



**ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE ANALISIS ECONÓMICOS DE
METAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN PARA LOS PRODUCTOS
PRIORITARIOS NEUMÁTICOS, BATERÍAS Y ACEITES LUBRICANTES,
CONTENIDOS EN LA LEY 20.920**

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE - SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

INFORME FINAL

Santiago, 7 de Diciembre 2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	13
II. OBJETIVOS DEL PROYECTO	16
<i>A. Objetivo General.....</i>	<i>16</i>
<i>B. Objetivos Específicos</i>	<i>16</i>
III. PROPUESTA METODOLÓGICA	17
IV. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LOS PRODUCTOS PRIORITARIOS Y SUS RESIDUOS (NFU, BFU Y ALU)	20
<i>A. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LOS NEUMÁTICOS Y SUS RESIDUOS</i>	<i>24</i>
1. Ciclo de vida de los Neumáticos y los NFU	25
2. Actores relevantes del mercado de los Neumáticos y los NFU	27
3. Normativas que rigen el mercado de los Neumáticos y de los NFU	38
4. Producción Nacional e Importaciones de Neumáticos	41
5. Evolución del sector y proyecciones del mercado de los Neumáticos	44
6. Distribución y Comercialización de Neumáticos y puntos de Recolección de NFU	45
7. Categorías de los Neumáticos Fuera de Uso	47
8. Cuantificación de los Neumáticos Fuera de Uso	48
9. Mercado Actual y Demanda Potencial de los Productos Resultantes de la Valorización de los NFU	70
<i>B. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LOS BATERÍAS Y SUS RESIDUOS.....</i>	<i>74</i>
1. Ciclo de vida de los de las Baterías y las BFU	78
2. Actores relevantes del mercado de las Baterías y las BFU	80
3. Normativas que los rigen el mercado de las Baterías y las BFU	83
4. Producción nacional e importaciones de Baterías.....	85
5. Evolución del sector y proyecciones del mercado de las Baterías.....	89
6. Distribución y Comercialización de Baterías y puntos de Recolección de BFU	89
7. Categorías de los Baterías Fuera de Uso	91
8. Cuantificación de las Baterías Fuera de Uso	92
9. Mercado Actual y Demanda Potencial de los Productos Resultantes de la Valorización de las BFU	101
<i>C. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DEL ACEITE LUBRICANTE Y SUS RESIDUOS</i>	<i>102</i>
1. Ciclo de vida de los de los Aceites Lubricantes y los ALU	104
2. Actores relevantes del mercado de los Aceites Lubricantes y los ALU	106

3.	Normativas que los rigen el mercado de los Aceites Lubricantes y los ALU	111
4.	Producción nacional e importaciones de los Aceites Lubricantes	114
5.	Evolución del sector y proyecciones del mercado de los Aceites Lubricantes	117
6.	Distribución y Comercialización de Aceites Lubricantes	120
7.	Categorías del Aceite Lubricante Usado	128
8.	Cuantificación de los Aceites Lubricantes Usados	129
9.	Mercado Actual y Demanda Potencial de los Productos Resultantes de la Valorización de las ALU	135
D.	<i>CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LOS VEHÍCULOS.....</i>	<i>136</i>
E.	<i>SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MERCADO.....</i>	<i>140</i>
V. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS 141		
A.	<i>Caracterización de los sistemas de recolección y valorización de NFU.....</i>	<i>141</i>
1.	Sistemas de Recolección	142
2.	Tecnologías de Valorización de NFU y NMFU.....	143
B.	<i>Caracterización de los sistemas de recolección y valorización de BFU.....</i>	<i>151</i>
1.	Sistemas de Recolección de BFU.....	151
2.	Tecnologías de Valorización de BFU.....	155
C.	<i>Caracterización de los sistemas de recolección y valorización de ALU.....</i>	<i>159</i>
1.	Sistemas de Recolección de ALU	159
2.	Tecnologías de Valorización de ALU	162
VI. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN RELACIONADA CON EL MANEJO ACTUAL DE ALU, BFU y NFU.....171		
VII. ESTRATEGIA DE DESARROLLO PARA LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE ALU, BFU Y NFU.....172		
A.	<i>SISTEMAS DE GESTIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO</i>	<i>177</i>
1.	Parámetros y Variables Críticas del Escenario Base NFU y NMFU	179
2.	Proyección de Variables Críticas para Sistemas de Gestión Futuros.....	181
B.	<i>SISTEMAS DE GESTIÓN DE BATERÍAS FUERA DE USO.....</i>	<i>187</i>
1.	Parámetros y Variables Críticas del Escenario Base BFU	189
2.	Proyección de Variables Críticas para Sistemas de Gestión BFU Futuros	191
C.	<i>SISTEMA DE GESTIÓN DE ACEITE LUBRICANTE USADO</i>	<i>195</i>
1.	Parámetros y Variables Críticas del Escenario Base ALU	196
2.	Proyección de Variables Críticas para Sistemas de Gestión Futuros.....	198

VIII. METODOLOGÍA GENERAL DE APLICACIÓN DE UN AGIES A METAS REP PARA ALU, BFU Y NFU203

D. METODOLOGÍA GENERAL PARA APLICACIÓN DE UN AGIES PARA ALU, BFU y NFU 210

1. Definición del alcance210
2. Caracterización de los Residuos212
3. Identificación de Parámetros, Variables Críticas y Variables Independientes216
4. Caracterización de Variables Críticas de los Sistemas de Gestión para ALU, BFU y NFU 216
5. Definición de Escenarios217
6. Impactos asociados a los Escenarios de Análisis218
7. Análisis Económico.....220

E. BUENAS PRÁCTICAS EN LA REALIZACIÓN DE UN AGIES226

IX. DETALLE DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA227

A. APLICACIÓN DE UN AGIES A LOS ALU.....227

1. Definición del alcance227
2. Caracterización de los ALU.....231
3. Caracterización de Variables Críticas de los Sistemas de Gestión para ALU233
4. Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión de ALU233
5. Definición de Escenarios234
6. Impactos asociados a los Escenarios de Análisis235
7. Análisis Económico.....237

B. APLICACIÓN DE UN AGIES A LAS BFU.....239

1. Definición del alcance239
2. Caracterización de las BFU244
3. Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión de BFU247
4. Caracterización de Variables Críticas de los Sistemas de Gestión para BFU247
5. Definición de Escenarios248
6. Impactos asociados a los Escenarios de Análisis249
7. Análisis Económico.....251

C. APLICACIÓN DE UN AGIES A LOS NFU253

1. Definición del alcance253
2. Caracterización de los NFU257
3. Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión de NFU259
4. Caracterización de Variables Críticas de los Sistemas de Gestión para NFU y NMFU260

5.	Definición de Escenarios	260
6.	Impactos asociados a los Escenarios de Análisis	263
7.	Análisis Económico	267
X.	APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA LA PROYECCIÓN Y EVALUACIÓN DE METAS REP, “PRO-META”	268
<i>A.</i>	<i>ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN Pro-META</i>	<i>270</i>
1.	Hojas: BASE y Base NFU, Base BFU y Base ALU	271
2.	Hojas: Generación NFU, BFU y ALU	274
3.	Hojas: Escenarios NFU, BFU y ALU	274
4.	Hojas: Impactos NFU, BFU y ALU	278
XI.	PROPOSICIÓN Y EVALUACIÓN DE METAS	283
<i>A.</i>	<i>PROPUESTA METAS VALORIZACIÓN DE NFU Y NMFU</i>	<i>285</i>
<i>B.</i>	<i>PROPUESTA METAS VALORIZACIÓN DE BFU</i>	<i>287</i>
<i>C.</i>	<i>PROPUESTA METAS DE VALORIZACIÓN ALU</i>	<i>290</i>
<i>D.</i>	<i>IMPACTOS NO FACTIBLES DE VALORAR</i>	<i>292</i>
<i>E.</i>	<i>MEJORAS METODOLOGICAS</i>	<i>296</i>
XII.	POLICY BRIEF	297
ANEXO N°1:	PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE NEUMÁTICOS	308
ANEXO N°2:	PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE BATERÍAS	311
ANEXO N°3:	PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE ACEITES LUBRICANTES	314
ANEXO N°4:	DETALLE FACTORES GENERACION ACEITES LUBRICANTES	316
ANEXO N°5:	PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE VEHÍCULOS	317
ANEXO N°6:	CONDICIONES MÍNIMAS PARA ALMACENAMIENTO DE NFU EN PUNTOS DE VENTA	320
ANEXO N°7:	USOS ALTERNATIVOS DE NFU Y SUS SUBPRODUCTOS	321
ANEXO N°8:	PUNTOS LIMPIOS DE ECOVALOR	322
ANEXO N°9:	PUNTOS LIMPIOS DE EMASA (BATERÍAS)	324
ANEXO N°10:	LISTADO DE PROYECTOS DE VALORIZACIÓN	325
ANEXO N°11:	CARACTERIZACIÓN GESTORES DE ALU	326
ANEXO N°12:	CARACTERIZACIÓN GESTORES DE BFU	328
ANEXO N°13:	CARACTERIZACIÓN GESTORES DE NFU	330
ANEXO N°14:	MODIFICACIONES FORMULARIO RETC	331

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Componentes de un Neumático (% en peso)	24
Tabla 2.	Importaciones de Neumáticos según Glosa Arancelaria y/o Característica de los Neumáticos, 2016	29
Tabla 3.	Producción e Importación de Neumáticos en Chile	30
Tabla 4.	Estimación Generación Neta NFU y NMFU en base a Registros de Importación	30
Tabla 5.	Relación NNu/NRe	33
Tabla 6.	Categorías de Neumáticos, por Aro y Tipo de Vehículo, y Glosa de Importación ...	42
Tabla 7.	Proyección del Consumo de Neumáticos en Chile	44
Tabla 8.	Principales distribuidores de neumáticos en Chile	45
Tabla 9.	Otras Distribuidoras de Neumáticos en Chile	46
Tabla 10.	Distribución Parque Automotriz, año 2016	49
Tabla 11.	Parque Automotriz 2016, según categorías de generación de NFU	51
Tabla 12.	CINC, Generación Neta de NFU 2015-2016 [ton NFU]	52
Tabla 13.	Vida Útil Promedio de Neumáticos, según tipo de vehículo	55
Tabla 14.	Kilometraje Promedio Ponderado por Tipo de Vehículo, 2017	56
Tabla 15.	Participación del Mercado por Aro, Peso y Tipo de Vehículo	57
Tabla 16.	Tipos de Buses de Transporte de Pasajeros	58
Tabla 17.	Distribución del Parque y Promedio Ponderado de Neumáticos por Bus	59
Tabla 18.	Tipos de Camiones de Transporte de Carga	60
Tabla 19.	Cantidad Promedio Ponderada de Neumáticos por Tamaño de Camión	61
Tabla 20.	Factores Generación Neta de NFU, según tipo de vehículo y actividad.	62
Tabla 21.	Cuantificación de NFU 2016 y proyección 2017-2019 [ton/año]	63
Tabla 22.	Factor de Generación Neto NMFU	66
Tabla 23.	Generación Neta NMFU en la Minería Metálica, año 2015, y proyección 2016-2019 [ton/año]	66
Tabla 24.	Generación Regional de Neta NMFU en base a distribución faenas de Cu y Fe [ton/año]	67
	Generación Neta de	68
Tabla 25.	NFU y NMFU a través de Factores de Generación GESCAM [unidades]	68
Tabla 26.	Generación Neta de NFU y NMFU en base a Factores de Generación GESCAM [toneladas]	68
Tabla 27.	Comparación estimaciones de generación NFU 2016, según metodología aplicada .	69
Tabla 28.	Composición en peso de una batería de plomo ácido	76

Tabla 29.	Actores del Mercado de Baterías.....	81
Tabla 30.	Categorías Principal de Baterías, por Contenido y Glosa de Importación	86
Tabla 31.	Categorías Secundarias de Baterías, por Tipo de Uso y Glosa de Importación	87
Tabla 32.	Proyección del Consumo de Baterías en Chile	89
Tabla 33.	Distribuidores y Comercializadores de baterías en Chile	90
Tabla 34.	Factor Generación BFU, según tipo de vehículo y actividad.....	94
Tabla 35.	Distribución Parque Automotriz según Tipo de Vehículo, Actividad y Tipo de Batería, año 2016	95
Tabla 36.	Generación de BFU, por región, según tipo de vehículo y actividad, año 2016 y Proyección 2017-2019 [unidades/año]	96
Tabla 37.	Generación de BFU, por región, según tipo de vehículo y actividad año 2016 y Proyección 2017-2019 [ton BFU/año].....	97
Tabla 38.	Distribución de BFU minero, en función de la Producción de Cobre y Hierro 2015, por Región [ton BFU/año].....	98
Tabla 39.	Comparación estimaciones Generación BFU, año 2016	100
Tabla 40.	Actores participantes en el Ciclo de Vida de los Aceites Lubricantes Usados	110
Tabla 41.	Categoría Única de Clasificación de los Aceites Lubricantes, por Glosa de Importación	115
Tabla 42.	Proyección del Consumo de Aceites Lubricantes en Chile	118
Tabla 43.	Factores de consumo de Aceites Lubricantes por tipo de vehículo y actividad	119
Tabla 44.	Estimación Demanda de Aceites Lubricantes Parque Automotriz 2016 y Proyección 2017-2019, a nivel Regional, por tipo de vehículo y actividad [m3/año]	119
Tabla 45.	Servicentros COPEC en Chile	123
Tabla 46.	Servicentros Shell en Chile	124
Tabla 47.	Distribuidoras Lubrax en Chile	125
Tabla 48.	Estaciones de Servicios y Comercializadoras Lubrax	125
Tabla 49.	Distribuidoras y Comercializadoras de Lubricantes Total en Chile	126
Tabla 50.	Parámetros Ponderados de Generación de ALU por tipo de vehículo y actividad ..	130
Tabla 51.	Factores Generación ALU por tipo de vehículo y actividad.....	130
Tabla 52.	Generación de ALU, año 2016, por tipo de vehículo y actividad, y proyección 2017-2019 [m3/año]	131
Tabla 53.	Factor Generación ALU, Sector Minero	132
Tabla 54.	Generación Regional de ALU en base a distribución faenas de Cu y Fe [ton]	133
Tabla 55.	Generación Total de ALU 2016 y Proyección años 2017-2019 [m3/año].....	133
Tabla 56.	Comparación estimaciones Generación ALU	134

Tabla 57.	Categorías de Vehículos, por Tipo de Actividad y Glosa de Importación	137
Tabla 58.	Aplicaciones del Caucho recuperado en función de su granulometría	146
Tabla 59.	Tecnologías Disponibles para el Tratamiento de NFU. Ventajas y Desventajas	150
	Destinatarios Autorizados de BFU.....	152
Tabla 60.	152	
Tabla 61.	Participación en la Generación de BFU	153
Tabla 62.	Participación de Mercado Gestores de BFU	153
Tabla 63.	Tipos de Valorización aplicable al ALU.....	162
Tabla 64.	Valorización de ALU, año 2015 proyectado al 2016	162
Tabla 65.	Valorización de ALU según Tipo de Tratamiento, año 2016.....	163
Tabla 66.	Distribución Regional de Valorizadores Autorizados de ALU en Chile	170
Tabla 67.	Precios de compra de BFU, diferenciados por origen.....	175
Tabla 68.	Parámetros Escenario Base NFU y NMFU, año 2016	179
Tabla 69.	Escenario Base NFU y NMFU en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0	179
Tabla 70.	Escenario Base Regional NFU en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0	180
Tabla 71.	Proyección Bruta Generación NFU y NMFU [ton/año].....	181
Tabla 72.	Capacidad Regional de Recauchaje de NFU [ton/año]	183
Tabla 73.	Proyección de la Capacidad Potencial de Recauchaje de NFU y NMFU [ton/año] ..	184
Tabla 74.	Proyección de la Capacidad Potencial de Reciclaje de NFU y NMFU	185
Tabla 75.	Proyección de la Capacidad Potencial de Valorización Energética de NFU y NMFU [ton/año]	185
Tabla 76.	Proyección de la Generación y la Capacidad Potencial de Valorización, año 2027.	186
Tabla 77.	Parámetros Escenario Base BFU, año 2016	189
	Escenario Base de BFU en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0	189
Tabla 78.	189	
Tabla 79.	Escenario Base BFU Regional en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0	190
Tabla 80.	Proyección Generación BFU [ton/año].....	191
Tabla 81.	Proyección de la Capacidad Potencial de Reciclaje.....	193
Tabla 82.	Proyección de Generación y Capacidad Potencial de Valorización BFU, año 2027	194
Tabla 83.	Parámetros Escenario Base ALU, año 2016	196
Tabla 84.	Valorización de ALU Año Base, en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0	196
Tabla 85.	Escenario Base Regional ALU, en función de Variables Críticas,, Ecotasa = \$0	197
Tabla 86.	Proyección Generación ALU [m3/año].....	198
Tabla 87.	Proyección de la Capacidad Potencial de Reciclaje de ALU [m3/año].....	200

