

ETAPA 3: ESCENARIOS PARA LA EVALUACIÓN

ÍNDICE

	Página
1 INTRODUCCION	4
2 METODOLOGÍA	5
2.1 Cantidades de residuos y EyE	6
3 ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE VALORIZACIÓN EN CHILE	8
4 ANÁLISIS DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN	10
4.1 Sistemas de recuperación existentes	10
4.2 Diferencias entre sistemas de entrega y retiro	12
4.3 Proposición general de sistemas de recuperación	12
4.4 Proposición de los escenarios	14
4.5 Punto Verde (PV)	16
4.5.1 Descripción	16
4.5.2 Supuestos para los Escenarios	17
4.6 Punto Limpio (PL)	19
4.6.1 Descripción	19
4.6.2 Supuestos para los Escenarios	20
4.7 Centro de Acopio (CA)	21
4.7.1 Descripción	21
4.7.2 Supuestos para los Escenarios	22
4.8 Planta de Clasificación (PdC)	22
4.8.1 Supuestos para los Escenarios	23
4.9 Recolección selectiva puerta a puerta	24
4.9.1 Descripción	24
4.9.2 Supuestos para los Escenarios	24
4.10 Resumen de sistemas supuestos para escenarios de evaluación	26
5 ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS DE EYE POR REGIÓN	28
5.1 Fuentes de Información	28
5.2 Metodología de Estimación	29
5.3 Resultados	30
6 ANÁLISIS ECONÓMICO: IDENTIFICACIÓN DE STOCKS Y FLUJOS	31
6.1 Análisis Descriptivo Conceptual	31

6.2	Modelo de Cuantificación Económica	32
6.2.1	Contexto de Valoración	32
6.2.2	Transposición de costos de inversión y operación a costos unitarios	33
7	BIBLIOGRAFÍA	37

Índice de Tablas

Tabla 2-1	Estimación de EyE disponibles y recuperados en Chile al 2010	6
Tabla 2-2	Proyección del consumo de EyE en Chile	7
Tabla 2-3	Proyección de los RSM y fracciones reciclables	7
Tabla 3-1	Potencial de valorización de EyE de papel y cartón	8
Tabla 3-2	Potencial de valorización de EyE de vidrio	8
Tabla 3-3	Potencial de valorización de EyE de metal	8
Tabla 3-4	Potencial de valorización de EyE de plásticos	9
Tabla 4-1	Análisis de sistemas actuales de recuperación en Chile - Ejemplo papel y cartón	11
Tabla 4-2	Ventajas y Desventajas de Sistemas de Entrega	12
Tabla 4-3	Proposición general de sistemas de recuperación por tipo de EyE	13
Tabla 4-4	Proposición de sistemas de recuperación selectivas por escenarios	15
Tabla 4-5	Escenario 1: Resumen de Datos	26
Tabla 4-6	Escenario 2: Resumen de Datos	27
Tabla 4-7	Cantidades y tasas de recuperación de EyE según sistema de recuperación – ambos Escenarios	27
Tabla 5-1	Productos consumidos según material del EyE	29
Tabla 5-2	Perfil de Dispersión Territorial de RSM basado en el consumo de EyE	30
Tabla 6-1	Cantidad de Centros de Acopio y Plantas de Clasificación según Escenario	33
Tabla 6-2	Estimación de costos unitarios por punto de entrega Valores promedios país – para ambos Escenarios	34
Tabla 6-3	Estimación de costos de un Centro de Acopio	35
Tabla 6-4	Estimación de costos de una Planta de Clasificación	35

Índice de Figuras

Figura 4-1 Ejemplos de Puntos Verdes en Chile.....	16
Figura 4-2 Ejemplos de contenedores MGB	19
Figura 4-3 Ejemplos de Puntos Limpios.....	20
Figura 4-4 Funcionamiento de una Planta de Clasificación Manual.....	22
Figura 4-5 Ejemplo de plantas de clasificación de residuos.....	23
Figura 4-6 Ejemplos de recolección selectiva puerta a puerta.....	24
Figura 6-1 Sistemas de Recuperación de Residuos de EyE	31

1 INTRODUCCION

El presente documento corresponde al Informe Final del estudio titulado: "Evaluación de impactos económicos, ambientales y sociales de la implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor en Chile – Sector envases y embalajes", elaborado por Eco-Ingeniería Ltda. (ECOING) para el Ministerio de Medio Ambiente (MMA), y contiene la **Etapa 3: Escenarios para la Evaluación de los Impactos**.

Los Escenarios corresponden a una **proposición consensuada de sistemas de recuperación de los residuos de EyE** más probables para Chile, basados en los sistemas ya existentes (Etapa 1) y la experiencia internacional (Etapa 2).

Los logros de recuperación de estos sistemas (escenarios), así como la evaluación de los impactos resultantes, se presentan por material de EyE en la Etapa 4.

Es importante destacar que se ha convenido **enfocar la evaluación** en la recuperación de los EyE generados en los **domicilios y pequeños comercios**, que actualmente terminan en los **residuos sólidos municipales** (RSM).

2 METODOLOGÍA

La metodología de evaluación consiste en definir dos potenciales escenarios de implementación de la REP, los que se contrastan con el Escenario Base (Etapa 1), evaluando los impactos económicos, ambientales y sociales resultantes.

Los escenarios contemplan diferentes sistemas de recuperación de los residuos de EyE basados en la realidad del país, considerando en ambos un aumento paulatino de sus logros de recuperación para los años 2016 y 2021.

Como ya se ha indicado, se ha convenido **enfocar la evaluación** en la recuperación de los EyE generados en los **domicilios y pequeños comercios**, que hoy se disponen en los **residuos sólidos municipales (RSM)**¹. Esto, dado que la gran mayoría de los residuos industriales y comerciales ya tienen un mercado establecido (ver detalles en Etapa 1).

La recolección y valorización deben basarse 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, los recicladores de base, gestores e intermediarios existentes.

Se debe fomentar la inclusión de los recicladores de base en los sistemas de recuperación y valorización asociados a la REP, a lo menos en la recolección selectiva, pero no necesariamente obligado por Ley, y considerar el mejoramiento de sus condiciones laborales.

Además, para efectos de la evaluación de los impactos, se supone lo siguiente:

- No habrá **presupuesto** asignado por parte del Estado para la implementación de la REP. Es decir, el sistema se financiará por los productores, a lo menos inicialmente. Dependiendo del mercado de valorización de los residuos de EyE, podría haber recargas en el precio de los productos.
- La REP se iniciará con una **Ley** y reglamentos respectivos, que entre otros estipulan claramente las responsabilidades y obligaciones de los diferentes actores. Aparte de las responsabilidades del productor, el marco legal **obligará a los consumidores** de separar y entregar los residuos para su recuperación y reciclaje.
- Por otro lado, habrá **incentivos** para que el consumidor participe en la valorización, mediante pagos diferenciados u otros beneficios para estimular su participación.

1 En principio, los RSM incluyen residuos asimilables a domésticos, en cantidades menores a 224 kg/mes o 1.160 litros/mes. Si la cantidad es mayor, el retiro no es municipal.

- Habrá una asignación de **fondos para la difusión y educación** en relación al reciclaje y el sentido de la REP, a financiar por parte de los productores.²
- Por otra parte, los organismos del Estado ejecutarán **programas de educación** relacionados con la implementación de la REP, dentro de sus líneas de acción.
- Además, los organismos del Estado ejecutarán **programas para la incorporación del sector informal** (reciclador de base) en la REP.
- Las **tareas operativas** de control y monitoreo del cumplimiento de las metas de recuperación y del funcionamiento de la REP las asumirán los organismos existentes.

2.1 Cantidades de residuos y EyE

De acuerdo al diagnóstico (Etapa 1), las cantidades de EyE disponibles (que configuran posteriormente la corriente de residuos de EyE) y el consumo per cápita relacionado, basado en el consumo aparente, se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 2-1 Estimación de EyE disponibles y recuperados en Chile al 2010

Segmento	EyE disponible ton/año	Consumo per cápita kg/hab./año	Recuperación total actual de EyE %	Recuperación EyE a nivel industrial ton/año	Recuperación EyE a nivel de RSM ton/año	EyE no recuperado ton/año
EyE papel y cartón	474.651	27,8	81,8%	232.879	155.253	86.520
EyE vidrio	292.014	17	53,9%	126.000	31.500	134.514
EyE metal	100.665	5,9	42,8%	32.761	10.345	57.559
EyE plásticos	355.934	20,8	12,5%	34.230	10.225	311.479

Fuente: Elaboración propia, basado en datos de CENEM y Aduana

Las proyecciones del crecimiento del consumo aparente³, requeridas para los escenarios, se indican para los principales tipos de EyE relacionados con los RSM en la siguiente tabla.

