

ETAPA 4: EVALUACIÓN DE IMPACTOS Envases y Embalajes de Metal

ÍNDICE

	Página
1 INTRODUCCION	4
1.1 Resumen de principales datos del diagnóstico	4
2 CANTIDADES Y DESTINOS DE RESIDUOS DE EYE RECUPERADOS	6
2.1 Destinos supuestos para los residuos recogidos	7
2.2 Escenarios y logros de recuperación	7
2.3 Balance de masa por escenario	8
3 IMPACTOS AMBIENTALES	9
3.1 Aspectos ambientales generales	9
3.2 Análisis del ciclo de vida	9
3.3 Variación en el uso de materias primas primarias y secundarias	11
3.4 Variación en el sistema de eliminación de los residuos	12
3.5 Variación en el uso de energía	13
3.6 Variación en la generación de dióxido de carbono	16
3.7 Otros impactos ambientales	19
4 IMPACTOS SOCIALES	20
5 IMPACTOS ECONÓMICOS	20
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
6.1 Conclusiones	23
6.2 Recomendaciones para la implementación de la REP	27
7 BIBLIOGRAFÍA	29

Índice de Tablas

Tabla 2-1 Resumen de cantidades y tasas de recuperación (Año 2010)	6
Tabla 2-2 Proyección del consumo de EyE de metal	7
Tabla 2-3 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE de Aluminio desde RSM según Escenario	7
Tabla 2-4 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE de Hojalata desde RSM según Escenario	8
Tabla 2-5 Balance de masa por escenario y destino Residuos de Aluminio	8
Tabla 2-6 Balance de masa por escenario y destino Residuos Hojalata	9
Tabla 3-1 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada de envases de Aluminio	10
Tabla 3-2 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada de envases de Hojalata	10
Tabla 3-3 Recuperación de materias primas secundarias (Aluminio)	11
Tabla 3-4 Recuperación de materias primas secundarias (hojalata)	12
Tabla 3-5 Reducción de volumen en relleno sanitario por recuperación	12
Tabla 3-6 Energía ahorrada por valorización de EyE de metal	13
Tabla 3-7 Consumo unitario de energía por transporte residuos de aluminio	14
Tabla 3-8 Consumo ponderado de energía por transporte de aluminio según distancia	14
Tabla 3-9 Consumo unitario de energía por transporte residuos de hojalata	15
Tabla 3-10 Consumo ponderado de energía por transporte de hojalata según distancia	15
Tabla 3-11 Resumen de energía consumida por transporte de residuos de Aluminio a nivel país y ahorrada por valorización	15
Tabla 3-12 Resumen de energía consumida por transporte de residuos de Hojalata a nivel país y ahorrada por valorización	16
Tabla 3-13 Reducción de CO₂ por valorización de metal	16
Tabla 3-14 Generación de emisiones de CO₂ por transporte residuos de aluminio	17
Tabla 3-15 Generación ponderada de emisiones por transporte de Aluminio según distancia	17
Tabla 3-16 Generación de emisiones de CO₂ por transporte residuos de Hojalata	18
Tabla 3-17 Generación ponderada de emisiones por transporte de hojalata según distancia	18
Tabla 3-18 Resumen de generación de CO₂ por transporte de residuos de aluminio a nivel país y reducción por valorización	18
Tabla 3-19 Resumen de generación de CO₂ por transporte de residuos de hojalata a nivel país y reducción por valorización	19
Tabla 5-1 Distribución de residuos por región	20
Tabla 5-2 Escenario 1 al 2016	21



Tabla 5-3 Escenario 1 al 2021	22
Tabla 5-4 Síntesis de Metales	23
Tabla 6-1 Resumen de Impactos por Escenario al Año 2021 - Aluminio	24
Tabla 6-2 Resumen de Impactos por Escenario al Año 2021 - Hojalata	25

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 **metal**.

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 con mayor potencial de recuperación desde los RSM, que aquí se analizan en mayor profundidad, son:

