en el recuadro anterior, la generación de residuos de EyE plásticos al año 2010 era de 355.934 toneladas de los cuales se recuperaron 44.455 toneladas, equivalente a una tasa de recuperación de 12,5%. Esta tasa se fundamenta principalmente en los residuos recuperados a nivel industrial y comercial (77% de dicho total).

Si bien se estimó que un total de 311.479 toneladas de estos residuos se envían a disposición final, la fracción efectiva de EyE de plástico que se consume a nivel domiciliario y pequeño comercio (y que termina en los RSM) no se conoce claramente. La cantidad total de residuos plásticos que se dispuso en rellenos sanitarios y vertederos al 2010 fue de 624.894 toneladas, pero incluye tanto EyE como otros residuos con componentes plásticos. Sin embargo, se puede realizar una aproximación en base al consumo aparente de EyE determinado en el diagnóstico (355.934 t), de lo cual resulta un porcentaje cercano al 57%<sup>1</sup> de la fracción total de plásticos en RSM<sup>2</sup>.

Al comparar la cantidad recuperada desde los RSM en el 2010 (10.225 toneladas) con la fracción total de plástico, se obtiene una tasa de recuperación de sólo 1,6%. Si la cantidad recuperada se compara con la fracción estimada de EyE plásticos en los RSM la tasa de recuperación es del 2,9%.

**Tabla 2-1 Resumen de cantidades y tasas de recuperación (Año 2010)**

Ítem	ton/año	%
Consumo de EyE plásticos en Chile	355.934	100%
Recuperación de EyE plásticos desde residuos de EyE disponibles	44.455	12,5 %
Residuos plásticos en RSM (EyE y otros residuos)	624.894	100%
Recuperación de EyE plásticos desde fracción total en RSM	10.225	1,6%
Recuperación de EyE plásticos desde fracción de EyE de plásticos supuesta en RSM	10.225	2,9%

En la tabla a continuación, se presenta las proyecciones del crecimiento del consumo aparente de los principales EyE plásticos en Chile (ver detalles en Anexos de Etapa 1), requeridas para la evaluación de los escenarios.

<sup>1</sup> Para simplificar los cálculos, se utiliza este valor para estimar un % de recuperación desde la fracción de EyE en los RSM en ambos escenarios.

<sup>2</sup> = 355.934/624.894. Valor estimado en el diagnóstico desde consumo aparente de cada tipo de EyE (ver Etapa 1)

**Tabla 2-2 Proyección del consumo de EyE de plástico**

Tipo de EyE	Tasa de crecimiento %	2010 ton/año	2016 ton/año	2021 ton/año
Plásticos en general	4,3%	355.934	458.222	565.584
Bolsas y films	3,6%	147.055	181.819	216.989
PET	10,7%	50.451	92.845	154.346

Nota: Tabla incluye consumo completo, a nivel industrial, comercial y domiciliario

## 2.1 Destinos supuestos para los residuos recogidos

Para la evaluación de los impactos se supone los siguientes destinos:

- **Trituración de plástico y venta de material a empresas del sector o exportación:** A nivel país, particularmente en la zona central, existe un número importante de empresas que recuperan plásticos del tipo PET, PEAD y PEBD para su reciclaje en nuevos envases u otros productos plásticos, como se detalló en el diagnóstico del sector (Etapa 1). Se supone que el material recuperado será comercializado como materia prima secundaria a menor costo que la materia prima virgen, tomando como referencia conservadora el precio de mercado de exportación y/o de empresas del sector. El plástico recuperado cubrirá básicamente la demanda de EyE en Chile, es decir, en el cálculo de inversiones no se considera la implementación de nuevas plantas de valorización de plásticos en el país, dado que hay suficiente mercado y capacidad instalada en el país (ver Etapa 3)<sup>3</sup>.

Aun cuando a nivel internacional se considera la valorización energética de plásticos como una importante vía de reciclaje, **esta alternativa no se incluye en la evaluación**, dado que en Chile no existe la infraestructura apropiada para su valorización en las cementeras, que sería la única alternativa viable. De acuerdo a la información de las mismas empresas, no existe interés en incorporar este tipo de residuos como combustible alternativo. Por otra parte, la alternativa analizada, que corresponde al reciclaje del material como materia prima secundaria, se considera más apropiada dentro de la jerarquía de la gestión de los residuos.

## 2.2 Escenarios y logros de recuperación

Basado en los sistemas de recuperación de residuos supuestos por escenario (Etapa 3), se determinan las siguientes cantidades y respectivos logros de recuperación.

<sup>3</sup> La producción nacional de envases de plástico al 2010 alcanzó a 392.956 t, la cantidad máxima recuperada al 2021 cubriría solo el 13,5% de dicha capacidad.

**Tabla 2-3 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE plásticos desde RSM según Escenario**

Ítem	Situación actual	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Total fracción de plásticos en RSM	624.894 t	724.875 t	819.915 t	724.875 t	819.915 t
Total de EyE plásticos disponibles	355.934 t	458.222 t	565.584 t	458.222 t	565.584 t
EyE plásticos recuperados desde RSM	10.225 t	25.109 t	40.050 t	26.585 t	52.894 t
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM	1,6 %	3,46%	4,88%	3,67%	6,45 %
Tasa de recuperación desde fracción de EyE de RSM	2,9%	6,0%	8,5%	6,4%	11,3%
Destinos proyectados	Valorización en fabricas de envases nacionales y plantas recicladoras existentes				

Fuente: Elaboración propia, ECOING

El análisis realizado se ejemplifica específicamente en el sistema de recuperación de envases PET y bolsas, el cual se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 2-4 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE plásticos de PET desde RSM según Escenario**

Ítem	Situación actual	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Total de EyE PET disponibles	50.451 t	92.845 t	154.346 t	92.845 t	154.346 t
EyE PET recuperados desde RSM	3.510 t	10.147 t	24.103 t	13.582 t	51.608 t
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM	2,93 %	7,3%	15,4%	9,8%	32,9%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE en RSM	5,1%	12,8%	26,9%	17,2%	57,7%
Destinos proyectados	Valorización en fabricas de envases nacionales y plantas recicladoras existentes				

Fuente: Elaboración propia, ECOING



**Tabla 2-5 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE plásticos de Bolsas desde RSM según Escenario**

Ítem	Situación actual	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Total de EyE Bolsas disponibles	147.055	181.819	216.989	181.819	216.989
EyE Bolsas recuperados desde RSM	1.256 t	5.681 t	14.985 t	6.620 t	19.296 t
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM	0,45%	1,8%	4,1%	2,1%	5,3%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE de RSM	0,8%	3,1%	7,2%	3,6%	9,3%
Destinos proyectados	Valorización en fabricas de envases nacionales y plantas recicladoras existentes				