2 Como valor de referencia, en Alemania se ha gastado durante muchos años aproximadamente 100 millones de marcos por año, equivalente a un 5% del costo anual de la REP.

3 Nota: Los fundamentos de las cantidades y del crecimiento se presentan en el Anexo 2 asociado a la Etapa 1.

Tabla 2-2 Proyección del consumo de EyE en Chile

Material de EyE	Tipo de EyE	Tasa de crecimiento, %	2010 ton/año	2016 ton/año	2021 ton/año
Papel y cartón	Todos	5,6%	474.651	660.218	869.351
	Cartón corrugado	5,5%	349.339	481.683	629.541
	Multicomponentes	7,0%	17.705	26.570	37.266
Vidrio	Todos	8,1%	292.014	465.970	687.839
	Botellas vidrio	8,6%	276.158	453.040	684.362
Metal	Todos	3,3%	100.665	122.315	143.874
	Hojalata	3,1%	46.462	55.802	65.005
	Aluminio	5,5%	20.221	27.881	36.440
Plásticos	Todos	4,3%	355.934	458.222	565.584
	Film y bolsas	3,6%	147.055	181.819	216.989
	PET	10,7%	50.451	92.845	154.346
Total tipos seleccionados		6,6%	907.391	1.319.641	1.823.949
Total general		5,7%	1.205.559	1.706.725	2.266.648

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

Además, se determinó una proyección del flujo de RSM, considerando un crecimiento de la generación per cápita del 1,5%, aparte del aumento proyectado de la población de acuerdo al INE, la que se muestra en la tabla siguiente⁴.

Tabla 2-3 Proyección de los RSM y fracciones reciclables

Año	Habitantes N°	RSM generados ton/año	PyC ton/año	Vidrio ton/año	Metal ton/año	Plástico ton/año
2010	17.094.270	6.647.807	824.328	438.755	152.900	624.894
2011	17.248.450	6.814.002	844.936	449.724	156.722	640.516
2012	17.402.630	6.984.352	866.060	460.967	160.640	656.529
2013	17.556.815	7.158.961	887.711	472.491	164.656	672.942
2014	17.711.004	7.337.935	909.904	484.304	168.773	689.766
2015	17.865.185	7.521.383	932.652	496.411	172.992	707.010
2016	18.001.964	7.709.418	955.968	508.822	177.317	724.685
2017	18.138.749	7.902.153	979.867	521.542	181.750	742.802
2018	18.275.530	8.099.707	1.004.364	534.581	186.293	761.372
2019	18.412.316	8.302.200	1.029.473	547.945	190.951	780.407
2020	18.549.095	8.509.755	1.055.210	561.644	195.724	799.917
2021	18.665.029	8.722.499	1.081.590	575.685	200.617	819.915

Nota: Las fracciones por material incluyen tanto EyE como otros residuos reciclables.

Fuente: Elaboración propia basada en datos INE y CONAMA-UDT

⁴ Estudios recientes consideran un crecimiento del 1,5% de los residuos (CONAMA-UDT 2010, IASA 2011).

3 ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE VALORIZACIÓN EN CHILE

A continuación se analiza el potencial de valorización de los EyE por tipo de material en Chile.

Tabla 3-1 Potencial de valorización de EyE de papel y cartón

Nº	ÍTEM	ton/año
1	Residuos de EyE no recuperados en Chile	86.519
2	Exportación de residuos de EyE recuperados	19.775
3	Total residuos de EyE todavía no valorizados en Chile (1+2)	106.294
4	Importación de residuos para valorización (carton y papel kraft)	116.800
Conclusión:		
Actualmente se importa más papel y cartón usado que el total de los residuos de EyE disponibles para valorización en Chile (no recuperado aún). Es decir, en Chile hay suficiente potencial de valorización instalado para procesar la totalidad de los residuos de EyE generados en el país, al sustituir los residuos actualmente importados.		

Tabla 3-2 Potencial de valorización de EyE de vidrio

Nº	ÍTEM	ton/año
1	Producción nacional de EyE	524.213
2	EyE recuperados y valorizados en Chile	157.500
3	Uso de material reciclado en fabricación de vidrio (2/1)	30%
4	EyE no recuperados en Chile	134.514
5	Total de EyE disponible para valorizar en Chile (2+4)	292.014
6	Potencial porcentaje de material reciclado en fabricación de vidrio (5/1)	56%
Conclusión:		
La industria nacional actualmente incorpora en promedio un 30% de material reciclado en la fabricación del vidrio, mientras la experiencia internacional indica que es factible usar hasta un 80%. Es decir, en Chile hay suficiente potencial de valorización instalado para procesar la totalidad de los residuos de EyE generados en el país, al aumentar el porcentaje de material reciclado en la fabricación de vidrio.		

Notas: 1. Actualmente no hay importación ni exportación de residuos de vidrio.
2. Para aumentar la tasa del reciclaje, probablemente debe considerarse la clasificación del vidrio por color.

Tabla 3-3 Potencial de valorización de EyE de metal

Nº	ÍTEM	ton/año
1	Cantidades de residuos de EyE no recuperados	52.824
2	Aluminio	6.800
3	Hojalata	18.200
Conclusión:		
No hay restricciones respecto a los procesos de valorización instalados en el país (hojalata) y tampoco fuera del país (aluminio), considerando las bajas cantidades indicadas.		

Tabla 3-4 Potencial de valorización de EyE de plásticos

Nº	ÍTEM	ton/año
1	Producción nacional de EyE plásticos	392.956
2	Consumo aparente	355.934
3	Recuperación nacional EyE plásticos	44.455
4	Recuperación nacional EyE plásticos	12,5%
5	PET reciclado, incluido material importado	35%
6	PET reciclado, sólo material recuperado en Chile	18,5%
7	Films y bolsas reciclados	8,4%
<p>Conclusión: Considerando que es factible incorporar hasta un 80% de material reciclado en los procesos, y dado que gran parte de ese material actualmente es importado (podría sustituirse), se puede concluir que la fabricación chilena de plásticos tiene capacidad suficiente para valorizar los residuos de EyE recuperados desde los RSM.</p>		

De las tablas anteriores se puede deducir que, en términos de capacidad de las plantas de reciclaje ya instaladas o proyectadas⁵, actualmente no existe restricción para valorizar los residuos de EyE (provenientes de los RSM actualmente no recuperados), dentro de Chile. Esto aplica a todos los EyE, a excepción de los EyE de aluminio, que son reciclados fuera del país.

En conclusión, **la evaluación de los impactos no considera inversiones en nuevas plantas de valorización (destinos).**

5 Respecto a los residuos multicomponentes, Forestal y Papelera de Concepción (FPC) estaría instalando una nueva planta de reciclaje en Concepción que recuperará todos los componentes, con una línea inicial de 100 ton/mes que permitirá ampliarse a 400 ton/mes.

4 ANÁLISIS DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN

4.1 Sistemas de recuperación existentes

Se parte del supuesto que los procesos de recuperación a implementar en Chile, deben basarse en lo posible en métodos ya existentes, sin agregar demasiada tecnología sofisticada. Para tal fin, a continuación y a modo de ejemplo, se presenta un análisis de los sistemas de recolección o recogida existentes para los EyE de papel y cartón, que corresponden a los más recuperados y valorizados en el país.