- **aluminio**
- **hojalata**

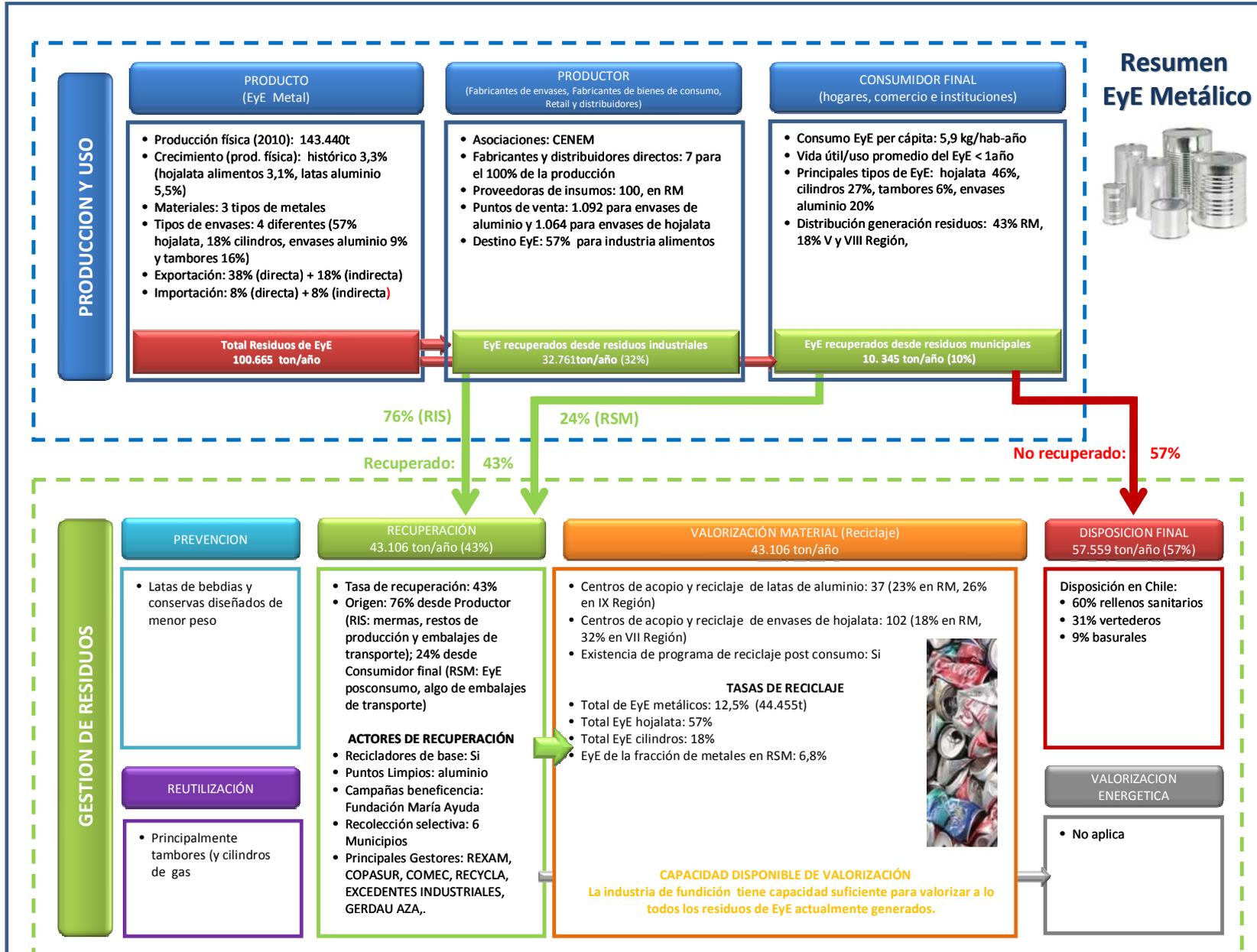
Cabe acordar que los Escenarios de evaluación (Etapa 3) **definen probables sistemas de recolección selectiva** para la recuperación de estos EyE. El Escenario 1 considera sólo sistemas de “entrega”, donde el consumidor lleva sus residuos segregados a puntos limpios y puntos verdes. Mientras el Escenario 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 de metal (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 de metal al año 2010 era de 100.665 toneladas. De estos EyE consumidos, se recuperaron 43.106 toneladas, equivalente a una tasa de recuperación de 42,8%. Esta tasa se fundamenta principalmente en los residuos recuperados a nivel industrial y comercial (76% de dicho total).

Si bien se estimó que un total de 57.559 toneladas de estos residuos se envían a disposición final, la fracción efectiva de EyE de metal que se consume a nivel domiciliario y pequeño comercio (y que termina en los RSM) no se conoce claramente. La cantidad total de residuos de metal que se dispuso en rellenos sanitarios y vertederos al 2010 fue de 152.900 toneladas, pero incluye tanto EyE como otros residuos con componentes metálicos. Sin embargo, se puede realizar una aproximación en base al consumo aparente de EyE determinado en el diagnóstico (100.665 t), de lo cual resulta un porcentaje cercano al 66%¹ de la fracción total de metal en RSM².

Al comparar la cantidad recuperada desde los RSM en el 2010 (10.345 toneladas) con la fracción total de metal, se obtiene una tasa de recuperación de sólo 6,8%. Si la cantidad recuperada se compara con la fracción estimada de EyE de metal en los RSM la tasa de recuperación es del 10,3%.

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

Ítem	ton/año	%
Consumo de EyE de metal en Chile	100.665	100%
Recuperación de EyE de metal desde residuos de EyE disponibles	43.106	42,8 %
Residuos de metal en RSM (EyE y otros residuos)	152.900	100%
Recuperación de EyE de metal desde fracción total en RSM	10.345	6,8%
Recuperación de EyE de metal desde fracción de EyE de metal supuesta en RSM	10.345	10,3%

Fuente: Elaboración propia, ECOING

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

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

² = 100.665/152.900. 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 metal

Tipo de EyE	Tasa de crecimiento %	2010 ton/año	2016 ton/año	2021 ton/año
Metal en general	3,30%	100.665	122.315	143.874
hojalata	3,10%	46.462	55.802	65.005
aluminio	5,50%	20.221	27.881	36.440

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:

- Compactación 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 metales para su reciclaje, 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 metal recuperado cubrirá básicamente la demanda de metal en Chile (caso hojalata) o se exportará (caso aluminio), es decir, el cálculo de inversiones no considera la implementación de nuevas plantas de valorización de en el país, dado que hay suficiente mercado y capacidad instalada en el país en fundiciones ferrosas y el residuo de envase de aluminio tiene un buen mercado en el exterior (ver Etapa 3).