Tabla 88.	Proyección de la Capacidad Potencial de Valorización Energética ALU [m³/año].	.201
Tabla 89.	Proyección Generación y Capacidad Potencial de Valorización ALU, año 2027202
Tabla 90.	Factores Generación ALU, Sector Vehicular, Industrial y Minero214
Tabla 91.	Factores Generación BFU, Sector Vehicular, Industrial y Minero215
Tabla 92.	Factores Generación NFU, Sector Vehicular, Industrial y Minero215
Tabla 93.	Precios Sociales para Valorización de Impactos222
Tabla 94.	Composición Porcentual ALU228
Tabla 95.	Factores Generación ALU232
Tabla 96.	Generación de ALU 2016 y proyección 2017-2027, por Sector [m³/año]232
Tabla 97.	Escenario Base: Generación y Valorización Potencial ALU, año 2017-2027234
Tabla 98.	Costo de Transporte ALU236
Tabla 99.	Reducción de GEI por Valorización ALU236
Tabla 100.	Parámetro Valorización de Impactos- ALU238
Tabla 101.	Factores Generación BFU245
Tabla 102.	Generación de BFU 2016 y proyección 2017-2027, por Sector [ton/año]246
Tabla 103.	Escenario Base: Generación y Valorización BFU, año 2016-2027248
Tabla 104.	Reducción de GEI por Valorización BFU249
Tabla 105.	Costo de Transporte BFU251
Tabla 106.	Parámetro Valorización de Impactos- BFU252
Tabla 107.	Materiales que componen los Neumáticos de Automóviles, Buses y Camiones254
Tabla 108.	Composición química del neumático254
Tabla 109.	Factores Generación NFU, Neto y Bruto, Sector Vehicular, Industrial y Minero	...258
Tabla 110.	Generación Bruta de NFU y NMFU 2016 y proyección 2017-2027, por Sector [ton/año]	259
Tabla 111.	Escenario Base: Generación Bruta y Valorización NFU y NMFU año 2016-2027	...261
Tabla 112.	Servicios demandados por mayor valorización NFU264
Tabla 113.	Ahorro energético y Reducción de GEI por reciclaje NFU265
Tabla 114.	Ahorro petróleo y Reducción de GEI por Recauchaje266
Tabla 115.	Razón Personal empleado por tonelada valorizada266
Tabla 116.	Parámetro Valorización de Impactos-NFU267
Tabla 117.	Propuesta Metas de Valorización NFU y NMFU285
Tabla 118.	Indicadores de Rentabilidad Alternativa Propuesta Metas NFU286
TABLA 119.	Propuesta Metas de Valorización BFU, sin nueva planta288
Tabla 120.	Indicadores de Rentabilidad Propuesta Metas BFU288

Tabla 121.	Propuesta Metas de Valorización BFU, sin nueva planta.....	288
Tabla 122.	Propuesta Metas de Valorización BFU, Opción Exportación.....	289
Tabla 123.	Propuesta Metas de Valorización ALU	290
Tabla 124.	Indicadores de Rentabilidad Propuesta Metas ALU	291
Tabla 125.	Propuesta Alternativa de Metas de Valorización ALU.....	291
Tabla 126.	Participación de mercado de Neumáticos por Categoría y Glosa de Importación, 2016 308	
Tabla 127.	Participación de Mercado del Neumáticos por Categoría y País de Origen	309
Tabla 128.	Participación de Mercado del Neumático por Categoría e Importador	310
Tabla 129.	Participación de Mercado de Baterías por Categoría y Glosa de Importación, 2016 311	
Tabla 130.	Participación de Mercado de Baterías por Categoría y País de Origen	312
Tabla 131.	Participación de Mercado de Baterías por Categoría e Importador	313
Tabla 132.	Participación de Mercado de Aceites Lubricantes por Categoría y Glosa de Importación, 2016.....	314
Tabla 133.	Participación de Mercado de Aceites Lubricantes por País de Origen	315
Tabla 134.	Participación de Mercado de Aceites Lubricantes por Importador	315
Tabla 135.	Participación de Mercado de Vehículos por Categoría y Glosa de Importación, 2016 317	
Tabla 136.	Participación de Mercado de Vehículos Categoría y País de Origen, 2016	318
Tabla 137.	Participación de Mercado de Vehículos por Categoría e Importador, 2016	319

INDICE de FIGURAS

Figura 1.	Modelo Sistema de Gestión Ley REP	15
Figura 2.	Esquema Metodológico General	17
	Fuentes de Información Primaria	19
FIGURA 3.	19	
Figura 4.	Ciclo de Vida de un Producto y su residuo	21
Figura 5.	Estructura General de un Neumático.....	24
Figura 6.	Ciclo de Vida de los Neumáticos en Chile.	25

Figura 7.	Evolución Ventas de Vehículos Livianos y Medianos 2011- 2017	28
Figura 8.	Evolución Ventas de Camiones y Buses 2011-2017	28
Figura 9.	Vertedero Ilegal de NFU	37
Figura 10.	Incendio en Vertedero de NFU	37
Figura 11.	Participación de mercado de Neumáticos, por Categoría, de acuerdo a Glosa de Importación, 2016	42
Figura 12.	Participación de Mercado de Neumáticos, por Categoría y País de Origen, 2016....	43
Figura 13.	Participación de Mercado de Neumáticos, por Categoría e Importador, 2016	43
Figura 14.	Categorías y Subcategorías para los NFU según su Origen y Tipo de Gestión	47
Figura 15.	Ejes de los vehículos de Transporte de Carga	54
Figura 16.	Destino de NFU en Japón, 2013	72
Figura 17.	Componentes y estructura interna de acumuladores de plomo convencionales	76
Figura 18.	Ciclo de Vida de una Batería Automotriz	79
Figura 19.	Modelos de Baterías Estacionarias	86
Figura 20.	Participación de mercado de Baterías, por Categoría, de acuerdo a Glosa Importación, 2016	87
Figura 21.	Participación de Mercado de Baterías, por Categoría y País de Origen, 2016	88
Figura 22.	Participación de Mercado de Baterías, por Categoría e Importador, 2016	88
Figura 23.	Categorías y Subcategorías de BFU según Composición y Tipo	92
Figura 24.	Ciclo de Vida de Aceites Lubricantes	104
Figura 25.	Principales Consumidores de Aceites Lubricantes	107
Figura 26.	Generación Teórica de Aceite Usado (millones de litros), 2013.	108
Figura 27.	Importación de Aceites Lubricantes de acuerdo a Glosas de Importación, 2016	116
Figura 28.	Participación de Mercado Aceites Lubricantes, por País de Origen	116
Figura 29.	Participación de Mercado Aceites Lubricantes, por Importador	117
Figura 30.	Distribución Regional de Estaciones de Servicio	121
Figura 31.	Distribución de Estaciones de Servicio por Marca	122
Figura 32.	Categorías para los ALU según su Gestión	128
Figura 33.	Participación de mercado de Vehículos por Categoría y Glosa de Importación, 2016	
	138	
Figura 34.	Participación de Mercado de Vehículos, por Categoría y País de Origen, 2016	139
Figura 35.	Participación de Mercado de Vehículos, por Categoría e Importador, 2016	139
Figura 36.	Opciones de Valorización de los NFU's	142
Figura 37.	Recauchaje de Neumáticos Mineros	144

Figura 38.	Planta de Valorización de NFU para transformación en gránulo y polvo	145
Figura 39.	Proceso Pretratamiento de BFU	156
Figura 40.	Proceso Productivo RAM para el Reciclaje de BFU	158
Figura 41.	Participación de Mercado en Recolección y Transporte de ALU, año 2016	160
Figura 42.	Proceso de Tratamiento de CROWAN para purificación de Sentinas y ALU	166
Figura 43.	Proceso Productivo de RE-refinación FUTUROIL	168
Figura 44.	Estrategia	173
Figura 45.	Dimensiones del contexto de la Ley REP	204
Figura 46.	Etapas de Desarrollo de un AGIES para ALU, BFU y NFU	206
Figura 47.	Componentes del Medio Ambiente según NOB	211
Figura 48.	Buenas Prácticas en la Elaboración de un AGIES.....	226
Figura 49.	Impactos de los componentes de la BFU en la Población	242
Figura 50.	Diseño de la Aplicación PRO-META	268
Figura 51.	Herramienta Computacional de Apoyo PRO-META	269
	Hoja ESCENARIO NFU. Sección ESCENARIO LÍNEA BASE	276
Figura 52.	276	
Figura 53.	Hoja ESCENARIO NFU. Sección PROYECCIÓN METAS REP	277
Figura 54.	Hoja ESCENARIO NFU. Sección INDICADORES	278
Figura 55.	Estructura General Bloque: Impactos	281
Figura 56.	Bloque Impacto NFU: Escenario Neto-Valor Presente Beneficios Netos por Metas Valorización	282
Figura 57.	Modelo Sistema de Gestión Ley REP	297
Figura 58.	Ciclo de Vida Integral de Aceites Lubricantes, Baterías y Neumáticos	298
Figura 59.	Etapas Generales e un AGIES.....	300
Figura 60.	Etapas de Desarrollo de un AGIES para ALU, BFU y NFU	301
Figura 61.	Medidas para la Reducir la Generación de NFU y Aumentar la Valorización con Indicadores de Costo-Desempeño	304
Figura 62.	Medidas para la Reducción de BFU con Destino Desconocido con Indicadores de Costo-Desempeño.....	305
Figura 63.	Medidas para Aumentar Valorización de ALU y Reducir Eliminación con Destino Desconocido	306

I. INTRODUCCIÓN

El Ministerio del Medio Ambiente a través de la Subsecretaría del Medio Ambiente requiere contar con antecedentes metodológicos y técnicos que le permitan evaluar económicamente el cumplimiento de metas asociadas a la recolección y valorización de los residuos de productos prioritarios (RPP) de neumáticos, baterías y aceites lubricantes, contenidos en la Ley Marco para la Gestión de los Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje.

El objeto de la Ley REP, tal y como lo menciona el artículo 1º de la misma, corresponde a *“(...) disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente”*.

En este sentido, la misma ley define la responsabilidad extendida del productor como *“un régimen especial de gestión de residuos, conforme al cual los productores de productos prioritarios son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos de los productos prioritarios que comercialicen en el país”*. Dicho régimen implica que los productores de productos prioritarios, entre otras obligaciones, deberán cumplir con ciertas metas de recolección y valorización.

La Ley N°20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (en adelante Ley REP) considera seis productos prioritarios (Art. 10), a saber:¹

- 1. Aceites lubricantes**
2. Aparatos eléctricos y electrónicos
- 3. Baterías**
4. Envases y embalajes
- 5. Neumáticos**
6. Pilas

Junto con establecer estos productos como prioritarios, la ley identifica a los principales actores de la industria: productores, generadores, gestores, distribuidores y comercializadores, y establece las obligaciones específicas a la que estarán sometidos, entre las que se encuentra el cumplimiento de **metas específicas de recolección y valorización** de los residuos provenientes de estos productos a través de la formación de sistemas de gestión individuales o colectivos.

¹ Se indican con negrilla los productos prioritarios que son objeto de esta propuesta.

Se debe considerar que la ley define al Productor de la siguiente forma: “Persona que independientemente de la técnica de comercialización: a) enajena un producto prioritario por primera vez en el mercado nacional. b) enajena bajo marca propia un producto prioritario adquirido de un tercero que no es el primer distribuidor. c) importa un producto prioritario para su propio uso profesional.” Por lo tanto, para efectos de la ley, los importadores son productores cuando se cumple con alguna de las condiciones señaladas.

Por otra parte, los sistemas de gestión actuarán en representación de los productores y deberán encargarse de organizar y financiar la recolección de los RPP (residuos de productos prioritarios) en todo el territorio nacional y velar que su tratamiento se realice por gestores autorizados, con los que se establezcan convenios².

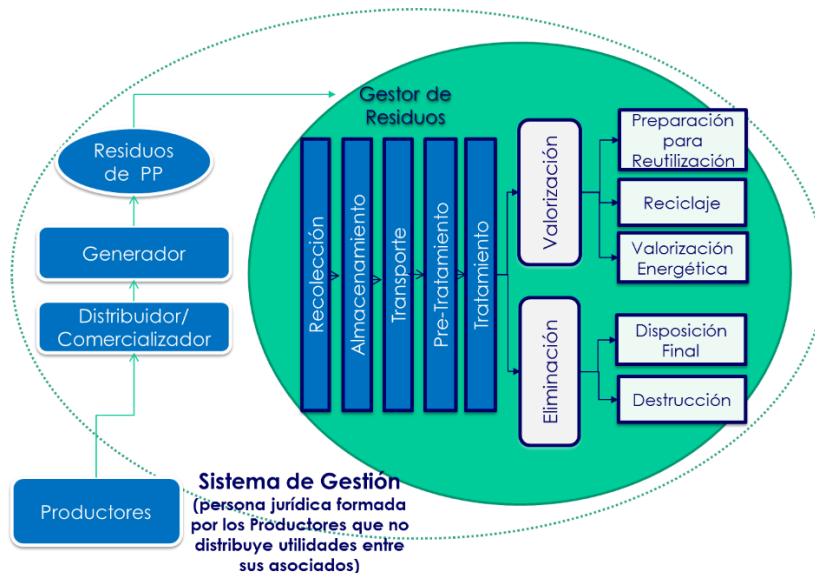
Según lo estipulado en el artículo 12 de la Ley, tanto las metas de recolección como las de valorización de los RPP, serán establecidas mediante decretos supremos dictados por el Ministerio, en relación a la cantidad de productos prioritarios introducidos en el mercado nacional por cada productor, aplicando los principios del gradualismo y de la jerarquía en el manejo de residuos, considerando las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales. A su vez, estos decretos supremos podrán establecer diferencias en las metas en base a consideraciones demográficas, geográficas y de conectividad.

En la reglamentación de la REP, que podrá establecer el MMA conforme a la Ley, se podrán exigir obligaciones como el etiquetado, ecodiseño, diseño de medidas de prevención en la generación de residuos, información de costos de gestión, etc.

Gráficamente, el modelo de la REP se puede representar de la siguiente forma:

² Asimismo, también están autorizados para realizar convenios con municipalidades o asociaciones de municipalidades con personalidad jurídica, destinados a la separación en origen, a la recolección selectiva, al establecimiento y/u operación de instalaciones de recepción y almacenamiento de residuos de productos prioritarios, o a la ejecución de otras acciones que faciliten la implementación de esta ley en sus comunas (artículo 25 de la Ley). Además, los recicladores de base certificados, también podrán participar de la gestión de residuos (artículo 32 de la Ley).

Figura 1. Modelo Sistema de Gestión Ley REP



Fuente: Presentación Taller REP, GESCAM, Abril 2014.

Es importante destacar que la REP nace como respuesta frente a las fallas del mercado que no se hacen cargo de las externalidades negativas asociadas a los residuos. Teniendo en cuenta que la doctrina y los organismos internacionales recomiendan el uso de un abanico amplio de instrumentos de gestión ambiental, la REP es un instrumento de gestión que puede llegar a ser poderoso porque responde a una visión que considera al residuo como un recurso que puede ser la base del desarrollo de nuevos eslabonamientos productivos o nuevas oportunidades de negocio³.

La REP como sistema de gestión ambiental utiliza diversos instrumentos para el logro de sus objetivos, a saber: a) instrumentos económicos, b) instrumentos que procuran la devolución del producto, c) instrumentos que fijan estándares de desempeño, siendo éste último considerado un instrumento de regulación tradicional⁴.

Entre los instrumentos económicos que permiten incentivar el cambio de conducta tanto en productores como consumidores, se pueden identificar los siguientes:

- Impuestos, cargos y tarifas
- Sistemas depósito-reembolso
- Subsidios ambientales
- Sistemas de permisos transables
- Acuerdos Voluntarios.

³ A partir de información obtenida de <http://www.cpl.cl>

⁴ Sachs, Noah, "Planning Funeral at the birth: Extended Producer Responsibility in the European Union and the United States"; Harvard Environmental Law Review, vol 30, p.30.

La utilización de uno u otro depende de las condiciones que se evalúen como más efectivas en cada caso, siendo normalmente los más utilizados los Impuestos, cargos y tarifas y los Sistemas depósito-reembolso⁵.

II. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Conforme a los antecedentes que se indican a continuación, el MMA requiere el servicio de apoyo profesional para el levantamiento de información y elaboración de propuestas metodológicas para la evaluación económica de metas de recolección y valorización de los productos prioritarios contenidos en el Proyecto de Ley REP. En el marco de los TDR fijados por el MMA. Los objetivos del proyecto son los siguientes:

A. OBJETIVO GENERAL

Contar con antecedentes metodológicos y técnicos para la evaluación económica de metas de recolección y valorización y su rentabilización para productos prioritarios neumáticos, baterías y aceites lubricantes, contenidos en la Ley Marco para la Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

1. *Realizar una caracterización actualizada del mercado del producto prioritario neumáticos, aceites lubricantes y baterías, sus categorías y subcategorías.*
2. *Caracterizar y sistematizar los sistemas de recolección y valorización existentes en el país y proponer una estrategia para abordar metodológicamente potenciales sistemas futuros.*
3. *Elaborar una propuesta metodológica para la evaluación económica, ambiental y social de metas de recolección y valorización para los residuos de los productos prioritarios neumáticos, aceites lubricantes y baterías, contenidos en la Ley N° 20.920.*
4. *Proponer y evaluar metas de recolección y valorización para neumáticos, aceites lubricantes y baterías.*

⁵ CEPAL, "Guía Metodológica Instrumentos Económicos para la Gestión Ambiental", 2015.

III. PROPUESTA METODOLÓGICA

Para el desarrollo del presente estudio se utilizará una metodología de tipo exploratoria y analítica, cuyo esquema de desarrollo considera cuatro Fases: Evaluación de la Situación Actual, Análisis Integrado, Diseño (en base al AGIES) y Establecimiento de Metas, las que se corresponden con los componentes solicitados en los Términos de Referencia y que están asociados a cada objetivo específico.

Además, el cuadro a continuación, sintetiza para cada Fase, los Objetivos, las Actividades, la Metodología y los Productos correspondientes, esto es, Línea de Base, Estrategia, Herramienta Computacional de Apoyo y Metas.