Como se puede observar en la tabla a continuación, se ha detectado una gran gama de diversos métodos, que se agruparon de la siguiente manera:

- Sistemas asociados a RSM, para consumidores finales (habitantes)
- Programas asociados a RSM
- Sistemas asociados a RSM, para pequeño comercio
- Sistemas asociados a RSM, centralizados o intermedios
- Sistemas asociados a RIS, para industria y comercio grande
- Otros sistemas

Tabla 4-1 Análisis de sistemas actuales de recuperación en Chile - Ejemplo papel y cartón

Nº	ÍTEM	Sistema existente	Actor involucrado	Relevancia del sistema	Ventajas	Desventajas	Aptitud para REP (*)
Sistemas asociados a RSM, para consumidores finales (habitantes)							
1	Recolección selectiva puerta a puerta, formal	Si	Municipio (Ñuñoa, Vitacura), event. con Gestor	baja	Segregación óptima, amigable	Muy costoso	Si (*)
2	Recolección selectiva puerta a puerta, informal	Si	Reciclador de base	significativa	Segregación óptima, amigable	Informal	Si, al formalizar
3	Puntos limpios municipales	Si	Municipio (Vitacura, Las Condes, etc.), event. con Gestor	baja	Segregación óptima, amigable	Costo municipal	Si (*)
4	Red de contenedores en lugares públicos	No	Instit. beneficencia, ONG, Municipio	-	Cercanía a habitante	Foco insalubre, en caso de frecuencia de retiro inadecuada	Si (*)
5	Puntos limpios en centros comerciales y supermercados	Si	Gestor (p.ej. Homecenter, Líder, Jumbo)	baja	Segregación óptima, amigable		Si (*)
6	Puntos limpios en condominios y edificios	Si	Municipio (Las Condes, Providencia), event. con Gestor	baja	Segregación óptima, amigable	Costo municipal, competencia reciclador de base	Si (*)
7	Centros de acopio	Si	Municipio, Reciclador de base (varios municipios)	baja	Ya establecidos	Riesgo de foco insalubre	Si (*)
8	Locales de compra-venta de materiales reciclables	Si	Empresa intermediaria, formal o informal	baja	Segregación óptima, amigable	Informal	Si, al formalizar
9	Compra itinerante de materiales reciclables (típicamente en zona rural)	Si	Transportista, generalmente informal	muy baja	Solución baja densidad poblacional	Informal	Si, al formalizar
Programas asociados a RSM							
10	Programas en centros educacionales	Si	Escuelas, Institutos, Univers.	muy baja	Enseña, multiplica cambio de hábito	Foco insalubre, quita espacio	Si (*)
11	Programas en zonas turísticas	No	Municipio	-	Enseña, multiplica cambio de hábito	Costo municipal	Si (*)
12	Campañas municipales de reciclaje	Si	Municipios (Puerto Natales: recuperación EyE de hoteles)	muy baja	Solución específica	Costo municipal	Si (*)
13	Iniciativas comunitarias	Si	Organizaciones comunitarias, juntas de vecinos	muy baja	Enseña, multiplica cambio de hábito	Informal	Si, al formalizar
14	Programas del Gobierno	Si	Subdere (Santiago Recicla)	baja	Fomento "Santiago Recicla"	Falta de fondos para implementación	No
15	Programas de reciclaje de empresas	Si	Empresa (Ecochiletra)	muy baja	Enseña, multiplica cambio de hábito, buenas instalaciones	Económicamente no rentables. Falta de seguimiento y propagación, por ser voluntarios	Si (*)
Sistemas asociados a RSM, para pequeño comercio							
16	Recogida en comercios pequeños (incl. supermercados pequeños)	Si	Reciclador de base, transportista formal o informal	significativa	Buena segregación	Informal	Si, al formalizar
17	Recogida en vereda de zonas comerciales (zona céntrica)	Si	Reciclador de base, transportista formal o informal	significativa	Buena segregación	Informal	Si, al formalizar
Sistemas asociados a RSM, centralizados o intermedios							
18	Planta de clasificación de residuos (p.ej. con cinta transportadora)	Si	Municipio, Gestor (hay 1 planta en Ñuñoa)	muy baja	Segregación óptima, en caso de recolección selectiva previa	Costoso, EyE contaminado en caso de mezcla con otros residuos	Si (*)
19	Estacion de transferencia (recepción segregada y/o clasificación formal)	No	Gestor	-			Si (*)
20	Relleno sanitario (recepción segregada y/o clasificación formal)	Si	Gestor (hay 1 planta en RM de KDM)	baja			Si (*)
21	Vertederos o basurales (clasificación manual informal)	Si	Reciclador de base	baja	-	Illegal	No (illegal)
22	Centros de acopio centralizados intermedios (p.ej. a nivel regional)	No	Productor, Gestor	-	Aporta a logística	Costo empresas	Si (*)
Sistemas asociados a RIS, para industria y comercio grande							
23	Recuperación interna de mermas de fabricantes de EyE	Si	Productor, Gestor	muy significativa	Ya funcionando, económicamente rentables, separación en la fuente	-	Si (*)
24	Recogida de mermas desde fabricantes de bienes consumo (los que envasan)	Si	Productor, Gestor	muy significativa		-	Si (*)
25	Recogida desde distribuidores de bienes consumo (incl. malls, supermercados grandes)	Si	Productor, Gestor	muy significativa		-	Si (*)
Otros sistemas							
26	Envases retornables	No	Productor (intento de Evercrisp y otros sin éxito)	-	-	No adecuado para papel y cartón	No

Nota (*): La mayoría de los sistemas se podría integrar a la REP mediante convenios entre los Productores y los actores asociados a los sistemas.

4.2 Diferencias entre sistemas de entrega y retiro

En términos funcionales, se puede diferenciar los sistemas entre sistemas de "entrega", donde el consumidor lleva sus residuos segregados a puntos limpios (PL) o puntos verdes (PV), y sistemas de "retiro" mediante recolección puerta a puerta, sea con camiones o recicladores de base.

Tabla 4-2 Ventajas y Desventajas de Sistemas de Entrega

Ventajas	Desventajas
Bajos costos de inversión en contenedores	Altos costos de personal en plantas de clasificación
Buena calidad de los materiales recuperados	Bajas tasas de recuperación
Buena motivación de los participantes	Nº de puntos de recuperación limitado
Posibilidad de separar en diversas fracciones	Ensuciamiento del alrededor del PV

En Alemania en 1997, 5 años después de la implementación de la REP, se reveló lo siguiente respecto a los sistemas de recuperación, basado en dos encuestas representativas (más de 450 empresas)⁶:

- Papel y cartón recuperado: el 72% fue recuperado mediante sistemas de entrega.
- Vidrio recuperado: el 88% fue recogido mediante sistemas de entrega.
- Envases livianos: el 86% fue recogido mediante sistemas de retiro casa a casa.

Lo anterior respalda la propuesta de los sistemas de recuperación propuestos para Chile que se presenta a continuación.

4.3 Proposición general de sistemas de recuperación

De acuerdo al diagnóstico del presente estudio, un 67% de los residuos de EyE es recuperado directamente desde las empresas y sólo un 33% desde los RSM. Se estima que los residuos provenientes de los fabricantes de envases, fabricantes de bienes de consumo (los que envasan), retail y distribuidores, ya están recuperados en su gran mayoría. Mientras la cantidad recuperada de los EyE desde los RSM es de sólo 10%, en promedio de las respectivas fracciones de interés. Predomina una recuperación de los EyE de papel y cartón (19%) seguidos por el vidrio y metal (aproximadamente 7%) y el plástico (2%), como se observa en la tabla 5-3.

Esto demuestra que todavía hay un potencial importante de recuperación desde los RSM, considerando que más de la mitad de estas fracciones corresponden a EyE.

⁶ Fuente: Müllhandbuch, Band 2, Erich Schmidt Verlag, 1997

En consecuencia, los sistemas de recuperación y recolección propuestos para los escenarios se **enfocan especialmente en los RSM**, es decir, en los EyE generados en los hogares y comercios.

Basado en las tasas actuales de recuperación y valorización, y del análisis anterior de los sistemas actuales de recolección, se propone las siguientes alternativas de recuperación por tipo de EyE para mejorar los resultados de valorización a nivel nacional en el contexto de la REP.