Fuente: Elaboración propia, ECOING

### 2.3 Balance de masa por escenario

Se ha supuesto que del total de plástico recuperado un 80% se destinará a la recuperación de materias primas secundarias en plantas de trituración, generándose un 20% de pérdidas que se destinará a relleno sanitario. Cabe mencionar que la trituración como alternativa de recuperación para reuso en productos similares, corresponde al proceso ambientalmente más deseado, de acuerdo a la estratégica jerarquizada de la política de gestión integral de residuos sólidos. De acuerdo a lo anterior, el balance de masa para cada escenario se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 2-6 Balance de masa por escenario y destino Residuos PET**

Plástico PET	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
<b>Datos base</b>					
Total Residuos de EyE PET (ton)	50.451	92.845	154.346	92.845	154.346
EyE PET recuperados desde RSM (ton)	3.510	10.147	24.103	13.582	51.608
EyE PET restante en RSM (ton)	46.941	82.698	130.243	79.263	102.738
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM (%)	2,93 %	7,3%	15,4%	9,8%	32,9%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE en RSM (%)	5,1%	12,8%	26,9%	17,2%	57,7%
<b>Destinos supuestos de plástico recogido</b>					
Valorización previa trituración 80% (ton)	2.808	8.117	19.282	10.866	41.286
Pérdidas proceso trituración 20% (ton)	702	2.029	4.821	2.716	10.322

Fuente: Elaboración propia, ECOING

**Tabla 2-7 Balance de masa por escenario y destino Residuos Bolsas Plásticas**

Plástico Bolsas	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
<b>Datos base</b>					
Total Residuos de Bolsas (ton)	147.055	181.819	216.989	181.819	216.989
Bolsas recuperados desde RSM (ton)	1.256	5.681	14.985	6.620	19.296
Bolsas restante en RSM (ton)	145.799	176.138	202.004	175.199	197.693
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM (%)	0,45%	1,8%	4,1%	2,1%	5,3%
Tasa de recuperación desde fracción de Bolsas en RSM (%)	0,8%	3,1%	7,2%	3,6%	9,3%
<b>Destinos supuestos de plástico recogido</b>					
Cantidad valorizada 80% (ton)	1.005	4.544	11.988	5.296	15.437
Pérdidas proceso trituración 20% (ton)	251	1.136	2.997	1.324	3.859

Fuente: Elaboración propia, ECOING

### 3 IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de los impactos ambientales se concentra en las cantidades de materias primas secundarias recuperadas, las emisiones de gases de efecto invernadero expresado como CO<sub>2</sub> y la demanda de energía. Adicionalmente, se toma en cuenta la reducción esperada de los impactos a las diferentes componentes ambientales, como son los suelos, aguas, aire, vegetación, etc.

#### 3.1 Aspectos ambientales generales

Los Residuos de EyE de plástico se clasifican como un residuo no peligroso, y en general presentan un bajo impacto, si se les maneja en forma adecuada.

A nivel nacional, la valorización se orienta a un nuevo uso de la resina recuperada en la industria de productos plásticos. Teóricamente, una tonelada de plástico recuperado reemplaza a 1 tonelada de material virgen. Sin embargo, la tasa de reciclaje real bordea en promedio el 80%, debido a la presencia de contaminación en el material recuperado, tales como presencia de etiquetas, restos de otros plásticos, envases que contienen restos de aceites o combustibles, entre otros, material que es retirado en los puntos de clasificación.

#### 3.2 Análisis del ciclo de vida

Para evaluar el impacto de la recuperación de residuos de EyE de plástico se presenta un análisis simplificado del uso de materiales, energía y emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada de envase plástico fabricado en sus diferentes etapas de su ciclo de vida (de acuerdo a datos disponibles), ejemplificado en botellas PET y bolsas, considerando ciclos sin material reciclado y con un 60% de material reciclado, cuyos resultados se resumen en la tabla a continuación<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Fuente: BIR 2008, Asipla y estimación de datos a nivel nacional.

**Tabla 3-1 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada de envases plásticos (botella PET)**

Etapa del ciclo de vida		Sin material reciclado			Con material reciclado (ej. 60%)		
		Energía	materias primas (1)	Emisión CO <sub>2</sub> equiv.	Energía	materias primas (1)	Emisión CO <sub>2</sub> equiv.
		GJ	ton	kg	GJ	ton	kg
<b>Manufactura fuera de país</b>	Manufactura resina	-80	2	2.540	-24	0,8	1.016
<b>Fabricación, distribución y consumo (1 ton)</b>	Transporte resina al país (2)	-39,6	0,86	2.700	-15,84	0,34	1.080
	Fabricación envase	-6,5	-	740	-6,5	-	740
	Transporte y distribución (radio 2.500 km)	-11,2	0,24	763	-11,2	0,24	763
	Uso	-	-	-	-	-	-
<b>Gestión de residuos (1 ton)</b>	Transporte en fardos a plantas reciclaje (radio 2.500 km)	-	-	-	-9,66	0,21	658,2
	Transporte a disposición final (60 km)	-1,35	0,03	92	-0,54	0,01	36,8
<b>Total</b>		<b>-138,7</b>	<b>3,1</b>	<b>6.835</b>	<b>-67,7</b>	<b>1,6</b>	<b>4.294</b>

- (1) Materia prima para resina y combustibles utilizados (transporte en camión, consumo promedio diesel 2 Km/L con carga). No considera otros insumos en fabricación
- (2) El transporte de resina al país se asume fundamentalmente en barco.

**Tabla 3-2 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada envases plásticos (Bolsas)**

Etapa del ciclo de vida		Sin material reciclado			Con material reciclado (ej. 60%)		
		Energía	materias primas (1)	Emisión CO <sub>2</sub> equiv.	Energía	materias primas (1)	Emisión CO <sub>2</sub> equiv.
		GJ	ton	kg	GJ	ton	kg
<b>Manufactura fuera de país</b>	Manufactura resina	-80	2	1800	-24	0,8	1016
<b>Fabricación, distribución y consumo (1 ton)</b>	Transporte resina al país (2)	-23,4	0,51	1600	-9,36	0,20	1080
	Fabricación envase	-2,65	-	866	-2,65	-	866
	Transporte y distribución (radio 2.500 km)	-11,2	0,24	763	-11,2	0,24	763
	Uso	-	-	-	-	-	-
<b>Gestión de residuos (1 ton)</b>	Transporte en fardos a plantas reciclaje (radio 2.500 km)	-	-	-	-5,82	0,13	397,2
	Transporte a disposición final (60 km)	-0,65	0,01	44	-0,26	0,01	17,6
<b>Total</b>		<b>-117,9</b>	<b>2,8</b>	<b>5.073,0</b>	<b>-53,3</b>	<b>1,4</b>	<b>4.139,8</b>

(1) Materia prima para resina y combustibles utilizados (transporte en camión, consumo promedio diesel 2 Km/L con carga)

(2) El transporte de resina al país se asume fundamentalmente en barco.