Figura 2. Esquema Metodológico General

FASE	EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	ANALISIS INTEGRADO	DISEÑO EN BASE A AGIES	ESTABLECIMIENTO DE METAS
Objetivos	Realizar una caracterización actualizada tanto del mercado de los productos prioritarios neumáticos, aceites lubricantes y baterías, sus categorías y subcategorías, como de sus residuos.	Caracterizar y sistematizar el manejo de residuos (sistemas de recolección y valorización) existentes en el país y proponer una estrategia para abordar metodológicamente potenciales sistemas futuros para neumáticos, aceites lubricantes y baterías.	Elaborar una propuesta metodológica para la evaluación económica, ambiental y social de metas de recolección y valorización para los residuos de los productos prioritarios neumáticos, aceites lubricantes y baterías, contenidos en la Ley N° 20.920.	Proponer y evaluar metas de recolección y valorización para neumáticos, aceites lubricantes y baterías.
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Levantar información y antecedentes 2. Caracterizar el proceso de generación de residuos. 3. Caracterizar y cuantificar el proceso de manejo 4. Sistematizar la información levantada en bases de datos. 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Caracterizar los actuales sistemas de recolección y valorización existentes en el país 6. Sistematizar en bases de datos la información recopilada sobre el manejo de residuos existente en el país. 7. Proponer una estrategia para abordar potenciales sistemas de gestión de residuos futuros (Escenarios) 	<ol style="list-style-type: none"> 8. Proponer una metodología general para la evaluación. 9. Detallar la metodología propuesta en la actividad 3.8 para la elaboración de un AGIES. 10. Sistematizar la metodología propuesta en una herramienta computacional 11. Desarrollo de una guía explicativa de la metodología y el modelo computacional que la sistematiza. 	<ol style="list-style-type: none"> 12. Proponer metas de recolección y valorización. 13. Evaluar los costos y beneficios e indicadores económicos respecto de la implementación de las metas. 14. Describir cualitativamente aquellos impactos que no sean factibles de valorar. 15. Identificar e incorporar mejoras a la metodología y modelo propuestos. 16. Elaborar un documento estilo policy brief.
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de información secundaria • Definición de parámetros relevantes • Entrevistas con actores clave 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de información secundaria • Entrevistas con actores clave • Reuniones internas con contraparte 	<ul style="list-style-type: none"> • AGIES • Sistematización del Modelo 	<ul style="list-style-type: none"> • AGIES • Discusión de resultados contraparte • Taller Interno Capacitación
Productos	Línea de Base	Estrategia	Herramienta Computacional de apoyo (Excel)	Metas

Fuente: Elaboración propia

Para efectos de investigar la Situación Actual se realizará una caracterización de las actividades y procesos involucrados en el ciclo de vida de cada uno de los productos y de los residuos de los productos prioritarios objeto de este estudio, identificando puntos de generación, distribución, recolección, transporte, pre-tratamiento, tratamiento de la recuperación y reciclaje de estos residuos, de manera de levantar todos aquellos elementos que permitirán sentar la Línea Base respecto de la cual se plantearán los escenarios a evaluar.

La experiencia nacional de empresas que participan en las etapas de la valorización de estos residuos (Gestores), permite observar que en muchos casos, se han desarrollado con limitaciones a través de actores informales como los recicladores de base y pseudo-empresas de tamaño muy pequeño dedicadas al almacenamiento de residuos. En muchos casos, sobre todo en Regiones donde no existen plantas valorizadoras cercanas, esta actividad se ve enfrentada a lograr un volumen suficiente que permita viabilizar económicamente el transporte hacia alguna planta de valorización en la Región Metropolitana u otras regiones con mayor industrialización. Por su parte, las plantas valorizadoras deben asegurar volúmenes de material suficiente que les garantice las economías de escala que haga factible su operación en el tiempo.

La información obtenida de fuentes primarias se realizará mediante entrevistas a los actores relevantes del mercado. La información de fuentes secundarias se obtendrá a través de una completa revisión bibliográfica que incluirá estudios previos realizados por éste y otros consultores, información disponible en internet relativa al mercado y sus actores principales, las asociaciones gremiales que agrupan a los productores, importadores y la industria relacionada.

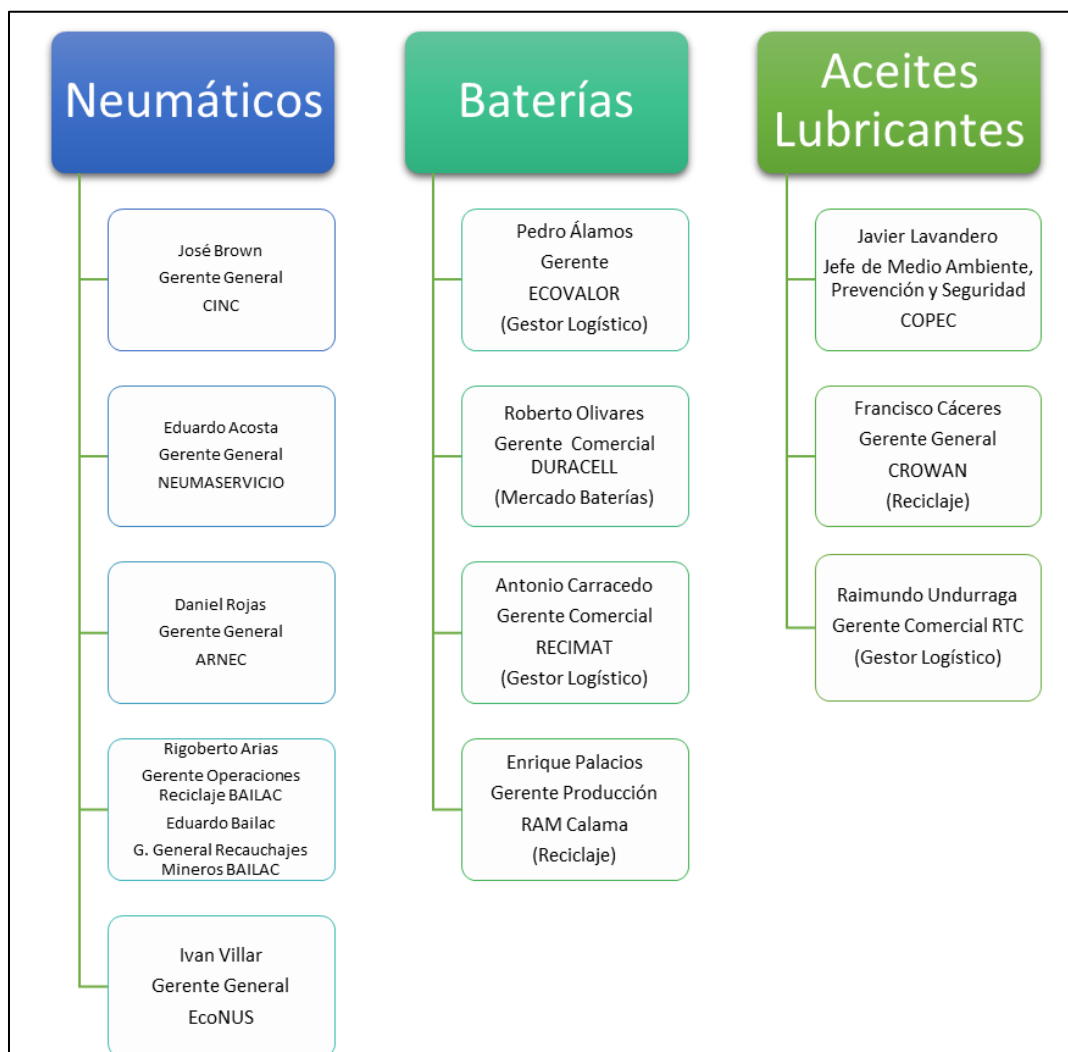
Para la caracterización y dimensionamiento del mercado de los productos prioritarios objeto de este estudio, se utilizará la Base de Datos de Importaciones de Aduana, identificando por Posición Arancelaria las glosas de importaciones de neumáticos, baterías y aceites lubricantes, puesto que con excepción de una pequeña proporción de neumáticos de alta gama que se produce en Chile, todo el consumo nacional de esos productos es de origen importado.

Por otra parte, la situación general de los residuos del sector transporte en Chile, puede analizarse a través de varios estudios que se han desarrollado para el Ministerio de Medio Ambiente y el Consejo de Producción Limpia, todos ellos basados en estimaciones orden general. Con el objeto de mejorar la estimación de la cantidad de residuos generados cada año, en el estudio desarrollado por GESCAM, “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes”, contratado mediante licitación pública a GESCAM por el CPL, se identificaron aquellas variables relevantes que permitieron establecer factores de generación de residuos para los ALU, BFU y NFU, dependiendo del tipo de vehículo (liviano, transporte de pasajeros, carga u OTR minero) y la actividad que desarrollaba (uso doméstico, laboral).

A partir de dichos factores, se cuantificó la generación de los residuos del transporte a nivel nacional, regional y comunal, utilizando como base la distribución de vehículos a través de la Encuesta Nacional de Vehículos en Circulación del INE. Para el sector minero, en cambio, se determinaron factores de generación en base a las toneladas de mineral fino procesado y/o en base a las cifras de importaciones, cuando no se obtuvo una buena correlación con la realidad a partir de dichos factores.

Dentro del marco de este estudio, dicha metodología fue validada por los principales actores del mercado en cada uno de los rubros estudiados (CINC para NFU, RAM-RECIMAT para BFU y COPEC para ALU).

Figura 3. Fuentes de Información Primaria



COMPONENTE 1

IV. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LOS PRODUCTOS PRIORITARIOS Y SUS RESIDUOS (NFU, BFU Y ALU)

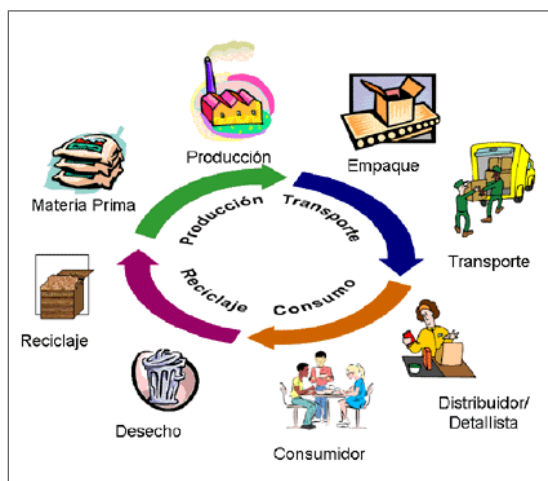
Para efectos de caracterizar el mercado de los tres productos prioritarios objeto de este estudio y sus residuos, Neumáticos Fuera de Uso (NFU), Baterías Fuera de Uso (BFU) y Aceites Lubricantes Usados (ALU), en primer lugar se caracterizan de acuerdo a categorías y subcategorías, para luego realizar un levantamiento de la siguiente información:

- Actores relevantes del mercado, esto es, número de empresas productoras, distribuidoras y comercializadoras.
- Normativas que los rigen
- Producción nacional e importaciones
- Evolución del sector y proyecciones
- Ciclo de vida de los productos
- Variables que permitan caracterizar su vida útil
- Mercado actual para los residuos de los productos prioritarios
- Demanda potencial de los productos resultantes de la valorización de los residuos en estudio
- Otros parámetros relevantes

Las categorías se basan en criterios relevantes de manejo o valorización para cada uno de los residuos prioritarios, por ejemplo, origen (vehicular, industrial, minero), peligrosidad (peligroso, no peligroso), opciones de valorización (preparación para reutilización, reciclaje o valorización), etc. Las subcategorías corresponden a subgrupos relevantes dentro de estas categorías, preliminarmente definidas. La idea es que las Categorías y las Subcategorías sean funcionales a la definición y cumplimiento de metas de recolección y valorización, de esta forma cuando se establezcan metas para los residuos de una determinada Categoría o Subcategoría, debieran tener elementos en común (logística de recolección, almacenamiento, etc.) de modo que se facilite las sinergias entre ellos.

Esta caracterización permite levantar información respecto de la Situación Actual. Para estos efectos se recurre al análisis de información primaria y secundaria, de acuerdo a la metodología señalada anteriormente. Para ello resulta muy importante el estudio del ciclo de vida de los productos y sus residuos asociados.

Figura 4. Ciclo de Vida de un Producto y su residuo



Fuente: <http://www.cegesti.org/>

Este análisis permite identificar los puntos de generación, recolección⁶, almacenamiento, transporte, pre-tratamiento y tratamiento, identificando preliminarmente, potenciales mejoras asociadas a cada una de las etapas señaladas manera que se pueda facilitar su reutilización y/o reciclaje, así como reducir el impacto ambiental de los residuos que inevitablemente se generen, lo cual también puede derivar en recomendaciones de normas adecuadas para el ingreso de las importaciones de los Productos Prioritarios (PP).

Otro aspecto importante de analizar es la infraestructura y organización del mercado para cada uno de los productos y cómo esta infraestructura servirá de apoyo a la logística de recolección, almacenamiento y transporte para que los residuos puedan ser finalmente valorizados. Es así como además de analizar el universo de importadores, se estudian los distribuidores y los canales de comercialización al consumidor final. Es importante destacar que los mercados de estos tres productos se cruzan y tanto es así, que las cadenas de ferreterías más grandes de Chile, tales como Sodimac e Easy, son distribuidoras y comercializadoras de Aceites y Lubricantes, Baterías y Neumáticos en Chile. A lo largo de todo Chile, Sodimac cuenta con 74 sucursales, mientras que Easy cuenta con 34.

Por otra parte, Derco y Gildemeister, dos grandes importadores de baterías, neumáticos y aceites lubricantes, y con una extensa red de puntos de venta a lo largo de todo Chile, formaron la empresa ECOVALOR que juega el rol de gestor de los residuos para estos tres productos. Véase en Anexo 6, la red asociada a Ecovalor y Emasa, otro gran importador pero de aceite industrial.

⁶ De acuerdo a la Ley REP, N°19.920, 20.920, recolección se define como “operación consistente en recoger residuos, incluido su almacenamiento inicial, con el objeto de transportarlos a una instalación de almacenamiento, una instalación de valorización o de eliminación, según corresponda. La recolección de residuos separados en origen se denomina diferenciada o selectiva”.

Otros de los principales distribuidores y comercializadores de Aceites y Lubricantes, Baterías y Neumáticos en Chile, corresponde a los talleres mecánicos, donde solamente en Santiago se cuenta con alrededor de 1.280 talleres⁷.

Toda esta información permite construir un repositorio de información actualizada que se consolida en una Base de Datos de consulta.

En relación con la normativa asociada y que da el marco jurídico-normativo a estos mercados, al respecto cabe señalar, que tanto aceites lubricantes, baterías y neumáticos no tienen una regulación acabada en nuestro país, lo cual podría resultar obvio debido al carácter abstracto de la ley, y que sus reglamentos no pueden extenderse a puntos que no hayan sido considerados por ésta, pero aun así, siendo todos productos prioritarios de la Ley N° 20.920, se espera un marco normativo más extenso en la materia, ya que salvo contadas excepciones que se analizan a continuación, a lo largo del ciclo de vida de estos productos/residuos, es la autorregulación técnica y económica la que prima, a través de las normas oficiales del Instituto Nacional de Normalización, y los acuerdos de producción limpia.

En nuestro país, con la Ley N° 20.416 que fija normas especiales para las empresas de menor tamaño, específicamente en su artículo décimo, se fija la Ley de Acuerdos de Producción Limpia, entendido éstos como “el convenio celebrado entre un sector empresarial, empresa o empresas y él o los órganos de la Administración del Estado con competencia en materias ambientales, sanitarias, de higiene y seguridad laboral, uso de la energía y de fomento productivo, cuyo objetivo es aplicar la producción limpia a través de metas y acciones específicas”. El órgano encargado de su coordinación es el Consejo para la Producción Limpia, creado por Acuerdo del Consejo de la CORFO N° 2091, de 2000, que creó el “Comité de Fomento a la Producción Limpia”, cuya denominación fue modificada a “Consejo Nacional de Producción Limpia – CPL”, mediante Acuerdo del Consejo señalado, N° 2.208, de 2002, el cual tiene como misión “impulsar, desarrollar y ejecutar la Política de Fomento a la Producción Limpia, desarrollando incentivos a que fomenten el uso de prácticas de producción limpia a través de la incorporación de las tecnologías limpias en los procesos productivos, en un marco de diálogo y participación público privado”, esto según el artículo 2° del Reglamento del Comité “Consejo Nacional de Producción Limpia”, establecido en la Resolución N° 303 (CORFO), de 2007.

Ahora bien, en relación a los productos prioritarios objeto de este estudio, existen cuatro (4) APL relevantes, los cuales son:

7

<https://2gis.cl/santiago/search/Talleres%20mec%C3%A1nicos/rubricId/14214606582981457/tab/firms?queryState=zoom%2F11>

- Acuerdo para la Producción Limpia: Prevención y Valorización de los Neumáticos Fuera de Uso (2009)
- Acuerdo para la Producción Limpia: Empresas de recauchaje de neumáticos (2016)
- Acuerdo para la Producción Limpia: Manejo responsable de baterías automotrices fuera de uso (2017)
- Acuerdo para la Producción Limpia: Manejo responsable de aceites lubricantes usados (2017)

Cabe señalar que el primero de éstos, fue suscrito a finales de la década anterior, momento en el cual la responsabilidad extendida del productor era tan sólo un anhelo entre los sectores ambientalistas preocupados de la gestión de residuos en nuestro país. Caso contrario es el de los tres últimos, los cuales tienen como marco normativo la Ley N° 20.920, pues nace la necesidad para la industria el autorregular sus procesos en relación a tres productos prioritarios de la ley.