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.

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

Ítem	Situación base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Total fracción de Aluminio en RSM	20.221 t	27.881 t	36.440 t	27.881 t	36.440 t
Total de EyE de Aluminio disponible	6,000 t	8,212 t	12.864 t	8.759 t	15.818 t
EyE de Aluminio recuperados desde RSM	22,5 %	26,6%	36,9%	28,4%	45,3%
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM	34,2%	40,3%	55,9%	43,0%	68,7%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE de RSM	Valorización en plantas recicladoras existentes				

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Tabla 2-4 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE de Hojalata desde RSM según Escenario

Ítem	Situación base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Total fracción de Hojalata en RSM	46.462 t	55.802 t	65.005 t	55.802 t	65.005 t
Total de EyE de Hojalata disponible	2.323 t	4.904 t	10.331 t	5.719 t	15.619 t
EyE de Hojalata recuperados desde RSM	3,76%	6,8%	12,7%	8,0%	19,3%
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM	5,7%	10,4%	19,3%	12,1%	29,2%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE de RSM	Valorización en plantas recicladoras existentes				

Fuente: Elaboración propia, ECOING

2.3 Balance de masa por escenario

Se ha supuesto que del total de metal recuperado un 95% se destinará a la recuperación de materias primas secundarias en plantas de fundición, generándose un 5% de pérdidas que se destinará a relleno sanitario. Cabe mencionar que la 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 2-5 Balance de masa por escenario y destino Residuos de Aluminio

Aluminio	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Datos base					
Total Residuos de EyE de Aluminio (ton)	20.221	27.881	36.440	27.881	36.440
EyE de Aluminio recuperados desde RSM (ton)	6.000	8.212	12.864	8.759	15.818
EyE de Aluminio restante en RSM (ton)	14.221	19.669	23.575	19.123	20.622
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM (%)	22,5 %	26,6%	36,9%	28,4%	45,3%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE en RSM (%)	34,2%	40,3%	55,9%	43,0%	68,7%
Destinos supuestos de aluminio recogido					
Valorización previa trituración 95% (ton)	5.700	7.802	12.221	8.321	15.027
Pérdidas proceso trituración 5% (ton)	300	411	643	438	791

Fuente: Elaboración propia, ECOING

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

Hojalata	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Datos base					
Total Residuos de EyE de Hojalata (ton)	46.462	55.802	65.005	55.802	65.005
EyE de Hojalata recuperados desde RSM (ton)	2.323	4.904	10.331	5.719	15.619
EyE de Hojalata restante en RSM (ton)	44.139	50.898	54.673	50.083	49.386
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM (%)	3,76%	6,8%	12,7%	8,0%	19,3%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE en RSM (%)	5,7%	10,4%	19,3%	12,1%	29,2%
Destinos supuestos de hojalata recogida					
Valorización previa trituración 95% (ton)	2.207	4.659	9.815	5.433	14.838
Pérdidas proceso trituración 5% (ton)	116	245	517	286	781

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 CO₂ 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 metal 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 en la industria de productos de metal. Teóricamente una tonelada de metal recuperado reemplaza a 1 tonelada de material virgen. Sin embargo, la tasa de reciclaje alcanzable bordea en promedio el 95%, debido a la presencia de contaminación en el material recuperado, tales como presencia de etiquetas o mezcla con otros materiales, lo 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 metal se presenta un análisis del uso de materiales, energía y emisiones de CO₂ por tonelada de envase fabricado en sus diferentes etapas de su ciclo de vida (de acuerdo a datos disponibles), ejemplificado en latas de aluminio y hojalata, considerando ciclos sin material reciclado y con un 60% de material reciclado, cuyos resultados se resumen en la tabla a continuación³.

³ Fuente: BIR 2008, y estimación de datos a nivel nacional.

Tabla 3-1 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada de envases de Aluminio

Etapa del ciclo de vida		Sin material reciclado			Con material reciclado (ej. 60%)		
		Energía	Insumos (1)	Emisión CO ₂ equiv.	Energía	Insumos (1)	Emisión CO ₂ equiv.
		GJ	Ton	kg	GJ	ton	kg
Fabricación, distribución y consumo (1 ton)	Fabricación envase	-47	-	3830	-2,4	-	290
	Transporte y distribución (radio 2.500 km)	-11,2	0,24	763	-11,2	0,24	763
	Uso	-	-	-	-	-	-
Gestión de residuos (1 ton)	Transporte compactado a plantas reciclaje (radio 2.500 km)	-	-	-	-4,68	0,10	318
	Transporte a disposición final (60 km)	-3	0,07	205	-1,2	0,03	82
Total		-61,2	0,3	4.798	-19,5	0,4	1.453

(1) Combustibles utilizados (transporte en camión, consumo promedio diesel 2 Km/L con carga)