Tabla 4-3 Proposición general de sistemas de recuperación por tipo de EyE

EyE	Capacidad de Valorización disponible (Destino)	Tasa de Reciclaje del total de EyE consumidos en Chile	Meta de Reciclaje en la UE	Tasa de Reciclaje de EyE consumidos en Hogares y Comercios (relación respectiva fracción de RSM)	Sistemas de Recolección propuestos para REP para recuperar EyE consumidos en Hogares y Comercios (EyE provenientes de RSM)
PAPEL Y CARTÓN	Suficiente (Papeleras nacionales)	82%	60%	19%	Mejorar sistema actual. Agregar Puntos Limpios (PL) y Puntos Verdes (PV). 
VIDRIO	Suficiente (Cristalerías nacionales)	54%	60%	7%	Mejorar sistema actual. Agregar Puntos Limpios (PL) y Puntos Verdes (PV). 
METAL	Suficiente	43%	50%	7%	<p>ALTERNATIVAS PARA METAL Y PLASTICO:</p> <p>A. Puntos Limpios (PL) y Puntos Verdes (PV). </p> <p>B. Recolección selectiva puerta a puerta de EyE de metal, plástico y multicomponentes (conjuntamente en una bolsa o contenedor). </p> <p>C. En lo posible, inclusión de recicladores de base organizados. </p> <p>D. Campañas y programas específicos (por ejemplo en zonas turísticas).</p>
• Hojalata	(Fundiciones nacionales)	45%			
• Aluminio	(Exportación)	34%			
PLASTICO	Suficiente	12,5%	22,5%	2%	
• Envases PET	Suficiente (hasta 80% material reciclable en EyE nuevos)	19,0%			
• Bolsas y Films (PP, PEAD, PEBD)	Suficiente (hasta 50% material reciclable en EyE nuevos)	8,5%			
• Envases flexibles	Suficiente (Reuso)	14,2%			
• Envases rígidos (PP, PEAD, PEBD)	Suficiente (prom. estim 40% material reciclable en EyE nuevos)	14,0%			
• Flexibl multicapas, PS y PVC	No se valorizan (PVC prohibido)	0%			
• Resto de EyE	Mayoría se reutiliza	0%			

Fuente: Elaboración propia, ECOING

4.4 Proposición de los escenarios

Basado en las consideraciones anteriores y con especial énfasis en los RSM, se proponen los siguientes sistemas de recuperación de residuos de EyE por escenario de evaluación, a parte de los ya existentes:

- **Escenario 1:** Recuperación mediante **sistemas de entrega:** Corresponde a un mejoramiento y expansión de los sistemas de entrega ya existentes, agregando lugares de entrega mediante Puntos Limpios (PL) en las principales ciudades y Puntos Verdes (PV) para todos los EyE a lo largo del país. Este escenario no considera implementar una recolección selectiva puerta a puerta. Además, se requieren de Centro de Acopio (CA) para acopiar los residuos recogidos desde los PL y PV, limpiarlos de impurezas y reducir su volumen, antes de enviarlos a los centros de valorización.
- **Escenario 2:** Recuperación mediante **sistemas de entrega + retiro:** A los PL y PV del Escenario 2 se agrega una recolección selectiva puerta a puerta en las principales ciudades, en lo posible con participación de los recicladores de base. Ese sistema de retiro será sólo para los "EyE livianos" de plástico, metal y multicomponentes, recolectados puerta a puerta en contenedores o bolsas en forma mezclada. Este conjunto de residuos livianos requiere de Plantas de Clasificación (PdC) (con cintas transportadoras), antes de enviarlos a los destinos de valorización. Cabe aclarar que en los Municipios con esta recolección puerta a puerta, ya no se requerirá de PV para los "residuos livianos", sino sólo para vidrio, papel y cartón.

Tabla 4-4 Proposición de sistemas de recuperación selectivas por escenarios

Escenario Base: Situación actual	
<ul style="list-style-type: none"> • PL municipales: 8 (Las Condes, Vitacura, La Reina, Providencia, Santiago, La Granja, Los Andes y Chillan) • PV municipales: <30 (Peñalolén: 9, Las Condes: 11, La Granja: 6; proyectados: Providencia: 30 + Stgo.: 10) • PV en malls-retail: <100 (Líder: 53, Jumbo: 28, Tottus, Homecenter: 3) • Otros PV: Providencia: 800 Mini-PL en edificios, Maipú: 37 en comercios + Colegios • Vidrio: >1.500 campanas (Coaniquem, Codeff) • Plástico: 60 campanas para PET (Cenfa) • Papel y Cartón: en oficinas, comercios y supermercados, pero no en PV abiertos al público • CA o lugares de compra: 179 (no incluye gestores) • Recolección selectiva puerta a puerta de EyE: 8 Municipios (La Reina, Ñuñoa, Vitacura, Santiago, La Florida, Las Condes, María Pinto y Peñalolén). Sólo Ñuñoa tiene cobertura total comunal. 	
Escenario E1: Sistemas de Entrega (PL + PV)	
Año 2016	Año 2021
<ol style="list-style-type: none"> 1. Un PL en Municipios >50.000 hab. (para todos los EyE) 2. Un PV cada 5.000 hab. (para plásticos, multicomponentes, vidrio, papel y cartón, y metal) 3. CAs para PLs y PVs 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un PL en Municipios >20.000 hab. (para todos los EyE) 2. Un PV cada 2.500 hab. (para plásticos, multicomponentes, vidrio, papel y cartón y metal) 3. CAs para PLs y PVs
Escenario E2: Sistemas de Entrega + Retiro (PL + PV + recolección selectiva puerta a puerta)	
Año 2016	Año 2021
<ol style="list-style-type: none"> 1. Como E1 2. Como E1 (en los Municipios con recolección selectiva puerta a puerta, los PV serán sólo para vidrio, papel y cartón) 3. Como E1 4. Recolección puerta a puerta en los 10 Municipios de mayor consumo (para EyE livianos de plástico, metal y multicomponentes; con o sin recicladores de base) 5. PdCs para clasificar los residuos livianos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Como E1 2. Como E1 (en los Municipios con recolección selectiva puerta a puerta, los PV serán sólo para vidrio, papel y cartón) 3. Como E1 4. Recolección puerta a puerta en Municipios >50.000 hab. (para EyE livianos de plástico, metal y multicomponentes; con o sin recicladores de base) 5. PdCs para clasificar los residuos livianos

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Los sistemas de recuperación asociados a los escenarios y supuestos para la evaluación de los impactos, se explican a continuación.

4.5 Punto Verde (PV)

4.5.1 Descripción

Un Punto Verde (PV) corresponde a una agrupación de contenedores para EyE, puesto en lugares públicos o privados, en su mayoría sin atención de personal. Generalmente cuentan con contenedores para papel y cartón, botellas plásticas (PET) y vidrio, algunos también para multicomponentes (Tetra Pak) y metales (latas de aluminio y conservas de hojalata).

Algunos pocos PV cuentan con atención de personal y con contenedores para más materiales reciclables, como se puede observar a la izquierda abajo en la siguiente figura.



Figura 4-1 Ejemplos de Puntos Verdes en Chile

Fuente: Fotografías propias y web de Municipios

Cabe aclarar que la entrega de los residuos de EyE en los PV es voluntaria y no se les paga a los habitantes por la entrega del material.

4.5.2 Supuestos para los Escenarios

Respecto a los Puntos Verdes (PV) se supone lo siguiente para ambos escenarios de evaluación:

- a) Al 2016, exista un **PV cada 5.000 habitantes** en promedio, equivalente a un **número total de 3.600 PV** a nivel del país, adicionales a los ya existentes.

Se estima que actualmente en Chile existen alrededor de 30 PV municipales y menos de 100 PV en supermercados y retail, aparte de aproximadamente 1.500 campanas específicas para vidrio y otros 60 recipientes para PET, puestos en lugares públicos. Además existen PV no abiertos al público en edificios, condominios y colegios, y contenedores específicos para papel y cartón en oficinas, comercios y supermercados.

- b) Al 2021, exista un **PV cada 2.500 habitantes** en promedio, equivalente a un **número total aproximado de 7.466 PV** a nivel del país, adicionales a los ya existentes.

Basado en la experiencia de países europeos, se recomienda concentrar los PV en las zonas urbanas y a una distancia no mayor a 500m. Repartiendo los PV a una distancia de 500m en las zonas urbanas de la RM de Santiago (868 km²)⁷, se requerirían 3.472 puntos sólo para la RM⁸. Este número es coherente, considerando que aproximadamente el 50% del consumo de EyE del país se concentra en la RM.

En este contexto cabe mencionar una encuesta específicamente aplicada en 3 supermercados de Chile (ver Anexo de Evaluación Social), que demostró que sólo el 35% estaría dispuesto a caminar 5 cuadras (500m) o más, por lo que no se recomienda distancias mayores en las zonas urbanas.

Por otra parte, generalmente se recomienda una densidad de 1.000 habitantes por cada PV e incluso de 500 habitantes para las campanas de vidrio. En Chile el 87% de la población vive en zonas urbanas⁹, que tiene una densidad poblacional de 6.500 hab/km² en la RM y de alrededor de 3.000 hab/km² en las áreas urbanas de Gran Valparaíso, Gran Concepción y La Serena¹⁰. En comparación, las principales urbes de Europa tienen densidades similares, Madrid 5.700 hab/km², Berlín 3.500 hab/km² y Amsterdam 2.500 hab/km².¹¹ No obstante, el consumo de EyE por habitante en la mayoría de los países europeos es dos a tres veces mayor que en Chile¹², por lo que también en este contexto se considera adecuado el número de PV propuesto para los escenarios de evaluación.