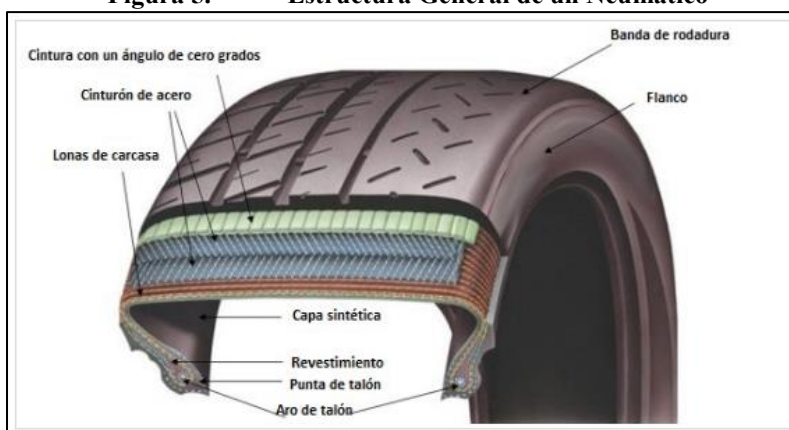
En efecto, los APL aquí mencionados tienen como enfoque la minimización de los residuos generados, una correcta valorización, eludiendo en lo posible la disposición final de ALU, BFU y NFU.

Finalmente, a partir del análisis de cada uno de estos elementos para los productos prioritarios objeto de este estudio, será posible identificar los parámetros y variables clave en cada caso, lo cual constituirá la base de un modelo que permitirá sensibilizar estas variables para la evaluación de metas REP y su impacto social, ambiental y económico en el país.

A. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LOS NEUMÁTICOS Y SUS RESIDUOS

Un neumático es una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas, cuya función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el suelo o pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía. Los neumáticos generalmente tienen hilos de acero que los refuerzan, dependiendo de la orientación de estos hilos, se clasifican en diagonales o radiales, siendo éstos últimos el estándar para casi todos los automóviles actuales.

Figura 5. Estructura General de un Neumático



Fuente: <http://www.oponeo.es/articulo/estructura-de-los-neumaticos-la-funcion-de-cada-uno>

En forma general, las componentes de un neumático son las siguientes:

Tabla 1. Componentes de un Neumático (% en peso)

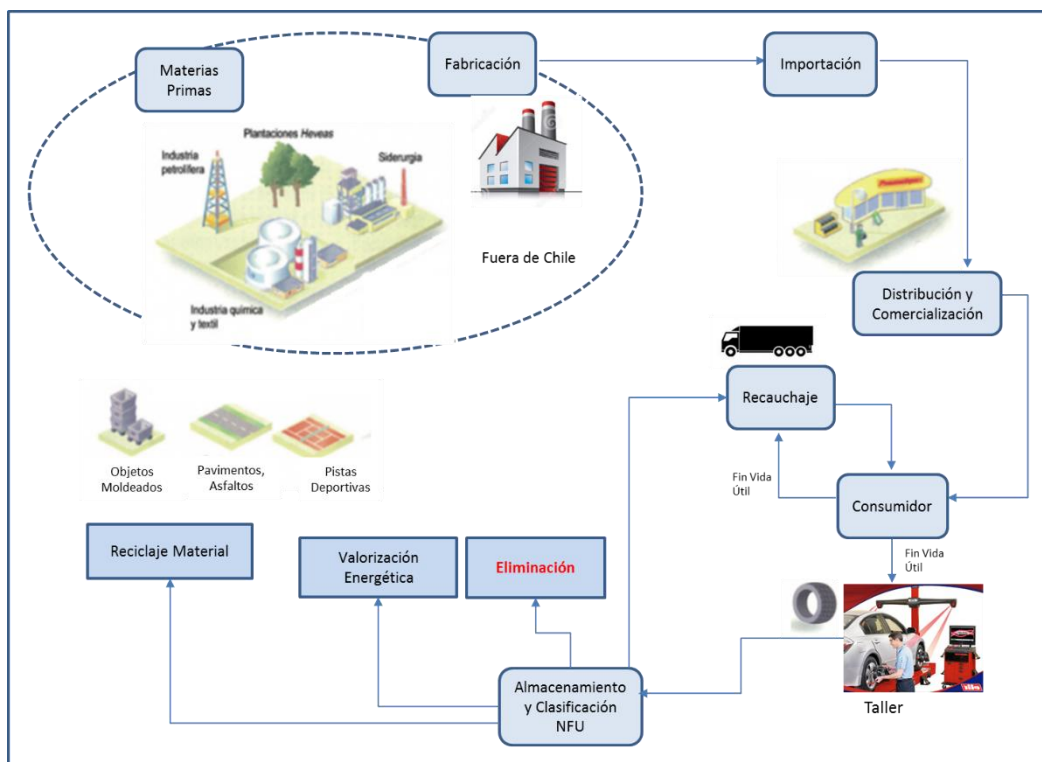
Componente	Tipo de vehículo	
	Automóviles y camionetas	Camiones y Microbuses
Caucho natural	14%	27%
Caucho sintético	27%	14%
Negro de Humo	28%	28%
Acero	14%-15%	14%-15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16%-17%	16%-17%
Peso promedio	8,6 kg	45,4 kg
Volumen promedio	0,06 m3	0,36 m3

Fuente: “Materiales y Compuestos para la industria del neumático”, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Diciembre 2008 y en “Evaluación de Impacto: Acuerdo de Producción Limpia Prevención y Valorización de Neumáticos Fuera de Uso”, CINC, Diciembre 2013.

1. Ciclo de vida de los Neumáticos y los NFU

El Ciclo de Vida de un neumático y posteriormente sus residuos, se puede representar de la siguiente forma.

Figura 6. Ciclo de Vida de los Neumáticos en Chile.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura presenta cada una de las etapas y actores que deben intervenir para la producción de un neumático y su posterior transformación en un residuo o Neumático Fuera de Uso, convencional o minero, NFU y NMFU, respectivamente.

El proceso se inicia con la fabricación de un neumático nuevo para lo cual se requiere de las materias primas e insumos necesarios. Luego de su fabricación o importación, el neumático se coloca en el mercado mediante los distribuidores mayoristas que venden directo a los grandes usuarios y el comercio minorista que vende a pequeñas empresas y personas naturales que requieren neumáticos para sus vehículos particulares.

Una vez que el neumático alcanza el fin de su vida útil, las empresas del transporte de buses y camiones, si tienen el recauchaje entre sus políticas, pueden aplicar este tratamiento a sus neumáticos para extender la vida útil del mismo, en cuyo caso el neumático se repara y/o recaucha y vuelve a ser utilizado sin transformarse en un NFU, hasta que técnicamente ya no sea posible aplicar este procedimiento. En el caso de los consumidores particulares, cuyos neumáticos no son recauchables, los mismos se transforman en NFU al final de su vida útil (aproximadamente a los 100.000 km⁸), pudiendo ser retirados normalmente en un taller mecánico el cual se encarga de su eliminación, o bien, quedan en poder del generador, sin un destino claro.

Actualmente las alternativas de valorización son muy escasas en Chile y la disponibilidad de NFU supera ampliamente la demanda de las empresas que procesan el caucho para la obtención de gránulo que permite fabricar productos post formados, o quienes lo valorizan energéticamente al utilizarlo como combustible alternativo en hornos de alta temperatura (cementeras). Se debe recordar además, que los neumáticos usados no son recibidos en rellenos sanitarios, salvo excepciones, no existiendo alternativas legales de disposición final.

Mientras no exista demanda explícita para los subproductos del caucho reciclado o no se compensen las inversiones que es necesario realizar para reemplazar los combustibles tradicionales por NFU enteros o en gránulos, el mercado no se desarrollará a una velocidad suficiente que permita valorizar la gran cantidad de residuos de neumáticos que se generan anualmente.

Sin embargo, la ley REP que considera los neumáticos como un producto prioritario, permitirá resolver gradualmente esta problemática, imponiendo obligaciones a los productores e importantes incentivos de carácter económico y normativo para que realicen una gestión adecuada de sus residuos, posibilitando la generación de nuevos eslabonamientos productivos para avanzar en esta dirección y dar así cumplimiento a las metas de recolección y valorización que impondrá la Autoridad.

⁸ Shmuel L. Weissman, Jerome L. Sackman, David Gillen, Carl Monismith, "Extending the Lifespan of Tires: Final Report". Symplectic Engineering Corporation y University of California at Berkeley July 2003 (<http://www.calrecycle.ca.gov/Archive/IWMBMtGDocs/mtgdocs/2003/08/00012317.pdf>)

2. Actores relevantes del mercado de los Neumáticos y los NFU

Los actores formales en la cadena económica del neumático antes de convertirse en residuo, son los productores⁹, distribuidores, comercializadores, generadores (consumidores). Una vez que el neumático requiere ser reemplazado, por lo general, el consumidor se dirige a un taller mecánico o servicentro que se convierte por defecto en un gestor, que recolecta y almacena temporalmente los NFU, previo a su eliminación.

También existe la posibilidad que el generador pertenezca al sector transporte de carga o pasajeros y someta sus neumáticos a un proceso de recauchaje, en cuyo caso, ese neumático no se convierte en un residuo, si no que se somete a este proceso de valorización que le permitirá extender su vida útil. Para efectos de la ley, este proceso se denomina Preparación para Reutilización.

Una vez que el neumático se convierte en residuo, existe un mercado formal y otro informal de recolección y almacenamiento, conducente a tratamientos de valorización o eliminación.

Fabricantes e Importadores

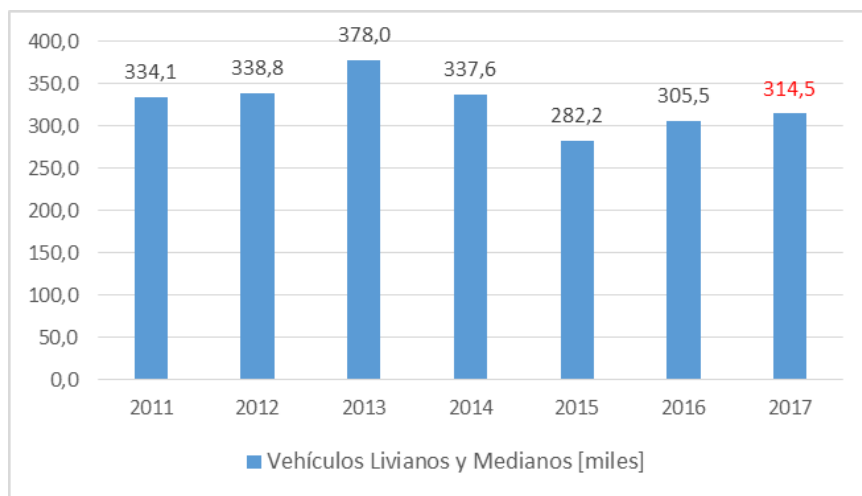
El ciclo de vida de los neumáticos en Chile comienza con su fabricación o importación.

Los neumáticos importados pueden entrar montados en un vehículo denominándose “equipo original” mientras que los que entran al país desmontados, son denominados “neumáticos de reposición”. Prácticamente todos los neumáticos que ingresan al país lo hacen a través de importadores, ya sea como componente de un vehículo nuevo o como neumático de reposición.

El ingreso de neumáticos como componente de un vehículo, puede estimarse a través de las cifras históricas y por la proyección de ventas 2017 del mercado automotriz, tanto para vehículos livianos y medianos (pasajeros, SUV, camionetas y comerciales), como para camiones y buses, tal como se muestra en los gráficos siguientes.

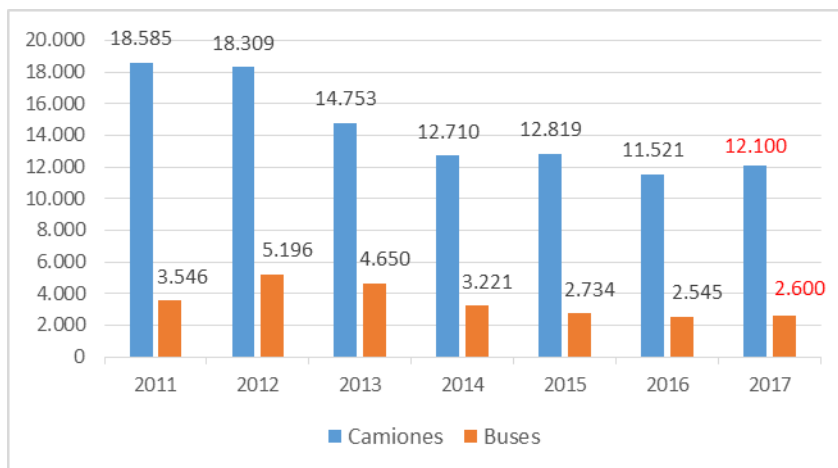
⁹ En Chile, sólo Goodyear es fabricante de neumáticos con una porción muy pequeña del mercado nacional. Por lo tanto, la categoría Productores corresponde a todos los importadores de neumáticos de reposición y los importadores de vehículos que los ingresan a Chile como componente de un vehículo.

Figura 7. Evolución Ventas de Vehículos Livianos y Medianos 2011- 2017



Fuente: Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G. (ANAC), Enero 2017. Cifras 2017, proyectadas por ANAC en base a variables económicas del país.

Figura 8. Evolución Ventas de Camiones y Buses 2011-2017



Fuente: Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G. (ANAC), Enero 2017. Cifras 2017, proyectadas por ANAC en base a variables económicas del país.

A partir de estas cifras de ventas de vehículos, se puede estimar la cantidad de neumáticos nuevos que ingresan al país año a año, alcanzando el 2016 una cantidad cercana a los 1.700.000 neumáticos¹⁰.

¹⁰ Para este cálculo, se utilizan la composición de las ventas del año 2016 que señala 11.521 camiones, 2.545 buses y 305.500 automóviles. Aplicando la cantidad de neumáticos promedio asociado a este tipo de vehículo y sumando el neumático de repuesto, se obtiene la cantidad total de neumáticos ingresados el año 2016 habría sido de 1.773.940 $[11521*(18,8+1)+2545*(6,2+1)+305500*(4+1)]$.

En relación con los neumáticos de reposición, la única empresa que produce neumáticos en Chile es Goodyear, sin embargo, su participación en el mercado nacional es muy menor (2-3%) puesto que fabrica un producto premium, para autos de alta gama, cuyo destino principal es la exportación¹¹. Es así como el consumo nacional de neumáticos de reposición es satisfecho en un 98% con importaciones, con un total aproximado de 400 importadores para todas las categorías de neumáticos y vehículos¹²

Según la Cámara de la Industria del Neumático en Chile, CINC, el año 2016, se importaron 4.679.783 neumáticos¹³, como se observa en la tabla a continuación.

Tabla 2. Importaciones de Neumáticos según Glosa Arancelaria y/o Característica de los Neumáticos, 2016

Tipo de neumático según sus características	Tipo de neumático según código arancel aduanero				Total general
	AGRICOLA FORESTAL E INDUSTRIAL	AUTO Y CAMIONETA	CAMION Y BUS	MINERIA Y CONSTRUCCION	
AGRICOLA FORESTAL E INDUSTRIAL	86.639	1.891	12.097	11.704	112.331
AUTO Y CAMIONETA	715	2.694.879	905.488	2.439	3.603.521
CAMION Y BUS	3.292	19.991	910.276	991	934.550
MINERIA Y CONSTRUCCION	10.529	46	139	18.667	29.381
Total general	101.175	2.716.807	1.828.000	33.801	4.679.783

Fuente: CINC, marzo 2017.

Esta tabla fue construida por la CINC a partir de las bases de datos de importaciones, sin embargo se observa que fue necesario interpretar los registros en base a las descripciones realizadas en otros campos de la base de datos para tratar de obtener información más precisa, pues no basta con la glosa ni con la descripción del producto debido a que los importadores tratan de disfrazar las cifras para mantener difusa su participación de mercado en las diferentes categorías de neumáticos para vehículos.

Las cifras de cantidad de neumáticos importados que se registran en la Bases de Datos de importaciones son bastante confusas puesto que tampoco hay una unidad común, es decir, el campo denominado “Cantidad Unidades Físicas” está asociado a alguna de las siguientes descripciones: “unidades”, “piezas”, “sets”, “juegos”, “pares”, “cajas”, “paquetes” y múltiples variaciones de las anteriores. En opinión de este Consultor, a partir de esta descripción, en la gran mayoría de los casos, no es posible determinar la cantidad de neumáticos asociado a cada registro de importación, más aun considerando que son casi 15.700 registros, por lo que el error asociado es sin duda muy importante cuando se realiza alguno o varios supuestos para interpretarlos.

¹¹Entrevista Sr. Iván Villar, Gerente General en EcoNUS y ex Gerente de la CINC.

¹² Base de Datos de Importaciones de Aduana, 2016.

¹³CINC, Cámara de la Industria del Neumático en Chile, Marzo 2017.

Sin embargo, la CINC en base a un estudio detallado de los registros de importación que ciertamente vienen a reemplazar neumáticos desechados, logró establecer la siguiente estimación de producción e importación de neumáticos nuevos y de generación neta de neumáticos fuera de uso.

Tabla 3. Producción e Importación de Neumáticos en Chile

Año	Neumáticos [unidades]		
	Producción	Importación	Total
2016	95.506	4.679.783	4.775.289

Fuente: CINC 2016.

Tabla 4. Estimación Generación Neta NFU y NMFU en base a Registros de Importación

Origen Generación NFU	2015	2016	2017
	[ton]	[ton]	[ton]
Agrícola, forestal e industrial	5.794	6.284	6.394
Autos y camionetas	31.298	34.213	34.812
Camión y buses	44.513	45.118	45.908
Minería y construcción	44.743	44.571	45.351
Otros	4.168	1.665	1.694
Generación total	130.516	131.851	134.158

Fuente: CINC 2016.

Se debe considerar que la estimación de neumáticos fuera de uso corresponde a la generación neta, lo cual se refiere a la generación de NFU y NMFU que en definitiva fue necesario reemplazar por neumáticos nuevos, puesto que existe una proporción de neumáticos que a pesar de haber cumplido su vida útil y técnicamente haberse convertido en residuos, fueron sometidos a un proceso de recauchaje, por lo que al extendió su vida útil, saliendo de la corriente de residuos, evitando su importación y reemplazo.