De acuerdo a los resultados del análisis presentado en las tablas anteriores, la etapa más crítica del ciclo de vida de los EyE plásticos corresponde a la etapa de fabricación de resinas y transporte al país, las cuales presentan los mayores consumos de energía, insumos y generación de CO<sub>2</sub>.

El impacto global de las etapas consideradas del ciclo de vida<sup>5</sup> sobre el componente emisiones de CO<sub>2</sub>, resulta en la generación de cerca de 6.835 ton de CO<sub>2</sub>/tonelada de PET y 5.073 ton de CO<sub>2</sub>/tonelada de bolsas, en un proceso que no considera ningún tipo de reciclaje. En tanto, el impacto global del ciclo de vida del material sin reciclaje, sobre la componente energía, resulta en un consumo neto cercano a 139 y 118 GJ/tonelada respectivamente.

<sup>5</sup> Producción, transporte y distribución del producto y uso.

En forma comparativa, la combustión de una tonelada de petróleo diesel genera 46 GJ/ton y genera 3.220 kg CO<sub>2</sub>/ton, por lo que el impacto del ciclo de vida de estos envases en un proceso sin reciclaje sería equivalente a quemar entre 1 a 3 ton de diesel en función de la energía consumida y el CO<sub>2</sub> generado.

Al considerar la incorporación de un 60% de material reciclado en los procesos<sup>6</sup>, el consumo de energía global del ciclo de vida se reduce en más del 50% y la emisión de CO<sub>2</sub> entre un 30 y 40%, aun considerando un radio de transporte de 2.500 km, equivalente a casi todo el territorio nacional para material enfardado..

Analizando el ciclo de vida de los plásticos en sus etapas de transporte, recuperación y destino, y basándose en los datos del balance de masa anterior, se obtiene los inputs y outputs de energía (GJ), emisión de dióxido de carbono (ton CO<sub>2</sub>) y la generación de productos y residuos (ton) por tonelada de material recuperado. Los valores respectivos se presentan en la sección siguiente.

### 3.3 Variación en el uso de materias primas primarias y secundarias

Generalmente se calcula con un 20% de rechazo del material recuperado, por lo que se proyecta procesar el 80% en las plantas de trituración, reintegrando una cantidad importante de material al mercado de materias primas secundarias, como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 3-3 Recuperación de materias primas secundarias (PET)**

Plástico	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Material recuperado (ton)	3.510	10.147	24.103	13.582	51.608
Material valorizado como materia prima secundaria (ton)	2.808	8.117	19.282	10.866	41.286

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Considerando el escenario 1, se logra valorizar desde los RSM más de 8.000 toneladas de PET al año 2016 y más de 19.000 toneladas al año 2021, lo cual implica un ahorro equivalente al doble de toneladas de hidrocarburos usados para la fabricación de resinas. Para el escenario 2, las cantidades a valorizar oscilan entre más de 10.000 y 41.000 toneladas, respectivamente.

En el caso de las bolsas plásticas, en el escenario 1 se logra valorizar desde los RSM más de 4.500 toneladas al año 2016 y más de 17.000 toneladas al año 2021, lo cual implica igualmente un ahorro equivalente al doble de toneladas de hidrocarburos usados para la fabricación de resinas. Para el escenario 2, las cantidades a valorizar oscilan entre más de 5.000 y 15.000 toneladas, respectivamente.

<sup>6</sup> El porcentaje de material reciclado puede llegar al 80% e incluso al 100% en algunos productos.

**Tabla 3-4 Recuperación de materias primas secundarias (bolsas)**

Plástico	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Material recuperado (ton)	1.256	5.681	14.985	6.620	19.296
Material valorizado como materia prima secundaria (ton)	1.005	4.544	11.988	5.296	15.437

Fuente: Elaboración propia, ECOING

### 3.4 Variación en el sistema de eliminación de los residuos

La recuperación y valorización de los residuos disminuye la fracción de plásticos que va actualmente a disposición final, desde un 94,4 % a un 87,5 % en el escenario 1 y a un 73,2 % en el escenario 2, en términos de cantidad para el PET. Para las bolsas la reducción es de 99,3% a un 94,5% en el escenario 1 y a un 92,9 en el escenario 2. En términos de volumen, se logra un importante ahorro de espacio en los rellenos sanitarios, tal como se indica en la tabla siguiente.

**Tabla 3-5 Reducción de volumen en relleno sanitario por recuperación**

Plásticos	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
<b>PET</b>					
Ton a disposición	47.643	84.728	135.064	81.979	113.060
% a disposición	94,43%	91,26%	87,51%	88,30%	73,25%
Ton valorizadas (80% del material recuperado)	2.808	8.117	19.282	10.866	41.286
Reducción de volumen en relleno sanitario (m <sup>3</sup> )	14.040	40.586	96.412	54.329	206.432
<b>Bolsas</b>					
Ton a disposición	146.050	177.274	205.001	176.523	201.552
% a disposición	99,32%	97,50%	94,48%	97,09%	92,89%
Ton valorizadas (80% del material recuperado)	1.005	4.544	11.988	5.296	15.437
Reducción de volumen en relleno sanitario (m <sup>3</sup> )	4.187	18.935	49.949	22.065	64.320

Fuente: Elaboración propia, ECOING

### 3.5 Variación en el uso de energía

El proceso de recuperación y reciclaje de plástico implica un ahorro importante en el uso de energía. La producción primaria de resinas requiere alrededor de 80 GJ/ton, mientras la producción en base a material recuperado sólo consume 24 GJ/ton, lo que implica un ahorro de 56 GJ<sup>7</sup> por cada tonelada retornada al ciclo de uso. Para el escenario 1, esto implica un ahorro de 1.124.000 a 1.794.000 GJ anual para los años 2016 y 2021. Para el escenario 2, estos valores aumentan de 1.191.000 a 2.369.000 GJ.

**Tabla 3-6 Energía ahorrada por valorización de plásticos**

Plástico	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por recuperación de plástico PET (GJ)	157.248	454.568	1.079.810	608.487	2.312.043
Ahorro de energía por recuperación de plástico de bolsas (GJ)	56.273	254.486	671.315	296.557	864.461

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En contraposición al ahorro de energía generado por el reciclaje también se debe mencionar el gasto de energía generado por el transporte de los residuos hacia las instalaciones de valorización, las cuales actualmente se encuentran concentradas en la zona central del país.

De acuerdo a estimaciones realizadas, por cada 500 km de distancia recorrida en el transporte de PET se generan los siguientes niveles de gasto de energía (viajes de ida y retorno).

**Tabla 3-7 Consumo unitario de energía por transporte residuos de PET**

PET	Densidad kg/m <sup>3</sup> (1)	GJ/ton (2)
granel	30	54,3
fardos	145	11,2
chipeado	366	4,5

- (1) Datos entregados por empresas de valorización del sector  
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m<sup>3</sup> de capacidad

<sup>7</sup> Fuente: ACRR 2004.