Tabla 3-2 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada de envases de Hojalata

Etapa del ciclo de vida		Sin material reciclado			Con material reciclado (ej. 60%)		
		Energía	Insumos (1)	Emisión CO ₂ equiv.	Energía	Insumos (1)	Emisión CO ₂ equiv.
		GJ	ton	kg	GJ	ton	kg
Fabricación, distribución y consumo (1 ton)	Fabricación envase	-18,2	-	2.180	-0,2	-	30
	Transporte y distribución (radio 2.500 km)	-11,2	0,24	763	-11,2	0,24	763
	Uso	-	-	-	-	-	-
Gestión de residuos (1 ton)	Transporte compactado a plantas reciclaje (radio 2.500 km)	-	-	-	-21,48	0,47	1.468,2
	Transporte a disposición final (60 km)	-0,65	0,01	44,5	-0,26	0,01	17,8
Total		-30,1	2,3	2.987,5	-33,1	0,7	2.279,0

(2) Combustibles utilizados (transporte en camión, consumo promedio diesel 2 Km/L con carga)

De acuerdo a los resultados del análisis presentado en las tablas anteriores, la etapa más crítica del ciclo de vida de los EyE de metal corresponde a la etapa de

EVALUACIÓN DE IMPACTOS ECONÓMICOS, AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR EN CHILE
Sector Envases y Embalajes

fabricación del envase y transporte, las cuales presentan los mayores consumos de energía, insumos y generación de CO₂.

El impacto global de las etapas consideradas del ciclo de vida⁴ sobre el componente emisiones de CO₂, resulta en la generación de cerca de 4.798 ton de CO₂/tonelada de aluminio y 2.987 ton de CO₂/tonelada de hojalata, 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 61,2 y 30,1 GJ/tonelada respectivamente.

En forma comparativa, la combustión de una tonelada de petróleo diesel genera 46 GJ/ton y genera 3.220 kg CO₂/ton, por lo que el impacto del ciclo de vida de 1 tonelada de estos envases en un proceso sin reciclaje sería equivalente a quemar entre 1 a 1,5 ton de diesel en función de la energía consumida y el CO₂ generado.

Al considerar la incorporación de un 60% de material reciclado en los procesos⁵, el consumo de energía global del ciclo de vida aumenta en un 10% en el caso de hojalata y se reduce en casi un 70% para aluminio, mientras que la emisión de CO₂ se reduce entre un 24 y 70% respectivamente, aun considerando un radio de transporte de 2.500 km, equivalente a casi todo el territorio nacional, considerando material compactado.

Analizando el ciclo de vida de los metales 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 CO₂) 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 5% de rechazo del material recuperado, por lo que se proyecta procesar el 95% en fundiciones, 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 (Aluminio)

ítem	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Material recuperado (ton)	6.000	8.212	12.864	8.759	15.818
Material valorizado como materia prima secundaria (ton)	5.700	7.802	12.221	8.321	15.027

Fuente: Elaboración propia, ECOING

⁴ Producción, transporte y distribución del producto y uso

⁵ El porcentaje de material reciclado puede llegar al 80% e incluso al 100% en algunos productos.

Considerando el escenario 1, se logra valorizar desde los RSM más de 7.800 toneladas de aluminio al año 2016 y más de 12.000 toneladas al año 2021, lo cual implica un ahorro equivalente en la cantidad materia prima de extracción primaria. Para el escenario 2, las cantidades a valorizar oscilan entre más de 8.300 y 15.000 toneladas, respectivamente.

En el caso de hojalata, en el escenario 1 se logra valorizar desde los RSM más de 4.600 toneladas al año 2016 y más de 9.800 toneladas al año 2021, lo cual implica igualmente un ahorro equivalente en metal de extracción primaria. Para el escenario 2, las cantidades a valorizar oscilan entre más de 5.000 y 14.800 toneladas, respectivamente.

Tabla 3-4 Recuperación de materias primas secundarias (hojalata)

ítem	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Material recuperado (ton)	2.323	4.904	10.331	5.719	15.619
Material valorizado como materia prima secundaria (ton)	2.207	4.659	9.815	5.433	14.838

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 metal que va actualmente a disposición final, desde un 71,8 % a un 66,5 % en el escenario 1 y a un 58,8 % en el escenario 2, en términos de cantidad para el aluminio. Para la hojalata la reducción es de 95,3% a un 84,9% en el escenario 1 y a un 77,2 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

ítem	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Aluminio					
Ton a disposición	14.521	20.080	24.219	19.561	21.413
% a disposición	71,81%	72,02%	66,46%	70,16%	58,76%
Ton valorizadas (95% del material recuperado)	5.700	7.802	12.221	8.321	15.027
Reducción de volumen en relleno sanitario (m ³)	87.692	120.024	188.017	128.011	231.183

ítem	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Hojalata					
Ton a disposición	44.255	51.144	55.190	50.369	50.166
% a disposición	95,25%	91,65%	84,90%	90,26%	77,17%
Ton valorizadas (95% del material recuperado)	2.207	4.659	9.815	5.433	14.838
Reducción de volumen en relleno sanitario (m ³)	7.356	15.529	32.716	18.110	49.461

Fuente: Elaboración propia, ECOING

3.5 Variación en el uso de energía

El proceso de recuperación y reciclaje de metal implica un ahorro importante en el uso de energía. La producción primaria de aluminio requiere alrededor de 47 GJ/ton, mientras la producción en base a material recuperado sólo consume 2,4 GJ/ton, lo que implica un **ahorro de 44,6 GJ⁶** por cada tonelada retornada al ciclo de uso. En el caso de la producción de acero en la producción primaria se requiere alrededor de 18,2 GJ/ton, mientras la producción en base a material recuperado sólo consume 0,2 GJ/ton, lo que implica un **ahorro de 18 GJ⁷** por cada tonelada retornada al ciclo de uso.