De lo anterior se deduce que para obtener la generación total o bruta de neumáticos fuera de uso es necesario considerar no sólo aquellos neumáticos que fue necesario reemplazar porque finalizaron su vida útil, si no también aquellos que se evitó su generación porque fueron sometidos a un proceso de Preparación para la Reutilización, denominado recauchaje.

Por lo tanto, para determinar la cantidad de neumáticos fuera de uso que se generan en el país, se utilizará la metodología desarrollada por GESCAM asociada a Factores de Generación de residuos en base al tipo de vehículo y actividad en el caso del transporte, lo que determina la frecuencia de reemplazo, el tamaño de los neumáticos y su peso promedio ponderado¹⁵; y en el caso de la minería, en base a la cantidad de toneladas de material fino producido. Esta metodología que entrega cifras consistentes con las estimaciones obtenidas por la CINC, permite además extender el análisis a nivel regional puesto que se basa en la Encuesta del Parque Automotriz del INE para el caso del transporte, y en la producción minera regional en el caso de la minería. Los detalles de la misma se explican en el punto 8 de este Capítulo.

En función de la estimación de la CINC basada en los registros de importación de Aduana, es posible estimar que la cantidad de neumáticos nuevos que ingresaron al país durante el 2016 fueron 6.379.783 (1.700.000 como componentes de un vehículo nuevo más 4.679.483 como neumáticos de reposición para vehículos usados).

Distribución y Comercialización

Si el neumático ingresa al país por medio de una importadora de gran tamaño son trasladados a bodegas desde donde son despachados hacia los distintos puntos de comercialización asociados, mientras que si lo hace a través de una importadora pequeña y con una red de distribución menor, los neumáticos se entregan directamente a las bodegas donde son vendidas al por mayor o al detalle.

Consumidor (generador de NFU y NMFU)

Para efectos de este estudio, los consumidores corresponden a aquellas personas naturales o jurídicas que requieren neumáticos de reposición para los vehículos que utilizan, una vez que se ha producido el desgaste de los neumáticos.

Una vez que los neumáticos de vehículos livianos cumplen su vida útil o que los neumáticos de vehículos de transporte de pasajeros o de carga ya no se pueden seguir reencauchando, pasan a ser neumáticos fuera de uso.

El cambio de neumáticos de vehículos livianos se realiza en talleres especializados (sean externos o propios, por ejemplo, de una empresa de transporte) y por lo general, los NFU que ahí se generan desaparecen en destinos desconocidos debido principalmente a que éstos no tienen un mercado y deshacerse de ellos es costoso.

¹⁵CINC, “Peso Promedio de Neumáticos Nuevos”, 2017.

Por otra parte, en el sector industrial y particularmente en el sector minero, las plantas acumulan los NMFU como pasivo ambiental a la espera de una solución, dado que a la fecha no se han visualizado alternativas atractivas para su valorización.

Empresas de Valorización (Preparación para la Reutilización: Recauchaje)

Existe una técnica llamada reencauche (comúnmente llamado recauchaje) que se puede aplicar a los neumáticos compuestos por una carcasa y una banda de rodamiento y que son utilizados en vehículos de mayor envergadura. Por lo tanto, una vez que un neumático recauchable cumple su ciclo de desgaste, se puede recauchar, previo análisis de factibilidad técnica. En caso positivo, se aplica la técnica, aumentando varias veces su vida útil.

Con el fin de potenciar esta actividad, en diciembre 2012 fue fundada la Asociación de Recauchadores y Renovadores de Chile A.G., ARNEC, que tiene por objetivo estandarizar e impulsar la industria, dentro de un marco regulado pero competitivo. Los principales socios de ARNEC y que coincide con las principales empresas del mercado para esta actividad son:

- Recauchajes INSAMAR Ltda.
- NEFEX S.A.
- NEUMASERVICIO Ltda.
- RIO PUELO S.A.
- TRIGGS S.A.
- TRUCK CENTER Ltda.
- AA Comercial Recauchajes Ltda.
- Industria Recuperadora de Neumáticos S.A.C. e I.
- Recauchajes RECAUFLEX Ltda.
- Comercializadora de Neumáticos BACON Ltda.
- Recauchajes Francisco Llach S.A.
- Recauchajes BAILAC THOR Ltda.
- VIPAL Chile S.A.
- MARANGONI
- BAILAC (minería)

Se estima que la cantidad promedio de reencauches al que se puede someter un neumático de vehículo pesado es 3 veces, sin embargo, dándole a los neumáticos los cuidados y las mantenciones adecuadas, este número incluso puede ser superior.

El problema de esta técnica es que está desprestigiada porque en Chile no existía hasta el año 2016, una norma de recauchaje y por lo tanto, las malas prácticas de algunos actores del mercado que recauchan cualquier neumático de cualquier calidad, se perjudica gravemente esta actividad con un gran potencial de desarrollo. Una de estas malas prácticas es la denominada “cocinilla”, que consiste en que un recauchador compra a bajo precio

cualquier tipo de neumático, sin importar si es recauchable o no, le aplica una banda de caucho y lo vende con una garantía. Si el cliente que lo compra tiene algún problema, reclama y el recauchador se lo cambia, puesto que lo adquirió a bajo costo, entregándole otro neumático recauchado de iguales características.

Esta práctica ha desprestigiado la técnica de recauchaje que realizada de manera profesional puede aumentar varias veces la vida útil de un neumático, siendo una práctica fundamental para disminuir la cantidad de NFU que se generan anualmente.

En Chile, la relación de venta entre un Neumático Nuevo (NNu) versus uno Renovado (NRe) es muy inferior a la de Reino Unido, Brasil y EEUU, siendo la relación totalmente inversa, tal como se aprecia en el siguiente cuadro que hace referencia a estadísticas del año 2014.

Tabla 5. Relación NNu/NRe

País	Relación NNu/NRe
UK	1 / 1,5
Brasil	1 / 1,4
EEUU	1 / 1,3
Italia	1 / 1,2
Ecuador	1 / 1,0
México	1 / 0,7
Chile	1 / 0,3

Fuente: ARNEC, Octubre 2014.

Las tasas de recauchaje en Chile siguen su tendencia a la baja, puesto que según datos entregados por ARNEC, la relación entre un Neumático Nuevo (NNu) y uno Neumático Renovado o Recauchado (NRe) fue de 1/0,2 durante el año 2016.

Sin embargo, en el sector minero, donde los neumáticos representan un insumo de alto costo, la mayoría de las empresas tienen contratos con sus proveedores en los que se establece, más que la venta de un neumático, una cantidad de kilómetros recorridos, dado que los proveedores son los que se encargan de mantenerlos en ruedo mediante un buen reencauche o recauchaje.

Las principales compañías mineras de Chile somete a recauchaje sus neumáticos, siendo BAILAC una empresa pionera y especialista en la minería, especialmente de neumáticos gigantes (aros 57" y 63").

Empresas de Valorización: Reciclaje y Valorización Energética

Luego que en el año 2009 se firmara un Acuerdo de Producción Limpia entre el CPL y la Cámara de la Industria de Neumático de Chile (CINC), conformada por las empresas Bridgestone-Firestone, Goodyear, Pirelli y Michelin, se creó la empresa POLAMBIENTE S.A., primera empresa en reciclaje de NFU en el país, constituyéndose como un actor fundamental dentro de este sector, puesto que en el año 2012 recicló aproximadamente unas 9.000 ton de NFU no mineros, significando un incremento sustantivo respecto del 2008, donde el reciclaje alcanzaba apenas las 480 ton¹⁶. Sin embargo, debido a que no se ha incentivado la demanda del subproducto resultante (gránulo de caucho y polvo), ésta no se ha incrementado sustantivamente, evolucionado desde 6.369 ton en 2013¹⁷ hasta 7.000 a 8.000 ton el año 2016, acumulando al día de hoy, un stock de 1.800 ton de gránulo a la espera de un comprador¹⁸.

El modelo de negocio de POLAMBIENTE recibe los NFU, previo pago por parte del generador (\$1.000/kg), para someterlos a un proceso de corte, trituración y molienda para la obtención de gránulo de caucho de diversa granulometría hasta nivel de polvo con alto grado de pureza. El gránulo de caucho se utiliza como materia prima en la construcción de canchas de césped sintético, pistas de atletismo, pisos para multi-canchas, uso en áreas verdes (solerillas para senderos y corteza decorativa), aislante térmico y auditivo entre otros¹⁹. Sin embargo, la demanda de todas estas aplicaciones es aún baja.

Sin embargo, la empresa POLAMBIENTE ha invertido en nueva maquinaria y ha incorporado mayor valor agregado a sus productos, y actualmente, el 15% del gránulo de caucho que produce lo transforma en un aislante para pisos y muros llamado Tapeti, diseñado para disminuir hasta un 26% la transferencia de ruido, ofreciendo una reducción de 20 dB certificados. Técnicamente el Silent Acoustic está compuesto por gránulos de caucho y aglomerante en base PU, con una producción anual de 1.000 ton., se vende en rollos de 1.0-1.5 metros con un espesor entre 3-10 mm para diversas aplicaciones en suelo para piso en juegos infantiles, gimnasios, aislantes térmicos, etc.

Otro actor del mercado que fabrica subproductos con el gránulo de caucho, es la empresa ENNAT, ubicada en Quilicura. Esta empresa ha desarrollado productos enfocados principalmente en las superficies de seguridad (palmetas), las cuales se utilizan para zonas de juegos infantiles, gimnasios, bordes de piscina y otras superficies donde se requiera seguridad, lo cual han complementado con diseño y color.

¹⁶Últimas Noticias, edición 1 de mayo 2013.

¹⁷ Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G. (CINC), Resumen de Generación y valorización de neumáticos fuera de uso (NFU), Mayo 2015.

¹⁸ Entrevista con Francisco Cáceres, Socio POLAMBIENTE, Mayo 2017.

¹⁹ <http://polambiente.cl/aplicaciones.php>

La empresa ENNAT ha ido buscando nuevos mercados para el caucho reciclado, desarrollando toda una línea de protecciones, como topes de estacionamientos, lomos de toro, protectores de muro, y protectores para los racks. Estos productos entre los que se encuentra uno patentado que protege los racks industriales de colisiones²⁰, se moldean aglomerando los gránulos en un molde que se encuentra a una alta temperatura mediante el uso de un poliuretano líquido.

Finalmente, otro actor relevante de este mercado de la valorización o reciclaje material es la empresa BAILAC, que aunque su giro principal es el recauchaje de neumáticos mineros, a lo largo todo Chile, y en el extranjero con presencia en Argentina, Brasil y EEUU, ha desarrollado además una nueva línea mediante el reciclaje de neumáticos mineros, diseñando maquinaria propia que le ha permitido el destalonamiento de los NMFU gigantes para luego proceder a retirar las calugas de caucho mediante cuchillas especialmente diseñadas para ello en un eje rotatorio. Este material, 100% libre de impurezas (acero o textil) es molido para su transformación en gránulo y vendido en cierta proporción a empresas como ENNAT y el resto es utilizado por la propia empresa para la fabricación de productos post-formados y canchas sintéticas de pasto.

En relación a la valorización energética de los NFU, existe dos alternativas hoy disponibles en Chile. La combustión en hornos de cementos y la pirólisis.

En relación con la primera, la única empresa que utiliza este residuo como combustible en su proceso productivo es Cementos Melón, la cual en 2013 utilizó 918 toneladas, mientras que durante el 2014 la cifra disminuyó a 651 toneladas.

La valorización de residuos de caucho por parte de Melón nace en 2004 con la entrada en vigencia del TLC con Estados Unidos. A propósito de esta instancia, la empresa norteamericana decide invertir US\$ 500 millones en la planta de Maipú, aprovechando las ventajas arancelarias, transformándola en una de las más modernas de Goodyear en todo el mundo, con una dotación de 900 personas y exportaciones que alcanzan los 7 millones de neumáticos al año²¹. Además, realiza un acuerdo con Empresas Melón para eliminar sus residuos de caucho utilizándolo como combustible en el proceso de producción de cemento.

De esta manera, Cementos Melón es la única planta de valorización energética que puede operar en regla actualmente en el país ya que dispone de la RCA 179/2002 que permite la combustión de hasta 15.616 ton/año de NFU en sus procesos industriales.

Este proyecto contempló la adquisición de los equipos de alimentación automática de neumáticos para el Horno 9 de la planta de La Calera de Cemento Melón, los cuales fueron fabricados en forma exclusiva para la empresa en Estados Unidos, con una inversión superior

²⁰ <http://www.ennat.cl/Productos.html>

²¹ <http://www.quepasa.cl/articulo/negocios/2014/01/16-13670-9-la-decada-americana.shtml/>, 29/1/2014.

al millón de dólares, siendo una tecnología equivalente a la que se usaba en ese momento en Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia, Bélgica y otras grandes naciones industrializadas con altísimos estándares y normativas medioambientales.

Sin embargo, el acuerdo entre Goodyear y Melón finalizó el año 2004 y es Polambiente quien hoy le entrega a Melón aproximadamente 650 ton/año de NFU granulado. Por otra parte, actualmente Goodyear entrega la totalidad de residuos a Polambiente, siendo importante aclarar que técnicamente éstos no corresponden a NFU, puesto que son residuos industriales del proceso de fabricación de neumáticos nuevos de Goodyear y no provienen de la recolección de neumáticos usados.

En relación con la pirólisis, en mayo del 2017 se instaló la primera planta de pirólisis en Chile, la cual está ubicada en Talcahuano con una capacidad inicial de procesamiento de 20 ton/día de NFU. El proceso productivo de KONA FUEL SpA acondiciona los NFU para ingresarlos completos a un reactor de pirólisis y obtener así subproductos como carboncillo, alambre y un combustible (pyro-oil) destinado a una planta de generación eléctrica en base a motores diésel de propiedad de KONA POWER S.A., para su interconexión al SIC.

Finalmente, existe una cantidad indefinida de NFU que se utilizan a lo largo del país para usos tales como estabilización de laderas, cobertura de geomembrana en rellenos sanitarios, para paliar las heladas en la agricultura²², etc. La cantidad de NFU destinados a estos usos se estima entre 100 ton/año²³ y 1.500 ton/año²⁴, siendo la primera cifra un mínimo que se basa en la recepción permitida de NFU por parte de los rellenos sanitarios, mientras que la segunda es una estimación del uso informal que se le da a los NFU en todo el país.

Estos datos revelan que más del 90% de los NFU generados por los vehículos livianos, camiones, buses y vehículos industriales en el país siguen teniendo destino desconocido, siendo depositados en vertederos ilegales o al costado de caminos y quebradas; mientras que prácticamente el 100% de los NFU mineros, se deposita en zanjas especialmente diseñadas para ello o sobre superficie en las mismas faenas.

Los NFU que se generan en faenas mineras (NMFU) actualmente se acopian cumpliendo con la normativa, pero sin valorización, sin embargo, en virtud de su tamaño y calidad son particularmente valiosos en caso de recuperar las calugas de caucho de banda de rodamiento, de muy buena calidad y con muy bajo nivel de impurezas, tal cual lo hace BAILAC.

²² Esta práctica es ilegal de acuerdo al Decreto N°100 del 20/8/1990 del Ministerio de Agricultura.

²³ Chileneumáticos, 2016.

²⁴ CINC, 2015.

Eliminación de los NFU

Tal como se señaló antes, existe el manejo ilegal de los NFU's, en cuyo caso se depositan sin control en vertederos ilegales de residuos sólidos, micro-basurales o bien, se queman en las noches para paliar las heladas en la agricultura, puesto que no son recibidos en los rellenos sanitarios, salvo excepciones.

Figura 9. Vertedero Ilegal de NFU



Figura 10. Incendio en Vertedero de NFU



3. Normativas que rigen el mercado de los Neumáticos y de los NFU

Los neumáticos, entre los productos prioritarios analizados, son aquellos que poseen una regulación más robusta, existiendo una serie de prohibiciones en nuestro ordenamiento jurídico nacional, tanto para el producto como para el NFU, que se señalan a continuación.

Prohibición de importación

En el caso de los neumáticos, existen ciertas restricciones en lo que corresponde a su internación al país reguladas en el D.S. 1358/2010 MINSAL, al establecer la prohibición de ingreso de neumáticos usados, recauchados o reacondicionados, esto por razones sanitarias.

En efecto, en los considerandos de la norma en cuestión, se señala que Chile se encuentra “libre de casos autóctonos de Malaria, Dengue, Fiebre Amarilla y otras enfermedades vectoriales transmitidas por mosquitos que tienen alto impacto en la salud pública y que constituyen obstáculos importantes para el desarrollo económico y social de los países que la sufren”. Por esta razón, entendiéndose que los neumáticos usados constituyen un medio ideal para el transporte pasivo de y dispersión de vectores de interés sanitario, de acuerdo a lo señalado por la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de Salud, entre otros, es que se hace necesaria la prohibición en cuestión. Cabe señalar que, en conformidad a lo establecido por el artículo 2º, se exceptúan aquellos neumáticos que sean parte de un automóvil que ingrese al país, y/o sean aquellos destinados al repuesto de los anteriores, siempre y cuando se encuentren debidamente montados en las llantas correspondientes, en condiciones de inflado de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante, o aquellos que, autorizados por la Autoridad Sanitaria, deban salir del país para ser sometidos a mantenciones indispensables, de acuerdo a requerimientos operacionales y de seguridad de la actividad, y aquellos que por cualquier motivo o circunstancia, hubieren sido depositados en territorio de algún país fronterizo con Chile, circunstancia que será certificada por la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado del Ministerio de Relaciones Exteriores.

En cuanto a su fiscalización y sanción, ésta queda coordinada por las respectivas Seremi de Salud y Servicio Nacional de Aduanas, con tal que los neumáticos usados, reacondicionados o recauchados que ingresen al territorio nacional sean devueltos a su lugar de origen, en forma inmediata por el importador o transportista. Esto último es relevante pues el artículo 5º hace responsables a todos quienes se vean involucrados en su importación, por lo que no existe excepción al respecto. Por último, las infracciones a esta prohibición serán sancionadas por la Autoridad Sanitaria, previa instrucción del respectivo sumario sanitario, en conformidad con lo establecido en el Libro X del Código Sanitario.