**Tabla 3-8 Consumo ponderado de energía por transporte de PET según distancia**

Distancia	Distribución Ey E	Granel GJ/ton	Fardos GJ/ton	Chipeado GJ/ton
500	74,6%	40,5	8,4	3,3
1000	16,1%	17,5	3,6	1,4
1500	3,70%	6,0	1,2	0,5
2000	2,90%	6,3	1,3	0,5
2500	2,70%	7,3	1,5	0,6
Total	100%	77,7	16,1	6,4

De acuerdo a los resultados anteriores, el consumo de energía por tonelada transportada de residuo PET en fardos o chipeado es comparativamente menor que el ahorro logrado por su reciclado (56 GJ/t), generando un impacto positivo para prácticamente todo el territorio nacional. Sin embargo, para el transporte del residuo a granel, el consumo por transporte es bastante más alto, si se considera todo el país, obteniéndose un impacto positivo hasta distancias menores a 1.000km, por lo que bajo esta condición se recomienda el enfardado previo del residuo para su transporte, reemplazo por transporte marítimo o bien se plantea la necesidad de contar con plantas de valorización dentro de este radio.

Para el caso de bolsas, por cada 500 km de distancia de transporte se generan los siguientes niveles de gasto de energía.

**Tabla 3-9 Consumo unitario de energía por transporte residuos de Bolsas**

Bolsas	Densidad kg/m <sup>3</sup> (1)	GJ/ton (2)
granel	40	40,7
fardos	250	6,8

- (1) Datos entregados por empresas de valorización del sector  
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m<sup>3</sup> de capacidad

**Tabla 3-10 Consumo ponderado de energía por transporte de bolsas según distancia**

Distancia	Distribución Ey E	Granel GJ/ton	Fardos GJ/ton
500	74,6%	30,4	5,1
1000	16,1%	13,1	2,2
1500	3,70%	4,5	0,8
2000	2,90%	4,7	0,8
2500	2,70%	5,5	0,9
Total	100%	58,2	9,7

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En este caso, el consumo de energía por tonelada transportada de residuo de bolsas en fardos es comparativamente menor que el ahorro unitario logrado por su reciclado (56 GJ/t) generando un impacto positivo para prácticamente todo el territorio nacional. Sin embargo, para el transporte del residuo a granel, el consumo por transporte es bastante más alto, si se considera todo el país, obteniéndose un impacto positivo hasta distancias un poco superiores a 2.000km, por lo que bajo esta condición se recomienda el enfardado previo del residuo para su transporte, reemplazo por transporte marítimo, o bien se plantea la necesidad de contar con plantas de valorización dentro de este radio.

Realizando un balance entre la energía ahorrada en el proceso y el consumo por transporte, se obtienen los siguientes resultados, para residuos en fardos o triturado, donde el impacto de la componente energía es positivo.

**Tabla 3-11 Resumen de energía consumida por transporte de residuos de PET a nivel país y ahorrada por valorización**

Plásticos	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por recuperación de PET (GJ)	157.248	454.568	1.079.809	608.487	2.312.043
Consumo de energía por transporte a granel (GJ)	-272.727	-788.391	-1.872.795	-1.055.344	-4.009.949
<b>Resultado neto</b>	<b>-115.479</b>	<b>-333.823</b>	<b>-792.985</b>	<b>-446.858</b>	<b>-1.697.906</b>
Consumo de energía por transporte en fardos (GJ)	-56.511	-163.360	-388.057	-218.675	-830.890
<b>Resultado neto</b>	<b>100.737</b>	<b>291.207</b>	<b>691.753</b>	<b>389.812</b>	<b>1.481.152</b>
Consumo de energía por transporte triturado (GJ)	-32.994	-95.378	-226.567	-127.674	-485.116
<b>Resultado neto</b>	<b>124.254</b>	<b>359.190</b>	<b>853.243</b>	<b>480.813</b>	<b>1.826.927</b>

Fuente: Elaboración propia, ECOING

**Tabla 3-12 Resumen de energía consumida por transporte de residuos de Bolsas a nivel país y ahorrada por valorización**

Plásticos	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por recuperación de bolsas (GJ)	56.273	254.486	671.315	296.557	864.461
Consumo de energía por transporte a granel (GJ)	-73.105	-330.605	-872.110	-385.259	-1.123.027
<b>Resultado neto</b>	<b>-16.832</b>	<b>-76.119</b>	<b>-200.795</b>	<b>-88.702</b>	<b>-258.566</b>
Consumo de energía por transporte en fardos (GJ)	-12.184	-55.101	-145.352	-64.210	-187.171
<b>Resultado neto</b>	<b>44.089</b>	<b>199.386</b>	<b>525.963</b>	<b>232.347</b>	<b>677.289</b>

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Adicionalmente, como se indicó en la evaluación de las etapas del ciclo de vida de los plásticos, el reciclaje reduce fuertemente el impacto del transporte de resinas importadas al país, ya que este último reduce la necesidad de importar material virgen, con el consiguiente ahorro de energía.

**Tabla 3-13 Energía ahorrada por la reducción de transporte de resina virgen**

Plástico	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por transporte para PET (GJ)	111.197	321.444	763.580	367.577	1.483.382
Ahorro de energía por transporte para resinas utilizadas en Bolsas (GJ)	23.514	147.751	409.013	147.562	356.736

Fuente: Elaboración propia, ECOING

### 3.6 Variación en la generación de dióxido de carbono

La variación en la tasa de generación de dióxido de carbono es un elemento de alta relevancia en la evaluación de los escenarios propuestos, ya que corresponde a un indicador para la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

El proceso de reciclaje considera un ahorro importante en la generación de CO<sub>2</sub>, comparado con el procesamiento primario desde hidrocarburos: la fabricación de resinas genera cerca de 2.540 kg de CO<sub>2</sub>/ton, en tanto el proceso de recuperación sólo genera 180 kg de CO<sub>2</sub>/ton<sup>8</sup>, lo que implica una reducción de 2.360 kg de CO<sub>2</sub> por cada tonelada retornada al ciclo de uso. Para el escenario 1 esto implica dejar de emitir entre 19.000 a más de 45.000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub> entre los años 2016 y 2021 para el PET y entre 5.000 y 14.600 toneladas para las bolsas. Para el

<sup>8</sup> Fuente: ACRR 2004.

escenario 2, estos valores aumentan a un rango de 25.600 a más de 97.000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub> para PET y de 6.400 a 18.800 para bolsas.