7 Censo 2002

8 Una distancia de 500m implica 4 PV en 1km². 868 km² x 4= 3.472 PV.

9 Censo 2002

10 <http://demographia.com/db-worldua.pdf>

11 <http://demographia.com/db-worldua.pdf>

12 ver detalles en Etapa 2 "Experiencia Internacional" del presente estudio

- c) Los PV se ubicarán principalmente en la zona urbana, dada la gran extensión del país. Se puede suponer que la gran mayoría de los habitantes de las zonas rurales pasan frecuentemente por la zona urbana, donde los PV estarían localizados en lugares estratégicos.

Chile tiene sólo 23 habitantes por km², mientras los países europeos tienen densidades mucho mayores (España 94 hab/km², Alemania 230 hab/km², Holanda 1.119 hab/km²)¹³.

- d) A pesar de que en la práctica existirían diversos tipos de PV y con variados números y tamaños de contenedores, se ha acordado considerar en promedio **5 contenedores** por cada PV, para los siguientes tipos de residuos de EyE:

1. Vidrio
 2. Papel y cartón
 3. Plásticos (PET)
 4. Multicomponentes (Tetra Pak)
 5. Metales (aluminio y hojalata)
- } "Envases livianos"

Los tipos de contenedores propuestos, según ubicación y tipo de residuos, son campanas o contenedores MGB de entre 1 a 2 m³. Los MGB son más fáciles de maniobrar, dado que tienen ruedas, pero deben ubicarse en sectores protegidos, para evitar robos.

Cinco años después de la implementación de la REP en Alemania, una encuesta representativa a 335 empresas, respecto a los contenedores asociados a los PV y PL, señaló lo siguiente:¹⁴

- *Se aplicaron principalmente contenedores especiales de 1 a 3 m³ de metal o fibra de vidrio, vaciables mediante pluma a camiones abiertos superiormente.*
- *Volumen promedio de contenedores para Papel y cartón: 1,3 m³*
- *Volumen promedio de contenedores para Vidrio: 2,0 m³*
- *Volumen promedio de contenedores para Envases livianos: 1,2 m³*
- *Muchos de estos contenedores eran MGB de volumen 1.100 litros*

13 Fuente: Wikipedia

14 Fuente: Müllhandbuch, Band 2, Erich Schmidt Verlag, 1997



Figura 4-2 Ejemplos de contenedores MGB

Fuente: Cristoro e imágenes de internet

4.6 Punto Limpio (PL)

4.6.1 Descripción

Un Punto Limpio (PL) corresponde a un centro municipal de recuperación de residuos abierto al público, donde los habitantes acceden con sus automóviles. Generalmente cuenta con atención de personal y se pueden entregar variados residuos, tales como peligrosos, muebles, electrodomésticos y escombros, aparte de contar con un sector con contenedores para envases reciclables.

Observando las imágenes de la figura a continuación, se puede concluir que un PL es un lugar de recuperación integral de residuos, que a su vez contiene un PV para envases.



Punto Limpio simple de Alemania



Punto Limpio de Vitacura



Punto Limpio de Las Condes



Sección de Envases y Embalajes del Punto Limpio de Las Condes

Figura 4-3 Ejemplos de Puntos Limpios

Fuente: Fotografías de ECOING, RWTH Aachen, Municipalidades de Las Condes

Igual como en los PV, la entrega de los residuos de EyE en los PL es voluntaria y no se les paga a los habitantes por la entrega del material.

4.6.2 Supuestos para los Escenarios

Respecto a los Puntos Limpios (PL) se supone lo siguiente para ambos escenarios de evaluación:

- a) Al 2016, todos los Municipios con más de 50.000 habitantes contarán con un PL, lo que equivaldrá a un **número total** de 87 PL a nivel del país.

Actualmente, sólo existen 8 PL en Chile (Las Condes, Vitacura, La Reina, Providencia, Santiago, La Granja, Los Andes y Chillán).

- b) Al 2021, todos los Municipios con más de 20.000 habitantes contarán con un PL, lo que equivaldrá a un **número total** de 161 PL a nivel del país.

La experiencia de países europeos demuestra que los Municipios medianos a grandes tienen a lo menos un PL. La literatura especializada recomienda una densidad de 20.000 habitantes por cada PL, aunque en Alemania sólo es de aproximadamente 30.000 habitantes, debido a la baja disponibilidad de espacios disponibles.

- c) Actualmente, un PL recibe más cantidades de EyE que un PV. No obstante, con el tiempo y en la medida que hayan más PVs y/o una recolección selectiva puerta a puerta en el mismo Municipio donde se ubica un PL, se puede suponer que las **cantidades recibidas en el PL se asemejan a un PV.**
- d) Como se ha indicado, un PL es un lugar que maneja varios tipos de residuos, no solo EyE. Para efectos de la evaluación económica, sólo se considera los costos de inversión y operación del PL que se asocian a la recuperación de los EyE. Es decir, **la REP de EyE no financia todo el PL por completo.**

En consecuencia, la mayor parte de los costos de los PLs deben financiarse con otras fuentes (por ejemplo mediante REP asociado a otros productos).

4.7 Centro de Acopio (CA)

4.7.1 Descripción

Una vez recuperados los residuos en los PV y PL, se requiere su acopio y preparación para el transporte hacia los destinos de valorización final. Por economía de escala, el transporte a gran distancia (interregional) se hace con camiones de mayor tamaño o incluso en barco.

Para lo anterior, se emplean Centros de Acopio (CA), donde se acopia y traslada el material recuperado a medios de transporte más grandes. Además, se reduce el volumen del material mediante compactadora y enfardadora, en caso de plásticos, papel y cartón, metal y multicomponentes. En caso de vidrio generalmente no se requiere disminución del volumen, aunque también se podrían aplicar trituradoras. Para lo anterior, generalmente basta con patios abiertos, aunque en caso de papel y cartón debería a lo menos techarse una parte, para proteger los materiales de precipitaciones. Los CA normalmente no están abiertos al público.

Hay CA bastante simples, si son para un solo material sin requerimiento de clasificación, como el vidrio, que sólo requiere trasvasarse a un contenedor o camión de mayor volumen. Pero también se pueden aprovechar los CA para hacer alguna preclasificación de los materiales, por ejemplo para separar los papeles de los cartones o para separar diferentes tipos de plásticos.

4.7.2 Supuestos para los Escenarios

En ambos Escenarios, se considera a lo menos un CA en cada región, donde se reciben los materiales recuperados en los PV y PL. Estos lugares tendrán como mínimo un patio, un sector techado, una compactadora y enfardadora, oficina y baños.

El número y la ubicación de los CA, p.ej. comunal o regional, depende del nivel socioeconómico de cada zona, el potencial de las cantidades de residuos a recuperar y logística de transporte. A pesar de que ya existen varios CA por material en regiones (p.ej. sólo para papel y cartón), por economía de escala convendría más un solo centro para todos los materiales en conjunto.

4.8 Planta de Clasificación (PdC)

En caso de una recolección selectiva puerta a puerta, donde generalmente se recogen los residuos reciclables en conjunto mezclados en bolsas especiales (Escenario 2), se requiere de plantas de clasificación (PdC) para separarlos, antes de poder enviarlo a su destino final de valorización.

Estas PC se generalmente se compone de cintas transportadoras para la clasificación manual y equipamiento mecanizado para la separación de materiales. Generalmente trabaja bastante personal en la clasificación en cinta, si se trata de una planta de clasificación manual. Un ejemplo en Chile es la PC con clasificación en Ñuñoa (ver fotografías en la siguiente figura).



Figura 4-4 Funcionamiento de una Planta de Clasificación Manual

Fuente: Municipalidad de Ñuñoa, imagen de web



Figura 4-5 Ejemplo de plantas de clasificación de residuos

Fuente: RWTH Aachen

4.8.1 Supuestos para los Escenarios

Las plantas de clasificación (PdC) sólo se requieren en el Escenario 2 y para los Municipios con recolección selectiva puerta a puerta ("residuos livianos"). Las PdC se compone de un bunker de alimentación, equipo para abrir las bolsas, tamizador tipo trommel para separar el material fino, cintas transportadoras para la clasificación manual, electroimán sobre cinta para separar los metales ferrosos, compactadora y enfardadora, sala de separación, oficina y baños, aparte de maquinaria como cargador frontal y grúa horquilla.