Prohibición de redibujado

Los D.S. N° 59/1987 MINTRATEL y D.S. N° 212/1992 MINTRATEL establecen la prohibición de uso de neumáticos redibujados para ciertos tipos de vehículos.

En este sentido, en el primer caso se establece una prohibición para todo tipo de vehículos el uso de neumáticos redibujados, entendiendo esto como la profundización de los surcos y/o conformación de nuevos surcos en la banda de rodamiento de un neumático, cuyos resaltes se han desgastado por el uso.

Por su parte, el reglamento de los servicios nacionales de transporte público de pasajeros, señala en su artículo 34° que se prohíbe en los vehículos de locomoción colectiva y en los taxis, el uso de neumáticos redibujados. Es más, se agrega que debe entenderse que los vehículos de locomoción colectiva y los taxis que usen estos neumáticos, han perdido sus condiciones de seguridad, por lo que podrán ser retirados de la circulación, de acuerdo con el artículo 98° de la ley N° 18.290.

Cabe señalar que este mismo reglamento señala en su artículo 33° que los neumáticos de vehículos de locomoción colectiva y de los taxis, deberán tener una banda de rodamiento cuyo dibujo tenga al menos de profundidad 2,0 milímetros y 1,6 milímetros, respectivamente.

Prohibición de recauchado

El D.S. 1459/2011 MINTRATEL modificó el D.S. N° 59/1987 MINTRATEL, agregando un segundo artículo a este decreto, en el cual se prohíbe el uso de neumáticos recauchados en ruedas delanteras de los vehículos de transporte de personas de más de 17 asientos, incluido el del conductor, y en las ruedas delanteras de los vehículos motorizados de carga con capacidad para transportar más de 1.750 kg, entendiéndose por recauchado el proceso mediante el cual se reemplaza la banda de rodamiento de un neumático, con o sin la goma de los laterales del mismo, con el objeto de prolongar su vida útil.

Prohibición de disposición final en Rellenos Sanitarios

Pese a que según el D.S. 148/2003 MINSAL, Reglamento Sanitario sobre residuos peligrosos, los NFU son residuos sólidos no peligrosos, igualmente estos no pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios, pues el D.S. 189/2005 MINSAL que establece el Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios, prescribe dicha prohibición en su artículo 57 letra c), norma en la cual solo se permite disponer los residuos sólidos industriales no peligrosos que no afecten la operación normal de disposición final de los residuos sólidos domiciliarios ni las condiciones de estabilidad del Relleno Sanitario, por lo que a *contrario sensu* debiera entenderse que los neumáticos si provocan dichas cuestiones.

Acuerdos de Producción Limpia relacionados

Como se señaló anteriormente, existen prohibiciones expresas para el caso del recauchaje de neumáticos, como también la necesidad de mantener ciertas condiciones de seguridad en los automóviles, sumado a la prohibición de disposición de éstos en rellenos sanitarios, obliga a establecer metas a las empresas de recauchaje adicionales a las que la normativa nacional ya les impondría, por lo que se suscribieron las siguientes metas a saber:

- Meta N° 1: Desarrollar la información base para el cumplimiento del acuerdo y el programa de formación de capacidades
- Meta N° 2: Promover la estandarización de equipos y procedimientos de trabajo asegurando la calidad del proceso de recauchaje
- Meta N° 3: Aumentar la competitividad de las empresas de recauchaje de neumáticos a través de la aplicación de protocolos de gestión de calidad y trazabilidad del neumático recauchado
- Meta N° 4: Establecer metas de difusión del proceso de recauchaje
- Meta N° 5: Reducir la generación de residuos del proceso de recauchaje, a través de su reutilización y valorización
- Meta N° 6: Aplicar prácticas que permitan mejorar las condiciones de higiene y seguridad, mediante procedimientos y programas para disminuir las tasas de accidentabilidad y enfermedades profesionales
- Meta N° 7: Cuantificar, registrar, neutralizar y reducir gases de efecto invernadero asociados al proceso de recauchaje

Todas éstas con el fin de, en un plazo de tres años, dar cumplimiento a éstas metas por las empresas que sean certificadas para el cumplimiento del APL.

4. Producción Nacional e Importaciones de Neumáticos

Tal como se señaló antes, la única empresa que produce neumáticos en Chile es Goodyear, con una participación en el mercado nacional de 2 a 3%²⁵.

En relación con las importaciones que satisfacen el 97-98% restante, a partir de los registros de importaciones de Aduana, es posible clasificar las importaciones de neumáticos por país de origen y por importador, no sin cierto grado de dificultad puesto que existe la práctica por parte de las empresas, de “disfrazar” sus importaciones para mantener la confidencialidad de sus participaciones de mercado.

Sin embargo, en base a la identificación de las glosas de importación de neumáticos y de ciertos ajustes a la base de datos de importaciones, unificando dentro de lo posible, la identificación de los importadores según las marcas que ingresan al mercado, es posible determinar que existen aproximadamente 400 importadores desde 50 países diferentes, siendo las marcas asiáticas las líderes del mercado.

Para efectos de clasificación de los neumáticos por glosa de importación, se han identificado tres categorías que guardan relación principalmente con el aro del mismo, puesto que finalmente esta es la variable más importante para estimar su peso y por ende cuantificar y proyectar la generación de neumáticos fuera de uso, una vez finalizada su vida útil.

Existe aproximadamente 50 años de neumáticos, y aunque algunos son específicos, la mayoría se pueden utilizar en varios vehículos, distinguiéndose a través de ciertas especificaciones técnicas que lo hacen apto para uno u otro. Sin embargo, a pesar de las diferencias que puedan existir, la variable fundamental que permite determinar el peso de un neumático, es el aro.

En base al aro de cada neumático y a los tipos de vehículos a los que se asocian los mismos, se definieron las siguientes categorías y se identificaron las glosas de importación correspondientes.

²⁵Entrevista Sr. Iván Villar, Gerente General en EcoNUS - SIG de Reciclaje de Neumáticos Fuera de Uso; y ex Gerente de la CINC.

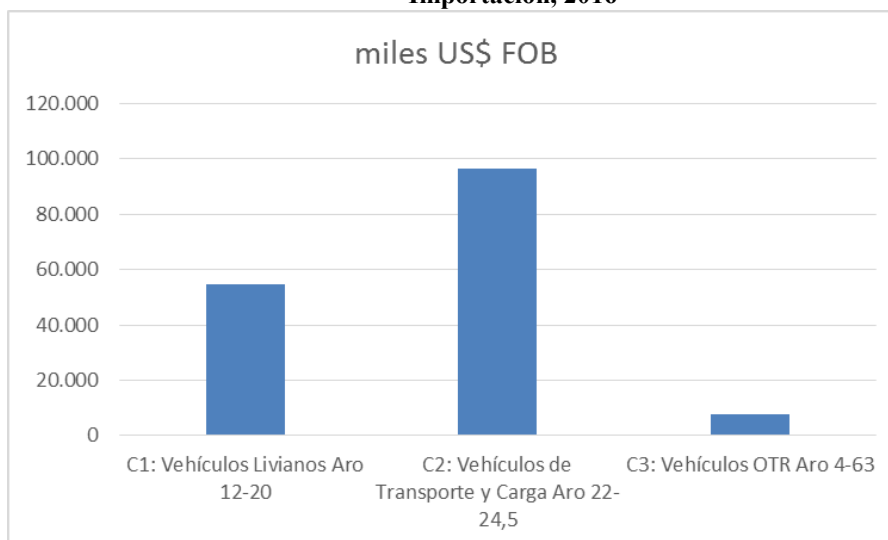
Tabla 6. Categorías de Neumáticos, por Aro y Tipo de Vehículo, y Glosa de Importación

PRODUCTO PRIORITARIO	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICA	POSICIÓN ARANCELARIA	DESCRIPCIÓN GLOSA de IMPORTACIÓN
NEUMATICOS	C1	Vehículos Livianos Aro 12-20	40111000	Neumáticos nuevos de caucho, de los tipos utilizados en automóviles de turismo (incluidos los del tipo familiar (station wagon) y los de carreras.
	C2	Vehículos de Transporte y Carga Aro 22-24,5	40112000	Caucho; neumáticos nuevos, de los tipos utilizados en autobuses o camiones.
	C3	Vehículos OTR Aro 4-63	40116100	Los demás neumáticos nuevos de caucho, con altos relieves en forma de taco, ángulo o similares, de los tipos utilizados en vehículos y máquinas agrícolas o forestales.
			40119200	Los demás neumáticos nuevos de caucho, de los tipos utilizados en vehículos y máquinas agrícolas o forestales.
40119300			Los demás neumáticos nuevos de caucho, de los tipos utilizados en vehículos y máquinas para la construcción o mantenimiento industrial, llantas de diámetro inferior o igual a 61 cm.	

Fuente: Elaboración propia en base a información recabada con los principales actores del mercado.

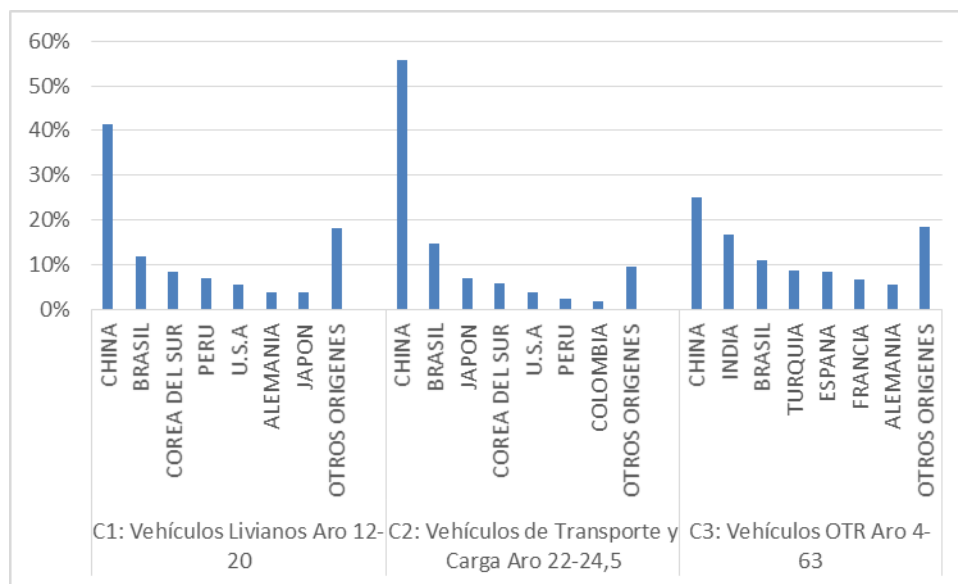
En función de estas categorías, se procesó la Base de Datos de importaciones de los años 2014, 2015 y 2016, obteniéndose los siguientes resultados para el 2016, en participación de mercado por empresa y por país de origen, en millones de dólares FOB, según categoría de neumático (ver Anexo N°1, para tablas resumen de base de datos de importaciones).

Figura 11. Participación de mercado de Neumáticos, por Categoría, de acuerdo a Glosa de Importación, 2016



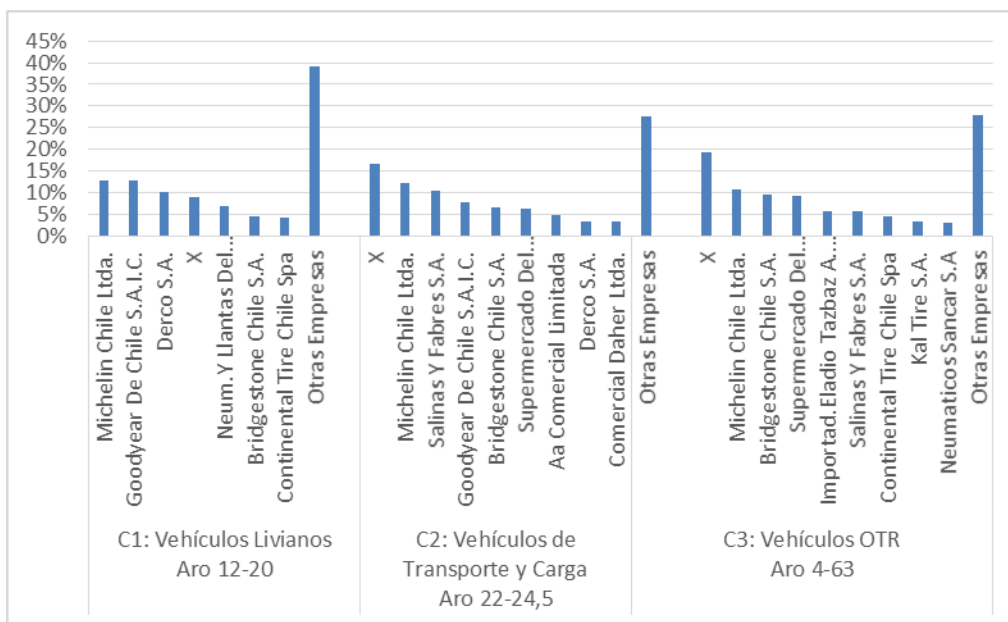
Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Figura 12. Participación de Mercado de Neumáticos, por Categoría y País de Origen, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Figura 13. Participación de Mercado de Neumáticos, por Categoría e Importador, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

5. Evolución del sector y proyecciones del mercado de los Neumáticos

El sector automotriz al igual que la industria del neumático, se proyecta que crezca en base al crecimiento del PIB de cada año, según estimaciones de la CINC que ha observado una buena correlación histórica entre ambas cifras.

De acuerdo al Banco Central, el 2017 este indicador alcanzará el 1,75%, y estima una expansión de 3,25% para 2018 y 3,5% para el 2019²⁶.

En virtud de lo anterior, la evolución del consumo de neumáticos en Chile, se proyecta en la siguiente Tabla.

Tabla 7. Proyección del Consumo de Neumáticos en Chile

Año	PIB	Neumáticos [unidades]		
		Producción	Importación	Total
2016	1,60%	95.506	4.679.783	4.775.289
2017	1,75%	97.177	4.761.679	4.858.857
2018	3,25%	100.336	4.916.434	5.016.769
2019	3,50%	103.847	5.088.509	5.192.356

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones del CINC y proyección del PIB del Banco Central.

²⁶ Banco Central de Chile, junio 2017.

6. Distribución y Comercialización de Neumáticos y puntos de Recolección de NFU

Los principales distribuidores y comercializadores de neumáticos en Chile, son las empresas Hankook, Goodyear, Michelin, Bridgestone entre otros. A continuación, en la tabla a continuación, se muestra la cantidad de distribuidores de las marcas de neumáticos antes mencionadas.

Tabla 8. Principales distribuidores de neumáticos en Chile

Región	Goodyear²⁷	Michelin²⁸	Bridgestone²⁹	Hankook³⁰
Arica y Parinacota	2	1	0	5
Tarapacá	3	1	1	0
Antofagasta	2	6	0	3
Atacama	4	2	4	2
Coquimbo	7	5	4	8
Valparaíso	9	5	11	15
Metropolitana	28	29	19	40
General Bernardo O'Higgins	5	2	5	4
Maule	5	5	8	10
Bío Bío	17	9	9	12
Araucanía	9	5	4	4
Los Ríos	2	2	1	0
Los Lagos	10	15	8	5
Aysén y del Gral. C.Ibañez del Campo	1	1	1	0
Magallanes y la Antártica Chilena	2	2	1	1
Total	106	90	76	109

Fuente: Elaboración propia en base a información de página web.

Por otra parte, en la siguiente tabla se muestra una lista de distribuidores en Chile, los cuales comercializan y son distribuidores de otras marcas de neumáticos tales como: Tigar, BFGoodrich, Continental, IndForce, Good Ride, Haida, Pirelli, Dunlop, entre otros.

²⁷ www.goodyear.cl/cfm/web/ladealer/index.cfm?countryid=2

²⁸ <http://www.michelin.cl/todo-sobre-autos/distribuidor/TC/III-Region//cidade.html>

²⁹ <http://www.bridgestone.cl/pasajero/neumaticos/puntos-de-venta>

³⁰ <http://www.hankook.cl/busqueda-avanzada/>

Tabla 9. Otras Distribuidoras de Neumáticos en Chile

Distribuidora	Puntos de Comercialización
León ³¹	Antofagasta, Viña del Mar, Rancagua, Concepción, Puerto Montt, La Serena, Santiago
Full Neumáticos ³²	Santiago, Concepción
Supermercado del Neumático ³³	Santiago, San Bernardo, Antofagasta, Temuco, Puerto Montt
Neumaton ³⁴	Santiago, Quilicura, Melipilla, Los Andes, Cerrillos, Puerto Montt, Temuco
Offroad ³⁵	Antofagasta, Vallenar, La Serena, Copiapó, Ovalle, Coquimbo, Hijuelas, Viña del Mar, San Antonio, Melipilla, Valparaíso, Las Condes, La Dehesa, Santiago, Ñuñoa, San Miguel, Pudahuel, Rancagua, San Fernando, Curicó, Santa Cruz, Talca, Constitución, Chillán, Concepción, Los Ángeles, Temuco, Villarrica, Valdivia, Puerto Varas, Puerto Montt, Coyhaique, Punta Arenas.
Neumaticos Cordillera ³⁶	Los Andes, Melipilla
Neumamerica ³⁷	Las Condes, La Reina, Cerrillos, Vitacura, Independencia, Santiago

Fuente: Elaboración propia en base a información de página web.