**Tabla 3-14 Reducción de CO<sub>2</sub> por valorización de plásticos**

Plásticos	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> por reemplazo de materia prima por material reciclado (ton PET)	6.627	19.157	45.506	25.643	97.436
Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> por reemplazo de materia prima por material reciclado (ton bolsas)	1.226	5.544	14.625	6.461	18.833

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En contraposición a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> generada por el reciclaje también se debe mencionar el gasto de energía generado por el transporte de los residuos hacia las instalaciones de valorización, concentradas en la zona central del país.

De acuerdo a estimaciones realizadas, por cada 500 km de distancia recorrida en el transporte de PET se generan los siguientes niveles de emisiones (viajes de ida y retorno).

**Tabla 3-15 Generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte de residuos de PET**

PET	Densidad kg/m <sup>3</sup> (1)	kg CO <sub>2</sub> /ton (2)
granel	30	3.708
fardos	145	767
chipeado	366	304

- (1) Datos entregados por empresas de valorización del sector  
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m<sup>3</sup> de capacidad

**Tabla 3-16 Generación ponderada de emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte de PET según distancia**

Distancia	Distribución Ey E	Granel kg/ton	Fardos kg/ton	Chipeado kg/ton
500	74,6%	2.766	572	227
1000	16,1%	1.194	247	98
1500	3,70%	412	85	34
2000	2,90%	430	89	35
2500	2,70%	501	104	41
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>5.303</b>	<b>1.097</b>	<b>435</b>

Fuente: Elaboración propia, ECOING

De acuerdo a los resultados anteriores, la generación de CO<sub>2</sub> por tonelada transportada de residuo PET en fardos o chipeado es comparativamente menor que el ahorro logrado por su reciclado (2.360 kg/t), considerando prácticamente todo el territorio nacional generando un impacto positivo. Sin embargo, para el transporte del residuo a granel, las emisiones generadas son mayores, si se considera todo el país, generándose un impacto positivo sólo para distancias menores a 500 Km, por lo que bajo esta condición se recomienda el enfardado previo del residuo para su transporte, reemplazo por transporte marítimo, o bien se plantea la necesidad de contar con plantas de valorización dentro de este radio.

Para el caso de bolsas, por cada 500 km de distancia de transporte se generan los siguientes niveles de emisiones.

**Tabla 3-17 Generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte residuos de Bolsas**

Bolsas	Densidad kg/m <sup>3</sup> (1)	kg CO <sub>2</sub> /ton (2)
granel	40	2781
fardos	250	464

- (1) Datos entregados por empresas de valorización del sector  
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m<sup>3</sup> de capacidad

**Tabla 3-18 Generación ponderada de emisiones por transporte de bolsas según distancia**

Distancia	Distribución Ey E	Granel kg/ton	Fardos kg/ton
500	74,6%	2.075	346
1000	16,1%	896	149
1500	3,70%	309	51
2000	2,90%	323	54
2500	2,70%	375	63
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>3.977</b>	<b>663</b>

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En este caso, la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada transportada de residuo de bolsas en fardos es comparativamente menor que el ahorro logrado por su reciclado (1.220 kg/t), considerando prácticamente todo el territorio nacional resultando un impacto positivo. Sin embargo, para el transporte del residuo a granel, las emisiones son más altas si se considera todo el país, igualándose para una distancia un poco mayor a 500 km, generándose un impacto positivo sólo para distancias menores a 500 Km, por lo que bajo esta condición se recomienda el enfardado previo del residuo para su transporte, reemplazo por transporte marítimo, o bien se plantea la necesidad de contar con plantas de valorización dentro de este radio.

Realizando un balance entre la energía ahorrada en el proceso y el consumo por transporte se obtienen los siguientes resultados, para residuos en fardos o triturado, donde el impacto de la componente energía es positivo.

**Tabla 3-19 Resumen de generación de CO<sub>2</sub> por transporte de residuos de PET a nivel país y reducción por valorización**

Plásticos	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción de emisiones por recuperación de PET (t)	6.627	19.157	45.506	25.643	97.436
Emisiones por transporte de residuos <u>a granel</u> (t)	-18.614	-53.807	-127.818	-72.027	-273.678
<b>Resultado neto</b>	<b>-11.987</b>	<b>-34.651</b>	<b>-82.311</b>	<b>-46.384</b>	<b>-176.242</b>
Emisiones por transporte de residuos <u>en fardos</u> (t)	-3.850	-11.131	-26.441	-14.900	-56.614
<b>Resultado neto</b>	<b>2.776</b>	<b>8.026</b>	<b>19.065</b>	<b>10.744</b>	<b>40.822</b>
Emisiones por transporte de residuos <u>triturados</u> (t)	-1.527	-4.414	-10.485	-5.908	-22.450
<b>Resultado neto</b>	<b>5.100</b>	<b>14.743</b>	<b>35.022</b>	<b>19.735</b>	<b>74.987</b>

Fuente: Elaboración propia, ECOING

**Tabla 3-20 Resumen de generación de CO<sub>2</sub> por transporte de residuos de bolsas a nivel país y reducción por valorización**

Plásticos	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción de emisiones por recuperación de bolsas (t)	1.226	5.544	14.625	6.461	18.833
Emisiones por transporte de residuos <u>a granel</u> (t)	-4.996	-22.591	-59.594	-26.326	-76.740
<b>Resultado neto</b>	<b>-3.770</b>	<b>-17.047</b>	<b>-44.969</b>	<b>-19.865</b>	<b>-57.907</b>
Emisiones por transporte de residuos <u>en fardos</u> (t)	-833	-3.766	-9.935	-4.389	-12.793
<b>Resultado neto</b>	<b>393</b>	<b>1.778</b>	<b>4.690</b>	<b>2.072</b>	<b>6.040</b>

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Adicionalmente, como se indicó en la evaluación de las etapas del ciclo de vida de los plásticos, el reciclaje reduce fuertemente el impacto del transporte de resinas importadas al país, ya que este último reduce la necesidad de importar material virgen, con el consiguiente ahorro de energía.

**Tabla 3-21 Reducción emisiones CO<sub>2</sub> por menor requerimiento de resina virgen**

Plástico	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción emisiones por transporte para PET (t)	7.582	21.917	52.062	25.062	101.140
Reducción emisiones por transporte resinas utilizadas en Bolsas (t)	1.608	10.103	27.967	10.090	24.392

Fuente: Elaboración propia, ECOING

### 3.7 Otros impactos ambientales

A continuación, se presentan los potenciales impactos ambientales a las componentes ambientales “clásicas”, que actualmente se producen debido a la inadecuada gestión de los residuos de EyE de plástico.

La implementación de la REP disminuye considerablemente la disposición incontrolada de los EyE de plástico y así también su impacto visual o al **paisaje**, y el impacto directo por emplazamiento sobre el **suelo**.

Además, los residuos de EyE plásticos, dispuestos en forma incontrolada, atraen la disposición indebida de otros residuos, lo que conlleva a la formación de **microbasurales** en las zonas suburbanas, rurales o sitios eriazos.