El número y la ubicación de las PdC, p.ej. comunal o regional, depende del nivel socioeconómico de cada zona, el potencial de las cantidades de residuos a recuperar y logística de transporte. Como antecedente, en Alemania en 1999 hubo PdC de residuos livianos aproximadamente cada 200.000 habitantes; no obstante, hoy en día hay plantas automatizadas que procesan residuos provenientes de millones de personas.

4.9 Recolección selectiva puerta a puerta

4.9.1 Descripción

La recolección selectiva puerta a puerta se puede efectuar con camiones o también con recicladores de base. De acuerdo a la experiencia internacional, se recomienda recoger los “EyE livianos” de plástico, metal y multicomponentes en forma conjunta y mezclada en contenedores o en bolsas desde las casas. Después, para separar este conjunto de residuos livianos, se requiere de plantas de clasificación (PdC), generalmente con cintas transportadoras, desde los cuales son transportados a los centros de valorización (destinos).



Figura 4-6 Ejemplos de recolección selectiva puerta a puerta

Fuente: Municipalidades de Las Condes, Providencia y Ñuñoa, RWTH Aachen

De acuerdo a la experiencia internacional, no conviene recoger los EyE de vidrio, papel y cartón mediante recolección puerta a puerta, a lo menos no conjuntamente con los residuos livianos.

4.9.2 Supuestos para los Escenarios

Respecto a la recolección selectiva puerta a puerta, se supone lo siguiente para el Escenario 2 (el Escenario 1 no contempla este tipo de recolección):

- a) Al año **2016** se logra recoger aproximadamente el **20% de los EyE livianos** en los 10 Municipios de alto nivel de consumo. Esto en forma adicional a los recuperados mediante otros sistemas ya existentes.

*La única experiencia nacional con cobertura total comunal es Ñuñoa. De acuerdo a información aportada por la Municipalidad, la comuna tiene 163.511 habitantes y se generan 5.200 ton/mes de RSM o 62.400 ton/año. Considerando que la fracción de los residuos reciclables es de 30,7% de los RSM (de acuerdo a datos de composición generales), esta corresponde a alrededor de 21.000 ton/año. Dado que se recuperan 2.150 ton/año de materiales en Ñuñoa, se puede concluir que el **11% de la población está participando** en la clasificación y recolección selectiva puerta a puerta. Por otra parte, cabe mencionar que el rechazo posterior en la PdC es del 30%, lo que reduce las materias primas secundarias finalmente recuperadas. Además, el costo de inversión de la planta, que fue de 162 MM\$.*

- b) Al año **2021** se aumenta considerablemente este logro, recogiendo aproximadamente el **40% de los EyE livianos** en los 87 Municipios mayores a 50.000 habitantes. Esto en forma adicional a los recuperados mediante otros sistemas ya existentes.

Como antecedente, en la mayoría de los países europeos se logró recuperar más del 50% de los residuos livianos en un lapso menor a 5 años desde el respectivo inicio de la REP.

- c) Para poder lograr los supuestos anteriores, es sumamente importante anticiparse con medidas masivas de difusión y educación.

Como valor de referencia, en Alemania se ha gastado, durante más de 10 años, alrededor de 100 millones de marcos anuales, equivalente a un 5% del costo anual de la REP. De una tasa promedio de valorización de 43% al inicio de la REP en 1992, se logró aumentar en 5 años a 78%.

- d) La recolección selectiva puerta a puerta puede efectuarse mediante camiones o alternativamente con recicladores de base organizados, lo que depende de las características de cada comuna.

Un buen ejemplo en este contexto es comuna La Reina, donde se ha formado una Cooperativa (CREACOO) de recicladores de base. Cabe mencionar también el proyecto Santiago Recicla, que está fomentando la inclusión de los recicladores en las actividades de valorización. Más detalles al respecto se presentan en el capítulo de evaluación de impactos sociales de este estudio.

4.10 Resumen de sistemas supuestos para escenarios de evaluación

A continuación se presenta un resumen de los sistemas de recuperación por escenario supuestos para la evaluación de los impactos.

Los 5 tipos de EyE a recuperar desde los RSM en ambos escenarios son:

- | | | |
|---|---|--------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Vidrio 2. Papel y cartón 3. Plásticos (PET) 4. Multicomponentes (Tetra Pak) 5. Metales (aluminio y hojalata) | } | "Envases livianos" |
|---|---|--------------------|

Los sistemas de recuperación de los residuos de EyE por escenario corresponden a:

1. Escenario 1: Sistemas de entrega de residuos
2. Escenario 2: Sistemas de entrega + Sistemas de retiro de residuos

Para el **Escenario 1** se ha acordado con el MMA considerar:

- Puntos Verdes (PV) a una densidad de cada 5.000 habitantes al año 2016 y cada 2.500 habitantes al año 2021, y
- Puntos Limpios (PL) en los Municipios con más de 50.000 habitantes al año 2016 y en los Municipios con más de 20.000 habitantes al año 2021.

Tabla 4-5 Escenario 1: Resumen de Datos

Ítem	Año 2016	Año 2021	Tipos de EyE
Nº PV	3.600	7.466	para los 5 tipos de EyE
Nº PL	87	161	
∑ Nº Puntos de Entrega	3.687	7.627	

Nota: Las cantidades (Nº) corresponden a instalaciones nuevas, adicionales a las existentes.

Para el **Escenario 2** se ha acordado con el MMA:

- Agregar a los PV y PL una recolección segregada puerta a puerta en los 10 Municipios de mayor ingreso promedio per cápita al 2016 (equivalente a un total de 2.186.024 habitantes), ampliándola a todos los Municipios mayores a 50.000 habitantes al 2021 (equivalente a un total de 15.123.914 habitantes). Esto sólo para los "envases livianos".
- Considerar en estos Municipios (con recolección puerta a puerta), sólo PV para vidrio, papel y cartón (sin "residuos livianos").

Tabla 4-6 Escenario 2: Resumen de Datos

Ítem	Año 2016	Año 2021	Tipos de EyE
Nº PV (con 5 contenedores)	3.162	1.416	para los 5 tipos de EyE, en Municipios <u>sin</u> recolección puerta a puerta
Nº PV (con 2 contenedores)	438	6.050	sólo para vidrio, papel y cartón, en Municipios <u>con</u> recolección puerta a puerta
Nº PL	87	161	para los 5 tipos de EyE
∑ Nº Puntos de Entrega	3.687	7.627	
Nº de Municipios con recolección selectiva puerta a puerta	10	87	para "residuos livianos" (plástico, metal y multicomponentes)

Nota: Las cantidades (Nº) corresponden a instalaciones o sistemas nuevos, adicionales a los existentes.

Las cantidades y tasas de recuperación de EyE supuestas según sistemas de recuperación ("entrega" y "retiro") en su área de influencia (país o Municipio) se presentan en la tabla a continuación.¹⁵

Tabla 4-7 Cantidades y tasas de recuperación de EyE según sistema de recuperación – ambos Escenarios

Año	EyE de Papel y Cartón	Botellas de Vidrio	"Residuos livianos"		
			EyE de Metal (aluminio+hojalata)	Botellas plásticas PET	Envases de multi-componentes
Escenario 1: Cantidad de EyE recuperados en cada punto de entrega (PV y PL) (kg/mes promedio país)					
2016	1.000	1.000	108 (50+58)	150	50
2021	1.500	1.500	163 (75+88)	225	75
Escenario 2: Tasa de recuperación de "EyE livianos" mediante recolección selectiva puerta a puerta (en % promedio para Municipios seleccionados)					
2016	Sin cambio		20% (adicional a la recuperación actual)		
2021			40% (adicional a la recuperación actual)		

Nota: Elaboración propia basado en experiencias nacionales e internacionales, y reuniones con actores del sector

La cantidad de los centros de acopio (CA) y plantas de clasificación (PdC) requeridos se determina a continuación, basado en los niveles socioeconómicos de cada región y una aproximación de la logística de transporte.

15 Las cantidades de EyE recuperados en cada punto de entrega fueron determinadas sobre la base de datos actuales obtenidos de actores del sector y de experiencias nacionales, los cuales se proyectaron al 2016 y 2021, considerando un aumento progresivo en la recuperación producto de programas de educación a la comunidad, tomando en consideración las experiencias internacionales.

5 ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS DE EYE POR REGIÓN

Para evaluar los impactos asociados a los sistemas de recuperación planteados precedentemente, se requiere aproximar la logística de transporte, la cantidad y la ubicación de los centros de acopio (CA) y de las plantas de clasificación (PdC), basado en los flujos de los residuos de EyE generados a lo largo del país.