³¹ <http://www.leon.cl/ad/neumaticos-leon/>

³² <https://www.fullneumaticos.cl/?gclid=CJmD5JyB4dMCFUQJkQodKrcIaA>

³³ <http://www.sdn.cl/>

³⁴ <http://www.neumaton.cl/>

³⁵ <http://www.offroad.cl/>

³⁶ <http://www.neumaticoscordillera.cl/>

³⁷ <http://neumamerica.cl/>

7. Categorías de los Neumáticos Fuera de Uso

Para efectos de definir las Categorías de los Neumáticos Fuera de Uso para proyectar los futuros Sistemas de Gestión, se utilizará el origen como Categoría Principal (Sector Transporte y Sector Minero) y el tipo de Vehículo, como Categoría Secundaria.

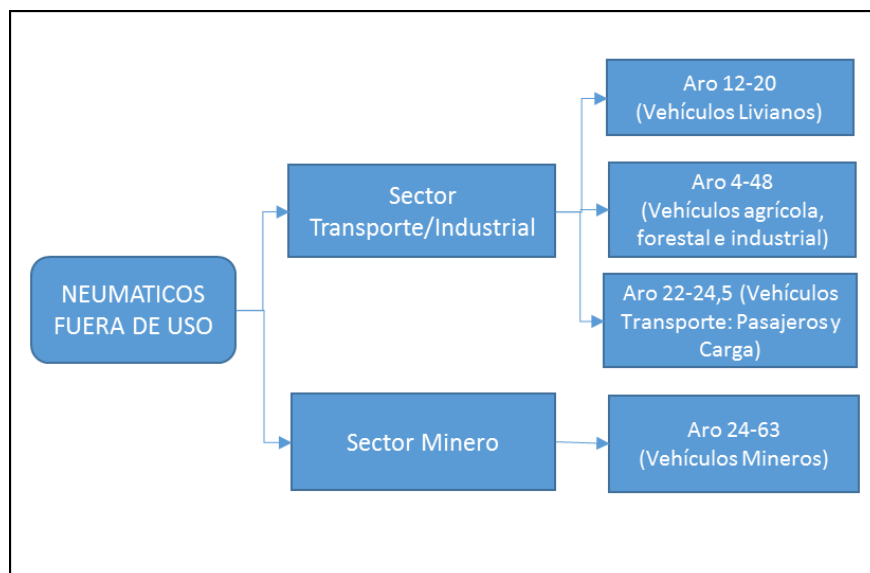
Esta distinción es relevante en atención a que los Sistemas de Gestión deben organizarse en torno a NFU con características comunes, para articular eficientemente los gestores, facilitando así el cumplimiento de las metas de recolección y valorización.

En la Categoría Transporte se encuentran los vehículos livianos, aro 12-20” (bicicletas, motos, sedán, citycar, SUV, camionetas, etc.); los vehículos de transporte de carga y pasajeros (aro 22-24,5”); y los de tipo agrícola, forestal e industrial, que al igual que los anteriores son contabilizados en la Encuesta del INE del Parque Automotriz.

En la Categoría Sector Minero, se encuentran los neumáticos de la maquinaria minera cuyas características físicas y la localización de las faenas, obliga a que los futuros Sistemas de Gestión se articulen en torno a gestores especializados en este tipo de neumáticos.

En la Figura siguiente se ilustra lo señalado.

Figura 14. Categorías y Subcategorías para los NFU según su Origen y Tipo de Gestión



Fuente: Elaboración propia

8. Cuantificación de los Neumáticos Fuera de Uso

Para estimar y proyectar la generación de neumáticos fuera de uso (NFU) se deben identificar aquellas variables que determinan la vida útil de un neumático. Para estos efectos, GESCAM en el año 2015, para el estudio: “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes” del Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL), determinó Factores de Generación de residuos para los residuos del Sector Transporte, entre ellos los neumáticos.

Una vez definidos dichos factores, se aplicaron al Parque Automotriz, estimando la generación de NFU a nivel regional y comunal. Estos valores deben ser consistentes con los datos de importaciones, puesto que necesariamente debe existir consistencia entre ambas cifras., sin embargo, es importante notar que esta consistencia se refiere a la generación neta de neumáticos fuera de uso, porque los neumáticos que se importan son aquellos que inevitablemente fue necesario reemplazar. Por lo tanto, las cifras de importaciones no consideran aquellos neumáticos que aunque técnicamente finalizaron su vida útil, fueron reintegrados a través de un proceso de recauchaje, evitando que se incorporaran a la corriente de residuos.

Para determinar la distribución de los residuos del transporte a nivel nacional se tomó como base la “Encuesta Anual de Vehículos en Circulación” del año 2016³⁸ proveniente de los registros administrativos de los permisos de circulación otorgados por las municipalidades, lo que permitió conocer el parque automotriz, desagregado por tipo de vehículo y actividad (transporte particular, colectivo o de carga), a nivel nacional, regional y comunal.

La cobertura de esta información corresponde a un censo a nivel nacional que comprende 343 comunas, exceptuando las comunas de Juan Fernández, Isla de Pascua (permiso exento de pago de impuesto válido sólo en la isla) y Antártica, localidades que por su ubicación geográfica no otorgan permiso de circulación.

En relación con la generación y distribución de los residuos del Sector Minero, se tomó como base la localización de las diversas faenas mineras a lo largo del país y se determinó un factor en base a las declaraciones de residuos de las compañías mineras y las toneladas de mineral fino producido (TMF). Para estos efectos, se realizó una investigación de los antecedentes de diversos proyectos mineros ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), que consideraran entre sus obras, sitios de disposición final para los NMFU de cada faena. Seleccionando aquellos proyectos que contaran con información detallada respecto de las cantidades de NMFU generados anualmente, así como los modelos

38 “Encuesta Anual de Vehículos en Circulación” del Instituto Nacional de Estadísticas, año 2016.

o medidas de los neumáticos desechados, esto a fin de corroborar los pesos con los catálogos de empresas del rubro presentes en el país (como Michelin, Pirelli, entre otras).

De esta manera fue posible establecer la distribución en la generación de NFU y NMFU a nivel nacional y regional, visualizando los principales focos de generación actual y proyectar su crecimiento, de manera de diseñar estrategias focalizadas para una gestión ambientalmente adecuada de estos residuos.

La evolución del parque automotriz y su distribución por tipo de vehículo a nivel nacional, según la clasificación del INE, es la siguiente:

Tabla 10. Distribución Parque Automotriz, año 2016

REGIÓN	Automoviles livianos (a)	Transporte personas (b)	Transporte de carga (c)	Otros con motor (d)	Otros sin motor (e)	TOTAL
2012	3.634.812	49.055	177.569	24.145	88.332	3.973.913
2013	3.910.620	52.149	181.305	24.906	94.104	4.263.084
2014	4.199.115	52.590	189.554	27.191	100.214	4.568.664
2015	4.374.123	53.024	192.298	27.617	104.068	4.751.130
2016 P/	4.575.243	53.945	196.217	28.008	107.532	4.960.945
I de Tarapacá	114.749	1.220	4.671	393	2.220	123.253
II de Antofagasta	148.064	3.191	10.251	1.185	6.415	169.106
III de Atacama	80.858	1.562	8.226	877	5.330	96.853
IV de Coquimbo	191.375	2.092	8.667	880	3.927	206.941
V de Valparaíso	485.714	6.282	18.337	1.794	9.519	521.646
VI de O'Higgins	249.343	3.825	12.998	2.238	7.451	275.855
VII del Maule	303.118	3.903	16.737	3.493	10.520	337.771
VIII del Biobío	489.137	7.422	23.403	4.337	14.281	538.580
IX de La Araucanía	204.487	3.136	9.953	2.187	5.597	225.360
X de Los Lagos	198.700	3.398	10.850	1.953	6.362	221.263
XI de Aysén	34.834	272	1.956	226	566	37.854
XII de Magallanes y de la Antártica Chil	63.056	520	2.833	676	1.900	68.985
XIII Metropolitana	1.858.029	15.174	60.183	6.365	29.203	1.968.954
XIV de Los Ríos	82.494	1.273	4.341	984	2.805	91.897
XV de Arica y Parinacota	71.285	675	2.811	420	1.436	76.627
Total País	4.575.243	53.945	196.217	28.008	107.532	4.960.945

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, Encuesta Anual de Vehículos en Circulación, año 2016.

A continuación se señala los tipos de vehículos incluidos dentro de estas categorías:

- a) **Automóviles livianos:** automóvil, station wagon (ambulancias y carrozas fúnebres), vehículos todo terreno, furgón, minibús, camioneta, motocicleta y similares, “otros con motor” (casa rodante automotriz y otros), taxi básico, taxi colectivo, taxi turismo, minibús de transporte colectivo, minibús furgón escolar y de trabajadores.
- b) **Transporte de personas:** bus de transporte colectivo, bus de transporte escolar y trabajadores.
- c) **Transporte de carga:** camión simple y tracto-camión.
- d) **Otros con Motor:** Incluye tractores agrícolas, camiones y maquinarias automotrices especializadas.
- e) **Otros sin motor:** Incluye casa rodante (hasta 1.750 kg), carro de arrastre (hasta 1.750 kg), otros.

Para efectos de este estudio, en la categoría “Automóviles Livianos” se consideró relevante hacer la distinción entre aquellos vehículos livianos de uso particular y aquellos de uso laboral, puesto que resulta importante a la hora de determinar los factores de generación de residuos. En esta categoría, se excluyen los vehículos clasificados como “Otros sin Motor” (casas rodantes y carros de arrastre) que tienen un factor de desgaste de NFU no comparable con el resto de los vehículos livianos por su uso ocasional, representan el 0,68% del parque y no utilizan ni batería ni aceite lubricante.

También se excluyen los “Remolques y Semirremolques” puesto que tampoco tienen motor, no generando ALU ni BFU. Y aunque si tienen neumáticos, los mismos ya se encuentran considerados para los tracto-camiones.

En definitiva, considerando estas exclusiones, el parque automotriz al cual se aplicará los factores de generación de NFU, BFU y ALU está compuesto por un total de 4.853.413 vehículos.

Tabla 11. Parque Automotriz 2016, según categorías de generación de NFU

REGIÓN	Automoviles livianos		Transporte personas	Transporte de carga	Vehículos Agrícolas y Otros especializados	TOTAL	Distribución Regional
	Transporte Particular	Transporte Colectivo					
I de Tarapacá	109.831	4.918	1.220	4.671	393	121.033	2,5%
II de Antofagasta	140.419	7.645	3.191	10.251	1.185	162.691	3,4%
III de Atacama	77.418	3.440	1.562	8.226	877	91.523	1,9%
IV de Coquimbo	183.938	7.437	2.092	8.667	880	203.014	4,2%
V de Valparaíso	471.184	14.530	6.282	18.337	1.794	512.127	10,6%
VI de O'Higgins	241.122	8.221	3.825	12.998	2.238	268.404	5,5%
VII del Maule	296.660	6.458	3.903	16.737	3.493	327.251	6,7%
VIII del Biobío	477.808	11.329	7.422	23.403	4.337	524.299	10,8%
IX de La Araucanía	199.073	5.414	3.136	9.953	2.187	219.763	4,5%
X de Los Lagos	192.093	6.607	3.398	10.850	1.953	214.901	4,4%
XI de Aysén	33.691	1.143	272	1.956	226	37.288	0,8%
XII de Magallanes y Antártica	59.839	3.217	520	2.833	676	67.085	1,4%
XIII Metropolitana	1.800.251	57.778	15.174	60.183	6.365	1.939.751	40,0%
XIV de Los Ríos	79.721	2.773	1.273	4.341	984	89.092	1,8%
XV de Arica y Parinacota	67.613	3.672	675	2.811	420	75.191	1,5%
Total País	4.430.661	144.582	53.945	196.217	28.008	4.853.413	100%

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Anual de Vehículos en Circulación, INE, año 2016, y GESCAM para el CPL: “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes”, 2015.

Como se observa, la distribución del parque automotriz se concentra en la Región Metropolitana con un 40,0% de los vehículos totales, seguido por la Región del Bío-Bío (10,8%), Valparaíso (10,6%) y del Maule (6,7%). Para todos los efectos, es importante señalar, que si se realiza el análisis por categoría de vehículo, se mantiene la misma tendencia.

a) GENERACIÓN NETA DE NFU EN BASE A METODOLOGÍA CINC

En el marco del APL de neumáticos del 2009, la Cámara de la Industria del Neumático de Chile (CINC), desarrolló una metodología para estimar la generación anual de NFU, basada en los registros de importación de neumáticos nuevos, comercializados en el mercado, lo cual es un parámetro de la demanda. No considera, por lo tanto, la generación de NFU en vehículos dados de baja, pero este valor se estima marginal, ni tampoco aquellos NFU que se valorizan mediante recauchaje. Se consideró una tasa de desgaste promedio de 16% para los NFU, respecto al peso del neumático nuevo³⁹.

³⁹ Entrevista Sr. José Brown, Gerente General CINC, mayo 2017.

Respecto a la tasa de crecimiento anual de los residuos, ésta no tendría directa relación con el aumento del parque automotriz. De acuerdo a cifras de la CINC, no existe correlación directa entre las cifras históricas de crecimiento del parque y la generación de NFU, siendo esta última cifra validada a partir de los datos de importaciones de neumáticos. Esto se explica porque cuando el parque crece, los vehículos livianos particulares (automóvil y station wagon) que representan el 63% del total de vehículos, tienden a circular menos porque comparten tareas, por lo tanto el desgaste de los neumáticos se reduce, siendo necesario cambiarlos en un mayor horizonte de tiempo. Además son los que tienen sólo cuatro neumáticos sujetos a desgaste.

Sin embargo, existe consenso en que la generación de residuos de neumáticos y de residuos del transporte en general, está directamente relacionado con el Producto Interno Bruto (PIB) del país, dado que a mayor crecimiento, mayor es la necesidad de transporte de bienes y servicios, como también mayor el requerimiento de traslado de profesionales y trabajadores de todo tipo a sus lugares de trabajo, a consecuencia de una mayor empleabilidad⁴⁰. En este caso, también es importante señalar que son precisamente estos vehículos de transporte de carga y pasajeros los que tienen entre 6 y hasta 24 neumáticos por vehículo, lo que impacta fuertemente en la generación de NFU y NMFU.

Para efectos de calcular la generación neta de neumáticos usados, la Cámara de la Industria del Neumático de Chile (CINC) utilizó como fuente de información las bases de datos de importaciones de Aduana, años 2015 y 2016.

Tabla 12. CINC, Generación Neta de NFU 2015-2016 [ton NFU]

Origen Generación NFU	2015	2016
	[ton]	[ton]
Agrícola, forestal e industrial	5.794	6.284
Autos y camionetas	31.298	34.213
Camión y buses	44.513	45.118
Minería y construcción	44.743	44.571
Otros	4.168	1.665
Generación total	130.516	131.851

Fuente: CINC, marzo 2017.

⁴⁰ Entrevista Sr. José Brown, Gerente General CINC, mayo 2017.

b) FACTORES GESCAM DE GENERACIÓN DE NFU, SECTOR TRANSPORTE

Para cuantificar la generación neta de NFU, GESCAM tomó como base la Encuesta Anual de Vehículos en Circulación del Instituto Nacional de Estadísticas, año 2016, en virtud de lo cual se obtuvo una distribución bastante precisa de la ubicación de cada vehículo, y en general, donde debieran estar siendo depositados los NFU respectivos.

Las variables a considerar que inciden directamente en la generación de NFU son:

- Tipo de Vehículo
- Actividad del vehículo (particular, laboral)
- Vida útil de los neumáticos según tipo y actividad
- Kilometraje promedio por año
- Peso promedio de un neumático según aro y categoría de vehículo
- Cantidad de Neumáticos por tipo de vehículo

En función de estas variables, este Consultor determinó factores de generación de NFU que pueden ser utilizados para estimar los residuos que se generan en cualquier región y comuna del país en base a su parque automotriz.

Vida Útil de los Neumáticos según Tipo de Vehículo y Actividad

Para los vehículos livianos, a nivel nacional e internacional, se acostumbra usar un promedio de 100.000 kilómetros de vida útil. Esto está avalado por el estudio de Weissman et al. que señala que “muchos neumáticos para pasajeros prometen una garantía limitada de 80.000 millas (128.747 km)”, lo cual producto de un inadecuado mantenimiento se puede reducir hasta en un 18%, alcanzando los 105.000 km aproximados⁴¹. Por esto, y en base a la información entregada por los diversos actores entrevistados, se optó por utilizar como valor de referencia 100.000 km de vida útil como parámetro estándar.

Así mismo, en el caso de los vehículos livianos, parece pertinente realizar la distinción entre vehículos de Transporte Particular y de Transporte Colectivo, en función de la cantidad de kilómetros recorridos cada año, lo que influye directamente en el recambio de los neumáticos y por ende la generación de NFU.

En relación a la vida útil de un neumático de transporte de pasajeros, éstos pueden tener una gran variabilidad, puesto que las condiciones de operación de un bus urbano son diferentes al de un bus interurbano, por la frecuencia de frenado, condiciones del pavimento, velocidad, etc. Sin embargo, para efectos del modelo, se estima que la vida útil promedio es de 100.000 km.

⁴¹ Shmuel L. Weissman, Jerome L. Sackman, David Gillen, Carl Monismith, “Extending the Lifespan of Tires: Final Report”. Symplectic Engineering Corporation y University of California at Berkeley July 2003 (<http://www.calrecycle.ca.gov/Archive/IWMBMtgDocs/mtgdocs/2003/08/00012317.pdf>)

Por último, en relación a la vida útil de los neumáticos de camión, la presión juega un rol muy importante, pues afecta su duración dependiendo del peso que soporta el eje donde van montados. Es por este motivo que en el caso de los vehículos de carga, cada eje donde se montan los neumáticos debiera tener presiones distintas. Esto es muy relevante particularmente en el caso de los camiones que incluso llegan a tener 24 neumáticos.