Para aluminio, en el escenario 1, esto implica un ahorro de 348.00 a 545.000 GJ anual para los años 2016 y 2021. Para el escenario 2, estos valores aumentan de 371.000 a 670.00 GJ. En tanto para hojalata, se logra un ahorro de 84.000 a 176.600 GJ en el escenario 1, el que aumenta entre 97.700 y 267.000 GJ en el escenario 2.

Tabla 3-6 Energía ahorrada por valorización de EyE de metal

ítem	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por recuperación de aluminio (GJ)	254.220	347.951	545.060	371.102	670.200
Ahorro de energía por recuperación de hojalata (GJ)	39.723	83.857	176.666	97.793	267.088

Fuente: Elaboración propia, ECOING

⁶ Fuente: ACRR 2004.

⁷ Fuente: ACRR 2004.

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 o gestión, muchas de 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 **aluminio** 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 aluminio

Aluminio	Densidad kg/m ³ (1)	GJ/ton (2)
granel	30	54,3
compactado	65	25,1

(1) Datos entregados por empresas de valorización del sector
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m³ de capacidad

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

Distancia	Distribución Ey E	Granel GJ/ton	Compactado GJ/ton
500	74,6%	40,5	18,7
1000	16,1%	17,5	8,1
1500	3,70%	6,0	2,8
2000	2,90%	6,3	2,9
2500	2,70%	7,3	3,4
Total	100%	77,7	35,8

Fuente: Elaboración propia, ECOING

De acuerdo a los resultados anteriores, el consumo de energía por tonelada transportada de residuo de aluminio compactado es comparativamente menor que el ahorro logrado por su reciclado (44,6 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 1000 Km, por lo que bajo esta condición se recomienda el compactado 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 **hojalata**, 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 hojalata

Hojalata	Densidad kg/m ³ (1)	GJ/ton (2)
granel	200	8,1
compactado	300	5,4

- (1) Datos entregados por empresas de valorización del sector y estimaciones
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m³ de capacidad

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

Distancia	Distribución Ey E	Granel GJ/ton	Compactado GJ/ton
500	74,6%	6,1	4,1
1000	16,1%	2,6	1,7
1500	3,70%	0,9	0,6
2000	2,90%	0,9	0,6
2500	2,70%	1,1	0,7
Total	100%	11,6	7,8

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En este caso, el consumo de energía por tonelada transportada de residuo ya sea a granel o compactado es comparativamente menor que el ahorro unitario logrado por su reciclado (18 GJ/t), generando un impacto positivo para prácticamente todo el territorio nacional.

Realizando un balance entre la energía ahorrada en el proceso y el consumo por transporte se obtienen los siguientes resultados, para residuos a granel o compactados, donde se verifica que el impacto de la componente energía es positivo sólo para aluminio compactado y para hojalata en todas sus formas.

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

Ítem	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por recuperación de aluminio (GJ)	254.220	347.951	545.060	371.102	670.200
Consumo de energía por transporte a granel (GJ)	-442.890	-606.184	-949.578	-646.517	-1.167.591
Resultado neto	-188.670	-258.233	-404.518	-275.415	-497.391
Consumo de energía por transporte compactado (GJ)	-204.060	-279.297	-437.515	-297.880	-537.964
Resultado neto	50.160	68.654	107.546	73.222	132.237

Fuente: Elaboración propia, ECOING

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

Ítem	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por recuperación de hojalata (GJ)	39.723	83.857	176.666	97.793	267.088
Consumo de energía por transporte a granel (GJ)	-25.599	-54.041	-113.851	-63.022	-172.123
Resultado neto	14.124	29.816	62.815	34.771	94.965
Consumo de energía por transporte compactado (GJ)	-17.213	-36.338	-76.555	-42.377	-115.738
Resultado neto	22.510	47.519	100.111	55.416	151.350

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 CO₂, comparado con el procesamiento primario de metales. Para aluminio se generan cerca de 3.830 kg de CO₂/ton, en tanto el proceso de recuperación genera 290 kg de CO₂/ton⁸, lo que implica **una reducción de 3.540 kg de CO₂ por cada tonelada** retornada al ciclo de uso. Para la hojalata el proceso primario genera cerca de 2.180 kg de CO₂/ton, en tanto el proceso de recuperación genera sólo 30 kg de CO₂/ton⁹, lo que implica una **reducción de 2.150 kg de CO₂ por cada tonelada** retornada.