La disposición incontrolada provoca además un **riesgo de incendios**, por su alto valor calorífico. Esta produciría cantidades importantes de emisiones nocivas para la atmósfera y la calidad del aire, debido principalmente a la presencia de hidrocarburos y gases. Es decir, la implementación de la REP no sólo reduce la emisión de **gases de efecto invernadero** sino también otras emisiones al aire, como monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) de hidrocarburos.

#### 4 IMPACTOS SOCIALES

Los impactos sociales se presentan en el capítulo 5e "Evaluación Social" en forma transversal para todos los tipos y materiales de EyE.

#### 5 IMPACTOS ECONÓMICOS

La estimación del valor económico de recolección está vinculada a los costos de la inversión y de operación de la red de Puntos Verdes (PV), Puntos Limpios (PL) Centros de Acopio (CA) y de Plantas de Clasificación (PdC) y a los costos de transporte en los respectivos arcos establecidos para cada Escenario en la proyección al año 2016 y 2021.

**Tabla 5-1 Distribución de Residuos por región**

REGION	Tramo Ingreso					Total
	1	2	3	4	5	
1	0,01%	0,46%	0,09%	1,39%	0,00%	<b>1,96%</b>
2	0,00%	0,09%	0,05%	1,22%	3,76%	<b>5,12%</b>
3	0,00%	0,08%	0,48%	0,09%	1,59%	<b>2,23%</b>
4	0,58%	1,06%	0,00%	1,61%	0,00%	<b>3,25%</b>
5	0,77%	1,72%	5,15%	0,00%	0,67%	<b>8,31%</b>
6	0,93%	0,42%	0,49%	1,96%	0,00%	<b>3,80%</b>
7	1,26%	0,27%	1,42%	1,06%	0,00%	<b>4,00%</b>
8	1,72%	1,94%	2,03%	2,64%	0,95%	<b>9,28%</b>
9	1,17%	0,51%	0,18%	2,32%	0,00%	<b>4,17%</b>
10	0,26%	1,32%	0,39%	2,52%	0,00%	<b>4,49%</b>
11	0,01%	0,00%	0,51%	0,00%	0,05%	<b>0,57%</b>
12	0,00%	0,09%	0,00%	0,94%	0,09%	<b>1,12%</b>
13	0,82%	5,40%	6,53%	9,86%	26,66%	<b>49,28%</b>
14	0,43%	0,12%	0,88%	0,00%	0,00%	<b>1,43%</b>
15	0,01%	0,00%	0,98%	0,00%	0,00%	<b>0,98%</b>
<b>Total país</b>	<b>7,97%</b>	<b>13,48%</b>	<b>19,18%</b>	<b>25,61%</b>	<b>33,76%</b>	<b>100,00%</b>

Las regiones más pobladas concentran la mayor parte de los residuos, aunque en términos de perfil socioeconómico se observa una mayor dispersión, y el tramo de mayor ingreso representa sólo 34% del total.

La recuperación del PET se considera de manera diferenciada en los escenarios 1 y 2, ya que en este último se implementa una recolección selectiva puerta a puerta en las 87 comunas más pobladas del país hasta el año 2021. En este caso se estima un modelo en el que coexistirá la red de PV en las comunas menos pobladas, aparte de los PL.

En la tabla siguiente se resumen los parámetros de evaluación por región para el Escenario 1, los que consisten en las toneladas recuperadas, los costos unitarios



(\$/ton) de la red de PV y PL, del transporte al CA, de la operación y capital en el CA, y luego del transporte hacia el destino.

**Tabla 5-2 Escenario 1 al 2016**

Región	Ton/Año	Costo Red Campanas \$/ton	Transporte a CA \$/ton	Costo CA \$/ton	Transporte a Destino \$/ton	Costo Unitario Total \$/ton	Costo Total MM\$
1	200,70	151.218	40.000	24.620	120.000	335.838	67,40
2	523,78	151.218	40.000	24.620	120.000	335.838	175,90
3	228,74	151.218	40.000	24.620	120.000	335.838	76,82
4	332,80	151.218	40.000	24.620	80.000	295.838	98,45
5	850,43	151.218	40.000	24.620	60.000	275.838	234,58
6	388,86	151.218	40.000	24.620	60.000	275.838	107,26
7	409,73	151.218	40.000	24.620	60.000	275.838	113,02
8	950,14	151.218	40.000	24.620	80.000	295.838	281,09
9	427,26	151.218	40.000	24.620	80.000	295.838	126,40
10	459,78	151.218	40.000	24.620	120.000	335.838	154,41
11	58,37	151.218	40.000	24.620	120.000	335.838	19,60
12	114,30	151.218	40.000	24.620	120.000	335.838	38,39
13	5.043,84	151.218	40.000	24.620	60.000	275.838	1.391,28
14	146,56	151.218	40.000	24.620	120.000	335.838	49,22
15	100,74	151.218	40.000	24.620	120.000	335.838	33,83
País							2.967,67

El costo unitario por tonelada recuperada oscila entre los \$275.000 y los \$335.000, pero su costo medio se situaría en torno a \$290.000/ton, debido a la concentración en la zona central cercana a las plantas de proceso. Al extenderse la red de PV y PL al territorio nacional se genera un costo de operación de 1.550 millones de pesos mientras las cantidades recuperadas en el año son menos de 3.000 toneladas, por lo que el costo fijo unitario resultante es muy elevado, superando los \$150.000 por tonelada recuperada.

En el escenario 1 proyectado al 2021, se logran mayores respuestas en la recuperación, con lo cual se disminuye el costo unitario de recolección en el país.

**Tabla 5-3 Escenario 1 al 2021**

Región	Ton/Año	Costo Red Campanas \$/ton	Transporte a CA \$/ton	Costo CA \$/ton	Transporte a Destino \$/ton	Costo Unitario Total \$/ton	Costo Total MM\$
1	471,56	127.510	40.000	24.620	120.000	312.130	147,19
2	1.231,48	127.510	40.000	24.620	120.000	312.130	384,38
3	538,00	127.510	40.000	24.620	120.000	312.130	167,93
4	782,25	127.510	40.000	24.620	80.000	272.130	212,87
5	1.998,94	127.510	40.000	24.620	60.000	252.130	503,99
6	915,41	127.510	40.000	24.620	60.000	252.130	230,80
7	963,83	127.510	40.000	24.620	60.000	252.130	243,01
8	2.233,51	127.510	40.000	24.620	80.000	272.130	607,81
9	1.005,52	127.510	40.000	24.620	80.000	272.130	273,63
10	1.081,92	127.510	40.000	24.620	120.000	312.130	337,70
11	137,46	127.510	40.000	24.620	120.000	312.130	42,91
12	268,46	127.510	40.000	24.620	120.000	312.130	83,80
13	11.862,36	127.510	40.000	24.620	60.000	252.130	2.990,86
14	344,59	127.510	40.000	24.620	120.000	312.130	107,56
15	237,26	127.510	40.000	24.620	120.000	312.130	74,06
País							6.408,49

El costo medio de tonelada recuperada se reduce a un monto cercano a los \$265.000, que rentabiliza la inversión en la red de PV y PL. El costo fijo de la red de PV y PL se incrementa al doble, alcanzando los \$3.070 millones, pero las toneladas recuperadas más que se duplican al llegar a 24.070 toneladas, y ello posibilita una reducción del costo fijo de la red a \$127.510 por tonelada recuperada.