Estos flujos dependen de los patrones de consumo de la población, tomando en cuenta las diferencias de poder adquisitivo presente en los distintos grupos socioeconómicos de la población. Es decir, en función de la distribución del consumo en el conjunto de comunas del país, se puede estimar la dispersión de los residuos de EyE asociados al nivel regional.

El comportamiento de los hogares es clave, y se basa en acciones que emprenden de forma voluntaria, por cuanto la REP debe asumir claras estrategias comunicacionales para incentivar conductas más favorables a la recuperación de EyE desde sus respectivos hogares.

5.1 Fuentes de Información

Con el fin de disponer de un indicador de consumo que permita elaborar un estimador de la distribución por comuna, se ha compilado información de tres fuentes principales:

- Censo y proyecciones de población del INE por comuna
- Encuesta CASEN para disponer de estimadores de ingreso promedio de los hogares por Comuna.
- Encuesta de Presupuestos Familiares del INE

En el caso de la encuesta de consumo de los hogares que realiza el INE, se considera una amplia canasta de productos en los que mayoritariamente gastan los hogares del país. De esa canasta se seleccionaron los productos según el material del envase que los contiene, y contar así con un vector de consumo que generará el correspondiente vector de EyE según el material de interés en el estudio.

El gasto de consumo de cada producto está diferenciado según grupo quintil de ingreso, reconociendo así 5 grupos de hogares y para cada uno de ellos se realiza una estimación de su consumo en los productos.

En la tabla siguiente se presenta los productos considerados clasificados según el material predominante utilizado en los EyE.

Tabla 5-1 Productos consumidos según material del EyE

Material EyE	Producto
Metal	JUREL EN CONSERVA
	ATUN EN CONSERVA
	OTROS PESCADOS EN CONSERVA
	MARISCOS EN CONSERVAS
	FRUTAS EN CONSERVA
	SALSA DE TOMATE
	VERDURAS EN CONSERVA
	CAFÉ
	LECHE CONDENSADA
Multicomponente	LECHE
	CREMA DE LECHE
Plástico	YOGURT
	ACEITES
	MANTEQUILLA
	MARGARINA
	HELADOS
PET	BEBIDAS GASEOSAS
	AGUA MINERAL
Vidrio	ALIMENTOS COLADOS Y PICADOS
	VINO
	CHAMPAGNE
	CHICHA
	CERVEZA
	LICORES
	PISCO
	WHISKY
OTROS LICORES	
Papel	DIARIOS
	REVISTAS

Fuente: Encuesta de Presupuestos Familiares, INE.

5.2 Metodología de Estimación

Con la información de los ingresos promedio por comuna se procede a ordenar las comunas desde la que dispone de un mayor ingreso promedio per cápita hasta la del menor. Luego se va computando el número de habitantes para establecer los cortes por quintil de ingreso quedando así cada comuna asociada a un quintil. Es un ejercicio de estimación porque se sabe que en cada comuna puede haber una cierta dispersión de los grupos socioeconómicos, pero con la información disponible se asocia a una situación promedio predominante en cada comuna.

Un segundo paso se materializa con la información de gasto de la Encuesta de Presupuestos Familiares que está medida en términos del gasto promedio mensual del hogar y se calcula un gasto promedio per cápita considerando el tamaño medio del hogar de cada uno de los quintiles de ingreso. Así, para cada quintil de ingreso se estima su gasto promedio por persona de los respectivos productos.

El tercer paso de estimación es el de formular la cuantificación del gasto mensual promedio de los habitantes de las comunas: se aplica el gasto promedio per cápita de cada producto, a los habitantes de la comuna, y se obtiene de esta forma un estimador del gasto mensual del producto realizado por el conjunto de hogares de cada comuna. Se trata de un cálculo referencial, según el cual el ingreso promedio per cápita comunal es el que permite clasificar a esa comuna dentro del ranking de riqueza relativa.

5.3 Resultados

Con este conjunto de estimaciones, se procede a reconocer la distribución del consumo de productos por región y tramo de ingreso, como una forma de acercarse a una función de dispersión territorial de los residuos de EyE por tipo de material.

Los resultados se presentan en forma resumida en la siguiente tabla:

Tabla 5-2 Perfil de Dispersión Territorial de RSM basado en el consumo de EyE

REGION	Tramo Ingreso					Total Quintiles
	1	2	3	4	5	
1	0,01%	0,34%	0,07%	1,28%	0,00%	1,70%
2	0,00%	0,06%	0,04%	1,13%	5,20%	6,43%
3	0,00%	0,06%	0,38%	0,08%	2,20%	2,71%
4	0,35%	0,78%	0,00%	1,48%	0,00%	2,61%
5	0,46%	1,27%	4,03%	0,00%	0,93%	6,69%
6	0,56%	0,31%	0,39%	1,80%	0,00%	3,05%
7	0,75%	0,20%	1,11%	0,97%	0,00%	3,03%
8	1,03%	1,43%	1,59%	2,43%	1,31%	7,79%
9	0,70%	0,38%	0,14%	2,13%	0,00%	3,35%
10	0,16%	0,98%	0,30%	2,32%	0,00%	3,76%
11	0,00%	0,00%	0,40%	0,00%	0,07%	0,48%
12	0,00%	0,06%	0,00%	0,86%	0,12%	1,05%
13	0,49%	4,00%	5,11%	9,07%	36,88%	55,54%
14	0,26%	0,09%	0,69%	0,00%	0,00%	1,04%
15	0,01%	0,00%	0,76%	0,00%	0,00%	0,77%
Total País	4,78%	9,97%	15,01%	23,54%	46,71%	100,00%

De acuerdo a los datos de la tabla anterior, se puede deducir que aproximadamente el 55% del consumo o generación de residuos de EyE se concentra en la región metropolitana, seguido por las regiones del Bío Bío y Valparaíso. Las tres regiones más pobladas concentran 70% de la generación de residuos.

La distribución del consumo por cada tipo de material de EyE se presenta en cada uno de los capítulos de evaluación respectivos.

6 ANÁLISIS ECONÓMICO: IDENTIFICACIÓN DE STOCKS Y FLUJOS

Junto con la identificación de los residuos de EyE que generan los hogares en las respectivas comunas, se determina en función de indicadores socioeconómicos y poblacionales la infraestructura necesaria para implementar la red de puntos de entrega con diferentes características. La infraestructura requiere de una logística de operación que permite que los flujos de EyE recuperados sean transferidos a las diferentes opciones de valoración existente para los distintos materiales.

6.1 Análisis Descriptivo Conceptual

La organización industrial del sistema supone un conjunto de nodos y arcos cuya finalidad es que fluyan los residuos desde los hogares hasta el destino final de valorización. Se han definido dos escenarios para proyectar los cambios en la recuperación de los EyE desde los RSM. Los **nodos** se refieren a los componentes de infraestructura que permiten ejecutar una función clave en el proceso, y los **arcos** son las transferencias de los productos desde una función a otra.

Se puede realizar una versión estilizada de los dos sistemas que actuarían de forma complementaria, y que será utilizada para realizar la aproximación preliminar de valoración económica.

Sistema 1 de "Entrega" mediante Puntos Verdes y Puntos Limpios



Sistema 2 de "Retiro" mediante Recolección Selectiva Puerta a Puerta



PV: Punto Verde
PL: Punto Limpio

CA: Centro de Acopio
PdC: Planta de Clasificación

Figura 6-1 Sistemas de Recuperación de Residuos de EyE

La evaluación de ambos sistemas se sustenta en las inversiones pertinentes en cada nodo y arco, y el ejercicio de evaluación social supone identificar aquellas infraestructuras que se agregan por la implantación de la REP, y también en el caso de los arcos que son subyacentes a los nodos.

En el caso del Sistema 1, se valora todo el conjunto de arcos y nodos, salvo el de Destino de Valorización, porque en Chile ya existe la capacidad de reciclaje, y los RSM que se recuperan utilizan lo ya existente, que además ya está adecuadamente rentabilizado por los productores.

En el caso del Sistema 2, se valora sólo el valor de inversión asociado a la instalación de las Plantas de Clasificación en las respectivas regiones del país. El valor del retiro domiciliario ya está asumido en el costo de llevar los residuos a la disposición actual, se trata de una bifurcación hacia las plantas. Luego se valora lo que se lleva a destino final.