Para el escenario 1 esto implica dejar de emitir entre 27.600 a más de 43.000 toneladas anuales de CO₂ entre los años 2016 y 2021 para el aluminio y entre 10.000 y 21.00 toneladas para hojalata. Para el escenario 2, estos valores aumentan a un rango de 29.400 a más de 53.000 toneladas anuales de CO₂ para aluminio y de 11.600 a casi 32.000 para hojalata.

Tabla 3-13 Reducción de CO₂ por valorización de metal

Ítem	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción de emisiones de CO ₂ por reemplazo de materia prima por material reciclado (ton/ton aluminio)	20.178	27.618	43.263	29.455	53.195
Reducción de emisiones de CO ₂ por reemplazo de materia prima por material reciclado (ton/ton hojalata)	4.745	10.016	21.102	11.681	31.902

Fuente: Elaboración propia, ECOING

⁸ Fuente: ACRR 2004, BIR 2008.

⁹ Fuente: ACRR 2004., BIR 2008

En contraposición a la reducción de emisiones de CO₂ 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 aluminio se generan los siguientes niveles de emisiones (viajes de ida y retorno).

Tabla 3-14 Generación de emisiones de CO₂ por transporte residuos de aluminio

Aluminio	Densidad kg/m ³ (1)	kg CO ₂ /ton (2)
granel	30	3708
compactado	65	1711

- (1) Datos entregados por empresas de valorización del sector
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m³ de capacidad

Tabla 3-15 Generación ponderada de emisiones por transporte de Aluminio según distancia

Distancia	Distribución Ey E	Granel kg/ton	Compactado kg/ton
500	74,6%	2.766	1.277
1000	16,1%	1.194	551
1500	3,70%	412	190
2000	2,90%	430	198
2500	2,70%	501	231
Total	100%	5.303	2.447

Fuente: Elaboración propia, ECOING

De acuerdo a los resultados anteriores, la generación de CO₂ por tonelada transportada de residuo de aluminio compactado es comparativamente menor que el ahorro logrado por su reciclado (3.540 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 1000 Km, por lo que bajo esta condición se recomienda el compactado 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 **hojalata**, por cada 500 km de distancia de transporte se generan los siguientes niveles de emisiones.

Tabla 3-16 Generación de emisiones de CO₂ por transporte residuos de Hojalata

Hojalata	Densidad kg/m ³ (1)	kg CO ₂ /ton (2)
granel	200	556
compactado	300	371

(1) Datos entregados por empresas de valorización del sector
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m³ de capacidad

Tabla 3-17 Generación ponderada de emisiones por transporte de hojalata según distancia

Distancia	Distribución Ey E	Granel kg/ton	Compactado kg/ton
500	74,6%	415	277
1000	16,1%	179	119
1500	3,70%	62	41
2000	2,90%	65	43
2500	2,70%	75	50
Total	100%	795	530

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En este caso, la generación de emisiones de CO₂ por tonelada transportada de residuos ya sea a granel o compactado es comparativamente menor que el ahorro logrado por su reciclado (2.150 kg/t), considerando prácticamente todo el territorio nacional resultando un impacto positivo.

Realizando un balance entre las emisiones generadas en el proceso y el consumo por transporte se obtienen los siguientes resultados, para residuos a granel o compactados.

Tabla 3-18 Resumen de generación de CO₂ por transporte de residuos de aluminio a nivel país y reducción por valorización

ítem	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción de emisiones por recuperación de aluminio (t)	20.178	27.618	43.263	29.455	53.195
Emisiones por transporte de residuos a granel (t)	-31.818	-43.549	-68.219	-46.447	-83.882
Resultado neto	-11.640	-15.932	-24.957	-16.992	-30.687
Emisiones por transporte de residuos compactado (t)	-14.682	-20.095	-31.479	-21.432	-38.706
Resultado neto	5.496	7.522	11.784	8.023	14.489

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Tabla 3-19 Resumen de generación de CO₂ por transporte de residuos de hojalata a nivel país y reducción por valorización

Ítem	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción de emisiones por recuperación de hojalata (t)	4.745	10.016	21.102	11.681	31.902
Emisiones por transporte de residuos a granel (t)	-1.847	-3.899	-8.213	-4.547	-12.417
Resultado neto	2.898	6.118	12.888	7.134	19.485
Emisiones por transporte de residuos compactado (t)	-1.231	-2.599	-5.476	-3.031	-8.278
Resultado neto	3.514	7.417	15.626	8.650	23.624

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 metal.

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

Además, los residuos de EyE de metal 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.

4 IMPACTOS SOCIALES

Los impactos sociales se presentan en un informe transversal para todos los tipos y materiales de EyE.

5 IMPACTOS ECONÓMICOS

Los metales que se recuperan son el aluminio de las latas de bebidas y cervezas, y la hojalata de las diferentes conservas que se consumen en los hogares.