En el marco del escenario 2, se instala un circuito de recuperación puerta a puerta y se requiere de la concurrencia de plantas de clasificación que permitan remitir a las plantas de reciclaje de cada material. El costo unitario de las plantas de clasificación asciende a \$155.800. En contrapartida, se deja de lado el costo de la red de PV y del costo de transporte al Centro de Acopio, en los Municipios con recolección puerta a puerta. El costo de transporte de tramo largo sigue aplicando.

Las 87 comunas en las que se aplicaría este sistema hasta el 2021, **representan el 90% del consumo y de la recuperación a nivel del país**. Así el costo global del 90% con recolección selectiva obtendría sumando el gasto de traslado hacia las plantas de reciclaje, con lo cual el valor mínimo se reduciría a \$215.800 y el máximo a \$275.800 por tonelada. El valor promedio del 90% ascendería a un valor cercano a los \$225.000, y el costo global en el país ascendería a no más de \$230.000 por tonelada recuperada.

En cuanto a los ingresos del PET, estos se sitúan en un valor de \$210.000 por tonelada recuperada, a lo cual se le agrega el costo evitado de entrega al relleno sanitario y se completa así un ingreso global de \$240.000 por tonelada recuperada.

En este caso **se logra una red de recuperación de EyE autofinanciada.**

En la tabla a continuación se presenta una síntesis de los principales resultados económicos, que incluye el Valor Agregado Estimado, que corresponde a la estimación de los pagos brutos, tanto al factor capital como al trabajo, que se realizan en las distintas fases de la REP.

**Tabla 5-4 Síntesis PET**

Ítem	Escenario 1		Escenario 2	
	2016	2021	2016	2021
Toneladas Recuperadas (ton)	10.236	24.073	13.582	51.608
Empleos netos generados	3	8	68	258
Valor Agregado Estimado (MM\$)	249	586	1.952	7.416

En el impacto en empleo y en el valor agregado estimado se considera sólo lo que está vinculado a la instalación de nueva infraestructura y su empleo asociado. En el caso del transporte es muy probable que la economía absorba estas demandas adicionales por una reorganización industrial, utilizando el grado de capacidad ociosa existente en este sector de la economía. Además, no está incorporado el empleo para administrar el SIG del conjunto de los EyE ni tampoco para el control y monitoreo del Estado.

A este Valor Agregado Estimado debe agregarse además los costos para la administración asociado al SIG, para la difusión y sensibilización de la población y para el control y monitoreo por parte del Estado. Este costo adicional se ha estimado en un 7,5% sobre el costo económico global de los sistemas de recuperación y valorización propuestos para el conjunto de los EyE.

Los resultados en forma global se presentan en el Resumen Ejecutivo.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

Los principales **impactos ambientales, sociales y económicos** asociados a la implementación de la REP bajo los escenarios evaluados, corresponden para el año 2021 a los presentados en las siguientes tablas.

**Tabla 6-1 Resumen de Impactos por Escenario al Año 2021 - PET**

Impactos	Unidad/ Año	Escenario 1 Año 2021	Escenario 2 Año 2021
<b>Datos base PET</b>			
Logro de recuperación de EyE desde EyE de RSM	ton	24.103	51.608
	%	26,9%	57,7%
<b>Impactos ambientales</b>			
Reducción de materia prima virgen	ton	19.282	41.286
Ahorro de volumen en relleno sanitario	m <sup>3</sup>	96.412	206.432
Ahorro de energía por producción desde material reciclado	GJ	1.079.810	2.312.043
Consumo de energía por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: fardos)	GJ	-1.872.795(-388.057)	-4.009.949 (-830.890)
Reducción de CO <sub>2</sub> por producción desde material reciclado	ton CO <sub>2</sub>	45.506	97.436
Generación de CO <sub>2</sub> por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: fardos)	ton CO <sub>2</sub>	- 127,818 (-26.441)	- 273.678 (-56.614)
Impactos positivos (no cuantificables)	Global	Reducción de: Microbasurales, Impactos a Suelo y Paisaje, Riesgo de Incendio	
Impactos negativos (no cuantificables)	Global	No se detectan	
<b>Impactos sociales</b>			
Empleos netos generados	Nº	8	258
Impactos positivos (no cuantificables)	global	Nuevas cadenas de valor, Renta empresarial, Creación de empleo, Mejoras laborales, Aporte al PIB, Adecuado manejo de residuos garantizado, Imagen país	
Impactos negativos / Costos socioeconómicos (no cuantificables)	global	Compromiso de entrega del consumidor (cambio de hábito), Superficies de acopio requeridas, Costos operacionales de municipios, Esfuerzo de educación ambiental, Dependencia del mercado de materiales recuperados, Riesgos financieros	
<b>Impactos económicos</b>			
Valor Agregado Estimado para infraestructura de recuperación	MM\$	586	7.416
Costo unitario para financiar sistema de recuperación y valorización de EyE	\$/ton	Ninguno	Ninguno

**Tabla 6-2 Resumen de Impactos por Escenario al Año 2021 - Bolsas**

Impactos	Unidad/ Año	Escenario 1 Año 2021	Escenario 2 Año 2021
<b>Datos base bolsas</b>			
Logro de recuperación de EyE desde EyE de RSM	ton	14.985	19.296
	%	7,2%	9,3%
<b>Impactos ambientales</b>			
Reducción de materia prima virgen	ton	11.998	15.437
Ahorro de volumen en relleno sanitario	m <sup>3</sup>	49.949	64.320
Ahorro de energía por producción desde material reciclado	GJ	671.315	864.461
Consumo de energía por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: fardos)	GJ	- 872.110 (-145.352)	- 1.123.027 (-187.171)
Reducción de CO <sub>2</sub> por producción desde material reciclado	ton CO <sub>2</sub>	14.625	18.833
Generación de CO <sub>2</sub> por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: fardos)	ton CO <sub>2</sub>	- 59.594 (- 9.935)	- 76.740 (-12.793)
Impactos positivos (no cuantificables)	global	Reducción de: Microbasurales, Impactos a Suelo y Paisaje	
Impactos negativos (no cuantificables)	global	No se detectan	
<b>Impactos sociales</b>			
Empleos netos generados	Nº	Conjunto con PET	Conjunto con PET
Impactos positivos (no cuantificables)	global	Nuevas cadenas de valor, Renta empresarial, Creación de empleo, Mejoras laborales, Aporte al PIB, Adecuado manejo de residuos garantizado, Imagen país	
Impactos negativos / Costos socioeconómicos (no cuantificables)	global	Compromiso de entrega del consumidor (cambio de hábito), Superficies de acopio requeridas, Costos operacionales de municipios, Esfuerzo de educación ambiental, Dependencia del mercado de materiales recuperados, Riesgos financieros	
<b>Impactos económicos</b>			
Valor Agregado Estimado para infraestructura de recuperación	MM\$	Conjunto con PET	Conjunto con PET
Costo unitario para financiar sistema de recuperación y valorización de EyE	\$/ton	Ninguno	Ninguno