6.2 Modelo de Cuantificación Económica

Se define una estrategia de valoración sin contar con la información de ingeniería de detalle, y por ende se ha diseñado una versión modelada que simplifica costos transaccionales de implementación, y ciertamente puede ignorar algunos ahorros de la generación de economías de escala en la medida que se incrementen los flujos de recuperación.

6.2.1 Contexto de Valoración

La cuantificación económica se aplica en función de los sistemas descritos.

Así en el caso del **Sistema 1**, se considera una red de PV y PL que se distribuye a lo largo del país en cada una de las regiones. Se estima el impacto que generará la red en los aspectos de recuperación desde los hogares. El siguiente nodo es el Centro de Acopio (CA), que se establece en un modelo estándar para recibir y descargar los camiones, para eventualmente compactar y enfardar, y enviar luego hacia las plantas de destino, valorando el costo a destino en tarifas de tramo largo.

En el caso del **Sistema 2**, la recuperación de los EyE de los hogares con un sistema de recolección selectiva puede generar un costo adicional al actual de retiro con destino al relleno sanitario, pero en el largo plazo se generaría un ajuste en la licitación de los sistemas de extracción de los RSM, por lo tanto no se considera un costo económico atribuible a la REP.

Lo que sí se debe incorporar es el costo de las Plantas de Clasificación (PdC), necesarias para establecer la separación de los "residuos livianos" por tipo de material, y luego compactar y enfardar para enviar a destino final. El costo de estas plantas se establece en función de una planta tipo y se considera luego el costo de inversión y de operación vinculado a las toneladas que se procesarán.

En resumen se ha considerado la siguiente cantidad de CA y PdC según escenario.

Tabla 6-1 Cantidad de Centros de Acopio y Plantas de Clasificación según Escenario

Ítem	Año 2016	Año 2021	Tipos de EyE
Escenario 1			
Centros de Acopio, capacidad 6.000 ton/año	52	89	para los 5 tipos de EyE
Escenario 2			
Planta de Clasificación, capacidad 6.000 ton/año	3	20	para "residuos livianos" (plástico, metal y multicomponentes)
Centros de Acopio, capacidad 6.000 ton/año	52	89	para 3 o 5 tipos de EyE, dependiendo si hay recolección puerta a puerta

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En su etapa inicial de la REP, al año 2016, las PdC son pocas, y se localizan en tres regiones. En la Región 2 y en la Región 8 las PdC inician operaciones con un elevado grado de capacidad ociosa (mayor al 80%), y la Región Metropolitana, el grado de utilización supera el 65%. La densificación de la REP junto al impacto de la difusión y la educación llevan a un uso más intensivo a dichas plantas, agregándose paulatinamente varias más, hasta llegar a un total de 20 al año 2021.

Para efectos de la evaluación económica, se ha aplicado una repartición de estos centros y plantas de acuerdo a los flujos de residuos por región, basado en los niveles socioeconómicos y patrones de consumo.

En las regiones con menor población habrá que buscar situaciones de complementariedad para aprovechar economías de escala. En el caso de las PdC, es muy probable que la experiencia de 2016 en las 10 comunas sea de gran utilidad para la evaluación de las estrategias a aplicar para 2021, procurando buscar opciones de diseño que puedan aprovechar economías de escala con un resultado de reducción en los costos unitarios.

6.2.2 Transposición de costos de inversión y operación a costos unitarios

Para cada arco se considera los costos de transporte con los que operan los sistemas de recolección actual, y se les aplica un sistema de ajuste, porque en el costo prima más la restricción de volumen que la de peso, pero se corrige por una sobrevaloración del costo por tonelada.

Los valores de **fletes** por tonelada que se utilizan son los siguientes:

- Flete urbano: \$40.000/ton
- Flete interurbano recorrido corto: \$60.000/ton
- Flete interurbano recorrido medio: \$80.000/ton
- Flete interurbano recorrido largo: \$120.000/ton

En el caso de los nodos, se considera tres tipos: Red de PV y PL, Centro de Acopio y Planta de Clasificación.

La **red de PV y PL** (campanas y contenedores) que se implementaría en las regiones, según los parámetros establecidos para los escenarios 1 y 2, la logística valorada asciende a los siguientes valores para todo el país en promedio:

Valor de la Red de PV y PL¹⁶ instaladas:

- Año 2016: MM\$ 16.452
- Año 2021: MM\$ 32.624

Los costos unitarios de capital y de mantención de la red ascienden a:

- Año 2016: MM\$ 5.758
- Año 2021: MM\$ 11.419

De acuerdo a los volúmenes de recuperación desde los contenedores de los PV y PL, los costos unitarios de Capital y de Operación por tipo de componente son los siguientes:

**Tabla 6-2 Estimación de costos unitarios por punto de entrega
Valores promedios país – para ambos Escenarios**

Costo de Capital y Operación Red de PV y PL \$/ton		
Material	2016	2021
PET	151.218	127.510
Metal	42.448	47.632
Vidrio	20.453	18.170
PyC	7.769	10.491
Tetra	144.703	101.943

¹⁶ Para efectos de la evaluación económica, sólo se considera los costos de los PL que se asocian a la recuperación de los EyE, asemejándose entonces a un PV. Es decir, la REP de EyE no financia todo un PL por completo. En consecuencia, la mayor parte de los PL deben financiarse con otras fuentes (por ejemplo mediante REP asociado a otros productos).

El **Centro de Acopio**, que en principio será para todos los EyE, se ha evaluado de acuerdo al siguiente detalle de inversión y de costos de operación y personal:

Tabla 6-3 Estimación de costos de un Centro de Acopio

Centro de Acopio	Unidades	UF	\$
Terreno m ²	1.000	5.000	112.500.000
Planta y Maquinaria		5.378	297.000.000
Inversión Total		10.378	409.500.000
Operarios	2	360	8.100.000
Depreciación			56.100.000
Insumos			1.620.000
Costo Capital			81.900.000
Costo Operacional y de Capital			147.720.000
Toneladas Año	6.000		

El costo de procesamiento por tonelada de un **Centro de Acopio** ascendería a **\$24.620/ton**. En el costo se ha incorporado el costo de capital vinculado al capital inmovilizado, asumiendo una renta neta del capital de 20% anual, debido al factor de riesgo involucrado a una actividad nueva. La depreciación se ha estimado en 10 años para las instalaciones y de cinco años para las maquinarias.

En el caso de la **Planta de Clasificación** se considera una planta con selección manual, cuyos costos de inversión suponen equipamiento de un proveedor alemán, a los que se agregan los costos de operación según tarifas del mercado chileno, en materia de energía y de mano de obra. Al igual que en el caso del Centro de Acopio se ha considerado una depreciación de 10 años para las instalaciones y de 5 años para la maquinaria. El costo de capital es el mismo, es decir 20% anual.

Tabla 6-4 Estimación de costos de una Planta de Clasificación

Planta Clasificadora	Unidades	UF	\$
Terreno m ²	3.000	15.000	337.500.000
Planta y Maquinaria		27.867	627.000.000
Inversión Total		42.867	964.500.000
Operarios	30	5.400	121.500.000
Depreciación		24.347	547.800.000
Insumos		3.227	72.600.000
Costo Capital			192.900.000
Costo Operacional y de Capital			934.800.000
Toneladas Año	6.000		



El costo de procesamiento por tonelada de una **Planta de Clasificación** asciende a **\$155.800/ton.**

La evaluación económica de la recuperación de los EyE resultante de estos valores unitarios supuestos, se presenta por escenario en cada uno de los capítulos de evaluación por tipo de material de EyE.

7 BIBLIOGRAFÍA

Censo 2002, INE y Proyecciones de Población, INE-CELADE

CONAMA-UDT 2010, Primer Reporte sobre Manejo de Residuos Sólidos en Chile

Conferencia telefónica Dr. Thomas Pretz, RWTH Aachen, 24.04.12

Encuesta CASEN 2009, MIDEPLAN

Encuesta de Presupuestos Familiares 2007, INE

<http://demographia.com/db-worldua.pdf>

IASA 2011. Estudio de Factibilidad Técnico Ambiental Social y Económica para la Implementación del Plan de Acción "Santiago Recicla".

Institut für Kreislaufwirtschaft und Umwelttechnik, Handbuch Entsorgungslogistik, 1998

Kranert, Martin et.al, 2010, Einführung in die Abfallwirtschaft

Martens, Hans, 2011, Recyclingtechnik

Müllhandbuch, Band 2, Erich Schmidt Verlag, 1997

Neugebauer, Jens, 2008, Entsorgungswirtschaftliches Stoffstrom-Controlling