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	0,02%	0,39%	0,08%	1,30%	0,00%	1,80%
2	0,00%	0,08%	0,05%	1,15%	4,31%	5,57%
3	0,00%	0,07%	0,43%	0,08%	1,82%	2,40%
4	0,62%	0,91%	0,00%	1,51%	0,00%	3,04%
5	0,82%	1,48%	4,62%	0,00%	0,77%	7,68%
6	1,00%	0,36%	0,44%	1,84%	0,00%	3,63%
7	1,34%	0,23%	1,27%	0,99%	0,00%	3,84%
8	1,84%	1,67%	1,82%	2,48%	1,08%	8,88%
9	1,25%	0,44%	0,16%	2,17%	0,00%	4,02%
10	0,28%	1,14%	0,35%	2,36%	0,00%	4,13%
11	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,06%	0,52%
12	0,00%	0,07%	0,00%	0,88%	0,10%	1,05%
13	0,87%	4,64%	5,85%	9,24%	30,57%	51,18%
14	0,47%	0,10%	0,79%	0,00%	0,00%	1,36%
15	0,01%	0,00%	0,87%	0,00%	0,00%	0,89%
Total país	8,52%	11,58%	17,20%	23,99%	38,71%	100,00%

Se produce una concentración en las regiones de mayor concentración poblacional, pero a diferencia de otros EyE, se observa mayor dispersión por comunas según tramo de ingreso en cada región, y sólo 39% de los residuos se concentran en las comunas de mayores ingresos.

La recuperación del metal se considera de manera diferenciada en los escenarios 1 y 2, ya que en este último se implementa una recolección selectiva en las 87 comunas

más pobladas del país hasta el 2021. En este caso se estima un modelo en el que coexistirá la red de PV en las comunas menos pobladas.

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 PV y PL \$/ton	Transporte a CA \$/ton	Costo CA \$/ton	Transporte a Destino \$/ton	Costo Unitario Total \$/ton	Costo Total MM\$
1	236,29	42.448	40.000	24.620	120.000	227.068	53,65
2	731,77	42.448	40.000	24.620	120.000	227.068	166,16
3	315,06	42.448	40.000	24.620	120.000	227.068	71,54
4	399,06	42.448	40.000	24.620	80.000	187.068	74,65
5	1.008,22	42.448	40.000	24.620	60.000	167.068	168,44
6	477,05	42.448	40.000	24.620	60.000	167.068	79,70
7	504,21	42.448	40.000	24.620	60.000	167.068	84,24
8	1.166,13	42.448	40.000	24.620	80.000	187.068	218,15
9	527,68	42.448	40.000	24.620	80.000	187.068	98,71
10	542,23	42.448	40.000	24.620	120.000	227.068	123,12
11	68,87	42.448	40.000	24.620	120.000	227.068	15,64
12	138,32	42.448	40.000	24.620	120.000	227.068	31,41
13	6.718,03	42.448	40.000	24.620	60.000	167.068	1.122,37
14	178,29	42.448	40.000	24.620	120.000	227.068	40,48
15	116,21	42.448	40.000	24.620	120.000	227.068	26,39
País							2.374,65

El costo unitario por tonelada recuperada oscila entre los \$167.068 y \$227.068, y el valor medio sería de \$180.000 aprox. por tonelada recuperada.

Al densificar la red de los PV y PL se incurre en un aumento de los costos de recuperación, porque el incremento de las toneladas recuperadas es inferior al de los costos fijos, y así el resultado es de un aumento del costo fijo unitario por tonelada recuperada.

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	417,23	47.632	40.000	24.620	120.000	232.252	96,90
2	1.293,20	47.632	40.000	24.620	120.000	232.252	300,35
3	557,22	47.632	40.000	24.620	120.000	232.252	129,42
4	705,69	47.632	40.000	24.620	80.000	192.252	135,67
5	1.781,34	47.632	40.000	24.620	60.000	172.252	306,84
6	843,25	47.632	40.000	24.620	60.000	172.252	145,25
7	889,31	47.632	40.000	24.620	60.000	172.252	153,18
8	2.061,61	47.632	40.000	24.620	80.000	192.252	396,35
9	933,24	47.632	40.000	24.620	80.000	192.252	179,42
10	957,48	47.632	40.000	24.620	120.000	232.252	222,38
11	121,50	47.632	40.000	24.620	120.000	232.252	28,22
12	245,43	47.632	40.000	24.620	120.000	232.252	57,00
13	11.872,45	47.632	40.000	24.620	60.000	172.252	2.045,06
14	315,12	47.632	40.000	24.620	120.000	232.252	73,19
15	204,83	47.632	40.000	24.620	120.000	232.252	47,57
País							4.316,80

El costo promedio por tonelada recuperada se eleva a los \$187.000 aproximadamente. El rango oscila entre \$172.252 y 232.252.

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 incrementaría 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 metal, estos se sitúan en un valor de \$250.000 por tonelada recuperada cuando se trata de aluminio, y de \$120.000 cuando se trata de hojalata. La composición de lo que se proyecta recuperar es de un equilibrio al 2021, con lo cual el valor medio sería de \$185.000, a lo cual se le agrega el costo evitado de entrega al relleno sanitario y se completa así un ingreso global de \$215.000 por tonelada recuperada.

En este caso **se logra una red de recuperación de EyE cercana a su autofinanciamiento.**

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 de Metales

	Escenario 1		Escenario 2	
	2016	2021	2016	2021
Toneladas Recuperadas (ton)	13.127	23.199	14.477	31.437
Empleos netos generados	4	8	72	157
Valor Agregado Estimado (MM\$)	320	565	2.080	4.517

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 la siguiente tabla.