Fuente: Elaboración propia, ECOING

De estos datos se puede concluir lo siguiente:

- En el **ámbito social**, si bien se ha detectado algunos impactos o costos socioeconómicos negativos (ver detalles en Tabla precedente), éstos se consideran de relevancia baja, evaluando el **impacto social global resultante como positivo**. Históricamente, el reciclador de base prácticamente no se ha interesado en la recuperación del plástico, por lo que la REP en principio no crearía un sistema de competencia para el sector informal. No obstante, se estima que con la REP, el reciclador y también los intermediarios podrían jugar un rol importante dentro del sistema de recogida de los EyE de vidrio, dependiendo del modelo de organización que se aplique.
- Los **impactos ambientales** respecto al consumo de energía y la emisión de CO<sub>2</sub> **resultan negativos** para PET y Bolsas, al hacer un balance para ambas componentes entre la disminución por producción desde material reciclado y el aumento por transporte terrestre a lo largo del país, cuando los residuos de EyE son transportados a granel. En caso de transportarlos enfardados (lo que es lo más común para tramos largos), el impacto ambiental resulta **positivo para ambas componentes**. En consecuencia, para que resulte un balance ambiental positivo, se recomienda transportarlos siempre enfardados y usar en lo posible transporte marítimo. Todos los demás impactos ambientales evaluados resultan favorables.
- Respecto al **ámbito económico**, se ha determinado que la REP para PET logra el autofinanciamiento, y que por ende no habría necesidad de obtener recursos desde los consumidores. La valoración considera las bolsas plásticas en la evaluación, ya que no se requiere de una infraestructura especial adicional sino que son parte del mismo proceso de recolección y separación.
- Respecto a los **dos escenarios**, cabe concluir que ambos son factibles de implementar, tienen impactos ambientales positivos al transportarlos adecuadamente y se autofinancian. El escenario 2 logra mejores tasas de recuperación de los EyE.

## 6.2 Recomendaciones para la implementación de la REP

Para la dictación del marco legal y la implementación de la REP para los EyE de plástico, se recomienda:

- Iniciar la REP con una **Ley** y reglamentos respectivos, que estipulan claramente las responsabilidades y obligaciones de los diferentes actores. Aparte de las responsabilidades del productor, el marco legal debe **obligar a los consumidores** a separar y entregar los residuos para su recuperación y reciclaje. También debe aclararse el rol y límite de responsabilidad de las Municipalidades.
- Asignar una parte del costo total anual de la REP a **la difusión y educación** para crear conciencia y cambiar los hábitos de los ciudadanos hacia una sociedad del reciclaje.<sup>9</sup> Esto es fundamental para poder lograr una participación activa en la recuperación de los EyE.
- Fortalecer y facilitar los procesos de **educación ambiental del Estado** a través de sus instituciones y organizaciones, considerando la REP en la Política Nacional de Educación Ambiental y en los contenidos mínimos obligatorios (CMO) y objetivos fundamentales transversales (OFT) de la Ley de educación.
- Crear **incentivos para la participación activa de los consumidores** en la recuperación de los EyE, mediante pagos diferenciados u otros beneficios para estimular su participación.
- Basar la recuperación de los EyE en lo posible en **métodos y actores existentes**, para no crear sistemas de competencia y para no agregar tecnología sofisticada innecesaria. Esto implica considerar especialmente a los Municipios, a los recicladores de base, gestores e intermediarios existentes.
- Establecer **programas para la incorporación del sector informal** (recicladores de base e intermediarios) en la REP y considerar el mejoramiento de sus condiciones laborales.
- Crear un **sistema de información, seguimiento y monitoreo** del cumplimiento de las metas de recuperación y del funcionamiento de la REP.
- **Modificar el marco legal respecto a las Municipalidades**, especialmente el D.L. sobre Rentas Municipales, para que puedan financiar sus servicios básicos de recolección y disposición final (actualmente alrededor del 70% de los habitantes de Chile no pagan por estos servicios). Otra complicación de fondo de las Municipalidades es que los municipios no deben lucrar o emprender actividades empresariales, por lo que en principio no pueden cobrar o vender residuos reciclables.
- **Definir metas de recuperación y/o valorización para todos los residuos reciclables** (como en la UE) y no sólo para los EyE.

9 Como valor de referencia, en Alemania se gastó durante más de diez años aproximadamente 100 millones de marcos por año, equivalente a 1 Euro por persona y año, o un 5% del costo anual de la REP.

- Considerar la incorporación de **enfundadoras** de plástico para transporte terrestre a distancias mayores a 500 km hacia los destinos de valorización.
- En general, favorecer el **transporte marítimo** antes del terrestre, para disminuir así las emisiones de CO<sub>2</sub> y ahorrar energía.
- **Normar la información** a usuarios respecto a los materiales de los EyE y su reciclabilidad, manejo y entrega adecuados. Considerar en este contexto la impresión de la simbología internacional de los tipos de plásticos.

Finalmente, es importante recordar que la presente evaluación está basada en una serie de **supuestos**, que pueden no corresponder totalmente a la realidad o que simplemente podrían cambiar en el transcurso del tiempo. En consecuencia, existen **riesgos** asociados a la implementación de la REP, especialmente en el ámbito económico, dado que podrían cambiar las condiciones del comercio exterior e interior. Por ejemplo, debe observarse en este contexto la **reforma tributaria** de Chile y la eventual aplicación de **impuestos verdes que podría distorsionar el mercado**.



## 7 BIBLIOGRAFÍA

- ACRR 2004. Reciclaje de residuos plásticos, una guía de buenas prácticas por y para las autoridades locales y regionales
- ASIPLA 2010. Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile. Carbon Reduction Institute – Green Solutions.
- BIRD. 2008. Report on the environmental benefits of recycling. Imperial College. London
- CONAMA - UDT. 2010. Levantamiento, Análisis, Generación y Publicación de Información Nacional sobre Residuos Sólidos de Chile.
- Censo Población 2002, INE y Proyecciones de Población INE-CELADE
- Encuesta de Presupuestos Familiares 2007, INE
- Encuesta CASEN 2009, MIDEPLAN