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

Impactos	Unidad/ Año	Escenario 1 Año 2021	Escenario 2 Año 2021
Datos base Aluminio			
Logro de recuperación de EyE desde EyE de RSM	ton	12.864	15.818
	%	36,9%	45,3%
Impactos ambientales			
Reducción de materia prima virgen	ton	12.221	15.027
Ahorro de volumen en relleno sanitario	m ³	188.017	231.183
Ahorro de energía por producción desde material reciclado	GJ	545.060	670.200
Consumo de energía por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: en forma compactada)	GJ	-949.578 (-437.515)	-1.167.591 (-537.964)
Reducción de CO ₂ por producción desde material reciclado	ton CO ₂	43.263	53.195
Generación de CO ₂ por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: en forma compactada)	ton CO ₂	-68.219 (-31.479)	-83.882 (-38.706)
Otros impactos positivos (no cuantificables)	global	Reducción de: Microbasurales, Impactos a Suelo y Paisaje	
Otros impactos negativos (no cuantificables)	global	No se detectan	
Impactos sociales			
Empleos netos generados	Nº	6	74
Impactos positivos (no cuantificables)	global	Riesgo de crear un sistema de competencia al sistema de recuperación del sector informal existente. 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	
Impactos económicos			
Valor Agregado Estimado para infraestructura de recuperación	MM\$	322	2.123
Costo unitario para financiar sistema de recuperación y valorización de EyE	\$/ton	ninguno	ninguno

Fuente: Elaboración propia, ECOING

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

Impactos	Unidad/ Año	Escenario 1 Año 2021	Escenario 2 Año 2021
Datos base Hojalata			
Logro de recuperación de EyE desde EyE de RSM	ton	10.331	15.619
	%	12,74%	19,25%
Impactos ambientales			
Reducción de materia prima virgen	ton	9.815	14.838
Ahorro de volumen en relleno sanitario	m ³	32.716	49.461
Ahorro de energía por producción desde material reciclado	GJ	176.666	267.088
Consumo de energía por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: en forma compactada)	GJ	-113.851 (-76.555)	-172.123 (-115.738)
Reducción de CO ₂ por producción desde material reciclado	ton CO ₂	21.102	31.902
Generación de CO ₂ por transporte de material reciclado aa granel (Alternativa: en forma compactada)	ton CO ₂	-8.213 (-5.476)	-12.417 (-8.278)
Impactos positivos (no cuantificables)	global	Reducción de: Microbasurales, Impactos a Suelo y Paisaje	
Impactos negativos (no cuantificables)	global	No se detectan	
Impactos sociales			
Empleos netos generados	Nº	2	83
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	Riesgo de crear un sistema de competencia al sistema de recuperación del sector informal existente. 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	
Impactos económicos			
Valor Agregado Estimado para infraestructura de recuperación	MM\$	243	2.394
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**, existe el riesgo de que la implementación de la REP cree un sistema de competencia a los sistemas de recuperación ya existentes, principalmente basados en el sector informal a través de recicladores de base y también los pequeños intermediarios. El metal, después de papel y cartón, históricamente ha sido un material apreciado por este sector vulnerable, que cuenta con bajo nivel de escolaridad y que difícilmente pueda insertarse en otra actividad económica. En consecuencia, es recomendado buscar un **modelo REP económicamente rentable que considere la inclusión del reciclador de base** en la recuperación de los EyE de metal, siempre y cuando esté presente (en algunas regiones no está) y organizado de alguna forma. Si bien se ha detectado algunos otros impactos o costos socioeconómicos negativos (ver resumen en la tabla precedente), éstos se consideran de relevancia baja, evaluando el **impacto social global resultante como positivo, siempre y cuando se implemente un modelo REP socialmente amigable**.
- Los **impactos ambientales** respecto al consumo de energía y la emisión de CO₂ **resultan negativos** respecto al **Aluminio**, 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 compactados (lo que es lo más común para tramos largos), el impacto ambiental resulta **levemente positivo para ambos componentes**. En caso de la recuperación de Hojalata todos los impactos ambientales son positivos. En consecuencia, se recomienda un transporte en forma compactada para los metales y en lo posible favorecer un transporte marítimo. Todos los demás impactos ambientales evaluados resultan favorables.
- Respecto al **ámbito económico**, se ha determinado que probablemente se logra un autofinanciamiento de la REP para los metales y que no se requiere de la contribución de los consumidores.
- Respecto a los **dos escenarios**, cabe concluir que ambos son factibles de implementar, tienen impactos ambientales positivos al transportarlos adecuadamente y probablemente 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 metal, 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** de 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.¹⁰ 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.

10 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 compactadoras 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 CO₂ y ahorrar energía.
- Investigar y fomentar **otros usos del metal** usado en zonas extremas, por ejemplo para usos constructivos o fomentar su reciclaje a nivel de fundiciones regionales (caso hojalata).
- **Normar la información** a usuarios respecto a los materiales de los EyE y su reciclabilidad, manejo y entrega adecuados.

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

- 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