Otro factor que afecta la vida útil es la calidad y materialidad de los caminos, a mayor cantidad de piedras o rocas en un camino se generará un mayor desgaste⁴².

El calor también afecta las propiedades del caucho y de la banda de rodamiento, por ello en temporadas calurosas, existe mayor recambio de neumáticos que en temporadas frías.

Es importante señalar que la interacción de todos estos factores hace difícil determinar un estándar preciso de vida útil, sin embargo, para vehículos de transporte de carga, se ha estimado una duración promedio de 107.500 km, correspondiendo al promedio de la vida útil de los neumáticos utilizados en los distintos ejes, considerando la rotación⁴³.

Figura 15. Ejes de los vehículos de Transporte de Carga



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes proporcionados por ARNEC.

A continuación, una tabla donde se resume la vida útil de los neumáticos por tipo de vehículo.

⁴² Entrevista con Sr. Roberto Goldenberg, Gerente Comercial Planta de Recauchaje INSAMAR, Abril 2015.

⁴³ ARNEC, 2015.

Tabla 13. Vida Útil Promedio de Neumáticos, según tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Vida Útil [km]
Vehículos livianos	100.000
Vehículos de transporte de pasajeros	100.000
Vehículos de carga (promedio)	107.500
Eje direccional	100.000
Eje traccional	70.000
Eje libre	120.000-140.000

Fuente: Elaboración propia, en base a datos proporcionados por ARNEC.

Kilometraje Promedio Anual por Tipo de Vehículo

Para determinar la frecuencia de recambio de los neumáticos de un vehículo, es necesario estimar el kilometraje promedio que recorre un vehículo al año, en función de su actividad estándar.

Para estos efectos, se revisó el Informe Final del Diagnóstico Sectorial de Aceites Lubricantes, elaborado por Ecobaus en septiembre 2016, donde se presenta en la tabla N°28: “Km estimados para cambio y relleno de aceite lubricante por vehículos”, los kilometrajes promedio anuales recorridos por tipo de vehículo, cuya fuente primaria es el Consorcio del APL de Aceites Lubricantes, conformado por Shell, YPF, Petrobras y Total.

Para efectos de este informe, se construyó la siguiente Tabla donde se calcula el kilometraje promedio ponderado por tipo de vehículo, de acuerdo a las categorías definidas en este estudio.

Tabla 14. Kilometraje Promedio Ponderado por Tipo de Vehículo, 2017

Categoría	Cantidad de Vehículos por Tipo	Tipo de Vehículo	Cantidad de Vehículos Parque Automotriz	Participación x Tipo de Vehículo	Kilometraje promedio/año	Promedio ponderado [km/año]
Vehículos Livianos: Transporte Particular, Transporte Colectivo y Otros	4.430.661 vehículos	Automóvil y station wagon	3.067.215	69%	16.000	17.218
		Todo Terreno	103.307	2%	16.000	
		Furgón	190.727	4%	20.000	
		Minibús	29.632	1%	50.000	
		Camioneta	863.219	19%	20.000	
		Motocicleta y similares	175.019	4%	17.000	
		Otros con motor	1.542	0,03%	15.000	
	144.582 vehículos	Taxi básico	36.107	25%	50.000	56.900
		Taxi colectivo	61.085	42%	70.000	
		Taxi turismo	9.519	7%	50.000	
Minibus, transporte colectivo		20.648	14%	60.000		
Minibus, furgón escolar y trabajadores		17.223	12%	25.000		
Transporte de Personas	53.945 vehículos	Bus, transporte colectivo	48.388	90%	80.000	76.395
		Bus, transporte escolar y trabajadores	5.557	10%	45.000	
Transporte de Carga	196.217 vehículos	Camión simple	150.529	77%	50.000	54.657
		Tractocamión	45.688	23%	70.000	
Tractor Agrícola, Otros con Motor	28.008 vehículos	Tractor agrícola	8.540	30%	5.000	7.085
		Otros con motor	19.468	70%	8.000	
	4.853.413	TOTAL	4.853.413			

Fuente: Elaboración propia en base a factores de generación desarrollados por GESCAM para CPL en 2015 y complementados con información disponible en “Informe Final del Diagnóstico Sectorial de Aceites Lubricantes”, elaborado por Ecobaus, septiembre 2016, para el Consorcio del APL de Aceites Lubricantes.

Peso promedio ponderado de los Neumáticos según su Aro

Existen aproximadamente cincuenta aros diferentes. A continuación, se muestra una tabla con la variedad de aros disponibles en el parque automotriz nacional, su distribución por tipo de vehículo y el peso promedio por aro, obtenido de diversa fuentes relacionadas. En función de estos datos, este Consultor pudo estimar el peso promedio ponderado de los neumáticos, por tipo de vehículo.

Este valor de peso promedio de neumático por tipo de vehículo será el que se utilice para la determinación de los Factores de Generación de NFU que se presentan en el acápite N°8.

Tabla 15. Participación del Mercado por Aro, Peso y Tipo de Vehículo

ARO	AGRICOLA, FORESTAL E INDUSTRIAL	Peso promedio [kg]	AUTO	Peso promedio [kg]	CAMIONETA	Peso promedio [kg]	AUTO y CAMIONETA	Peso promedio [kg]	CAMION Mediano a Pequeño	Peso promedio [kg]	CAMION Tractocamión y BUS	Peso promedio [kg]	MINERIA Y CONSTRUCCION	Peso promedio [kg]	Aplicación AGRICOLA, FORESTAL E INDUSTRIAL
4	0,01%	1,19													
6	0,63%	3,32													
8	1,99%	40,40													Grúa Horquilla
9	7,39%	26,97													Grúa Horquilla
10	7,33%	36,49	0,21%	9,80			0,04%	9,80							Grúa Horquilla
11	0,23%	28,75													Grúa Horquilla
12	9,22%	38,85	12,25%	6,15			2,30%	6,15							Grúa Horquilla
13	2,61%	9,00	87,53%	6,83			16,43%	6,83							Grúa Horquilla
14	1,20%	25,22			32,06%	7,95	26,04%	7,95							Grúa Horquilla
15	12,15%	51,68			22,92%	10,78	18,62%	10,78							Grúa
15,3	4,94%	53,26													Grúa
15,5	0,75%	53,26													Grúa
16	8,71%	33,61			29,50%	15,22	23,96%	15,22	1,73%	33,63	0,24%	33,63			Grúa
16,1	0,02%	59,29													Grúa
16,5	6,38%	45,13													Grúa
17	0,04%	53,26			10,60%	13,64	8,61%	13,64							Grúa
17,5	1,98%	74,76							87,32%	28,60	12,12%	28,60			Motoniveladora/Cargador Frontal
18	8,06%	37,54			3,40%	13,74	2,76%	13,74							Motoniveladora/Cargador Frontal
19	0,01%	53,26			0,64%	14,16	0,52%	14,16							Motoniveladora/Cargador Frontal
19,5	0,61%	87,23							1,66%	36,78	0,23%	36,68			Motoniveladora/Cargador Frontal
20	2,41%	62,19			0,85%	20,34	0,69%	20,34	9,29%	81,90	1,29%	81,90			Motoniveladora/Cargador Frontal
20,5	0,01%	182,00													Motoniveladora/Cargador Frontal
21	0,59%	65,74			0,02%	29,93	0,02%	29,93							Motoniveladora/Cargador Frontal
22	0,05%	56,26			0,01%	17,99	0,01%	17,99			0,07%	64,09			Motoniveladora/Cargador Frontal
22,5	0,78%	54,48									80,62%	57,90			Motoniveladora/Cargador Frontal
24	11,43%	74,80				10,71					5,14%	92,37	5,62%	326,67	Motoniveladora/Cargador Frontal
24,5											0,27%	62,78			Motoniveladora/Cargador Frontal
25	0,16%	363,88											48,72%	338,03	Motoniveladora/Cargador Frontal
26	1,58%	125,92													
26,5	0,21%	56,69													
28	1,18%	78,59											0,01%	82,85	
29													1,69%	713,73	
30	2,46%	107,80													
30,5	0,02%	65,65													
32	0,74%	217,74													
33													3,52%	1.022,91	
34	2,48%	34,00													
35													3,15%	769,36	
36	0,02%	53,26													
38	0,99%	168,97											0,13%	125,68	
42	0,06%	178,30													
44	0,20%	53,26													
45													1,04%	2.388,98	
46	0,07%	93,50													
48	0,27%	57,23											0,52%		
49													1,42%	1.368,72	
51													0,37%	2.196,68	
54	0,01%	53,26													
57													10,20%	3.825,06	
63													23,60%	4.467,67	Minería
Peso Promedio Ponderado	90,0%	51,6	100%	6,8	100%	11,7	100%	10,8	100%	33,8	100%	56,3	100%	1752,5	

Fuente: CINC, marzo 2017.






Cantidad de Neumáticos por Tipo de Vehículo

Para todos los efectos, los **automóviles livianos**, tanto particulares como de uso laboral, se consideran vehículos de cuatro (4) neumáticos. No se considera el neumático de repuesto porque no está sujeto a desgaste.

Tal como se señaló antes, se consideran automóviles livianos los siguientes: automóviles (sedán, citycar, hatchback, etc.), los station wagon (ambulancias y carrozas fúnebres), vehículos todo terreno, furgón, minibús, camioneta, motocicleta y similares, “otros con motor” (casa rodante automotriz y otros), taxi básico, taxi colectivo, taxi turismo, minibús de transporte colectivo, minibús furgón escolar y de trabajadores.

En relación a los **vehículos de transporte de pasajeros**, a nivel nacional se clasifican de la siguiente forma:

Tabla 16. Tipos de Buses de Transporte de Pasajeros

Tipo	Largo [mt]	Nº Neumáticos	Imagen
Taxibús	8 - 9	6	
Buses Interprovinciales	10-11	6	
Buses Media y Larga Distancia	11-14	10	
Urbano	8-12	6	
Articulado	18	10	

Fuente: ANAC, 2015-2016.

A continuación, se presenta la distribución del parque de vehículos de transporte de pasajeros, según tipo de bus y cantidad de neumáticos, pudiendo de esta forma estimar la cantidad promedio ponderada de neumáticos en función de la distribución del parque nacional.

Tabla 17. Distribución del Parque y Promedio Ponderado de Neumáticos por Bus

Buses	Tipo	Cantidad de Buses	Cantidad de Neumáticos x Tipo de Bus
Transantiago:	Urbano (8-12mt)	5.313	6
6.520	Articulados	1.207	10
Resto buses de transporte	Taxibús, Interprovinciales	46.002	6
47.425	Media y Larga Distancia	1.423	10
TOTAL Buses y PROMEDIO Ponderado de Neumáticos x Bus		53.945	6,2

Fuente: ANAC, 2015-2016; <http://www.emol.com/noticias/Nacional/2015/10/01/752371/Transantiago-buses-oruga-cumplen-10-anos-y-piden-su-reemplazo-por-desperfectos.html> y <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/01/28/transantiago-alista-primer-recambio-de-buses-articulados-a-10-anos-de-su-debut/>.

Finamente, para los **vehículos de transporte de carga**, se presenta a continuación una Figura que permite apreciar la variedad de camiones existentes y el número de ejes por tipo de camión, lo cual define la cantidad de neumáticos para cada uno de ellos.

Tabla 18. Tipos de Camiones de Transporte de Carga

CAMIÓN UNITARIO (C)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	
CAMIÓN REMOLQUE (C-R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	
C3-R3	6	22	

Nota: Los camiones unitarios y camión remolque deben circular por los carriles y puentes de jurisdicción federal con las luces encendidas permanentemente.

TABLA 5.2.3

TRACTOCAMIÓN ARTICULADO (T-S)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T2-S3	5	18	
T3-S1	4	14	
T3-S2	5	18	
T3-S3	6	22	

Fuente_: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5368355&fecha=14/11/2014

Como se observa, la cantidad de neumáticos de un vehículo de carga es muy variable y fluctúa entre los 6 y los 24 neumáticos, dependiendo de la cantidad de ejes. Por otra parte, el peso de los neumáticos de camiones depende del tipo de camión: pequeño, mediano o pesado.

Para efectos de determinar el peso promedio de los neumáticos de esta categoría de vehículos, se debe tener en consideración la distribución nacional del parque automotriz, esto es, cantidad de camiones pequeños a medianos en relación con los pesados (camión remolque y tracto-camión).

Según cifras de la ANAC y en base a la cantidad de ejes por tipo de camión, se pudo elaborar la siguiente tabla que, además, estima la cantidad promedio de neumáticos por tipo de camión para el parque nacional.

Tabla 19. Cantidad Promedio Ponderada de Neumáticos por Tamaño de Camión

Tipo de camión	% Mercado	Cantidad Neumáticos promedio
Camión Pequeño a Mediano	78%	8,0
Camión-Remolque y Tractocamión	22%	17,0
Promedio Ponderado		10,0

Fuente: Elaboración propia en base a cifras de distribución del parque de camiones de ANAC 2017, y en base a distribución del parque automotriz por aro de neumáticos de CINC, 2017.

Para determinar el peso promedio de los neumáticos para cada tipo de camión, se consideró la distribución del parque realizada por la CINC en función del aro, a la cual se asocian los pesos promedio que se muestran en Tabla 14.

En función de lo anterior, GESCAM construyó los siguientes Factores de Generación Neta de Neumáticos Fuera de Uso, por tipo de vehículo y actividad, aplicables al Parque Automotriz, por región y comuna de Chile.

Tabla 20. Factores Generación Neta de NFU, según tipo de vehículo y actividad.

Tipo de Vehículo	Cantidad Promedio Neumáticos	Vida Útil	Kilometraje Promedio	Plazo Duración	Peso Promedio Neumático	Distribución Parque automotriz	Factor NFU (considerando 16% en peso de desgaste)	
	[unidades]	[km]	[km/año]	[años]	[kg]	[%]	[NFU/año]	[kg NFU/año]
Vehículo Liviano Transporte Particular: Automóvil, SW, camionetas, jeep	4	100.000	17.218	5,8	10,8		0,69	6,23
Vehículo Liviano Transporte Colectivo: Taxis	4	100.000	61.449	1,6	6,8	74%	2,46	13,94
Vehículo Liviano Transporte Colectivo: Furgón, Minibus	4	100.000	44.083	2,3	11,7	26%	1,76	17,32
Vehículos Transporte Pasajeros	6,2	100.000	76.395	1,3	56,3		4,73	223,93
Vehículos Transporte Carga, Pequeño y Mediano	8,0	107.500	50.000	2,2	33,8	78%	3,72	105,57
Vehículos Transporte Carga, TractoCamión	17,0	107.500	70.000	1,5	56,3	22%	11,07	523,78
Vehículos Agrícola, Forestal e Industrial	6,0	6.000	2.000	3,0	51,6		2,00	86,75

Fuente: Elaboración propia en base a bibliografía y fuentes directas (Transportes Transhuara Ltda., ANAC, ARNEC, CINC, INSAMAR). Factor no considera ningún tipo de valorización posterior.

En virtud de la metodología descrita, asociada a factores de generación por tipo de vehículo y actividad, se estimó la generación de NFU a nivel nacional, en base al Parque Automotriz del año 2016, la cual se proyectó al 2019 en base a la proyección del PIB del Banco Central.

Tabla 21. Cuantificación de NFU 2016 y proyección 2017-2019 [ton/año]

REGIÓN	Automoviles livianos		Transporte personas	Transporte de carga	Vehículos Agrícolas y Otros especializados	TOTAL NFU 2016 [ton NFU/año]	PROYECCIÓN NFU [ton NFU/año]		
	Transporte Particular	Transporte Colectivo					2017	2018	2019
Factor [kg NFU/año]	6,23	14,83	223,93	197,58	86,75				
I de Tarapacá	684	73	273	923	34	1.987	2.022	2.088	2.161
II de Antofagasta	875	113	715	2.025	103	3.831	3.898	4.024	4.165
III de Atacama	482	51	350	1.625	76	2.584	2.630	2.715	2.810
IV de Coquimbo	1.146	110	468	1.712	76	3.513	3.575	3.691	3.820
V de Valparaíso	2.935	215	1.407	3.623	156	8.336	8.482	8.757	9.064
VI de O'Higgins	1.502	122	857	2.568	194	5.243	5.334	5.508	5.701
VII del Maule	1.848	96	874	3.307	303	6.428	6.540	6.753	6.989
VIII del Biobío	2.976	168	1.662	4.624	376	9.806	9.978	10.302	10.663
IX de La Araucanía	1.240	80	702	1.966	190	4.179	4.252	4.390	4.544
X de Los Lagos	1.197	98	761	2.144	169	4.369	4.445	4.589	4.750
XI de Aysén	210	17	61	386	20	694	706	729	754
XII de Magall. y Antártica	373	48	116	560	59	1.155	1.175	1.214	1.256
XIII Metropolitana	11.214	857	3.398	11.891	552	27.911	28.400	29.323	30.349
XIV de Los Ríos	497	41	285	858	85	1.766	1.797	1.855	1.920
XV de Arica y Parinacota	421	54	151	555	36	1.219	1.240	1.280	1.325
Total País	27.599	2.144	12.080	38.768	2.430	83.020	84.473	87.218	90.271

Fuente: Elaboración propia en base a Factores de Generación de NFU desarrollados por GESCAM.

c) FACTOR GESCAM DE GENERACIÓN DE NMFU, SECTOR MINERO

La gran minería en nuestro país es un consumidor importantísimo de neumáticos de gran tamaño, los cuales una vez cumplida su vida útil, se convierten en residuos sólidos cuya disposición final se debe realizar en un relleno de residuos industriales o monorrelleno de neumáticos. Esta solución a pesar de su alto costo es necesaria, puesto que a la fecha no se ha conseguido levantar un proyecto que permita valorizar los materiales que los componen. De esta manera los Neumáticos Mineros Fuera de Uso (NMFU) no reciben tratamiento alguno, ya que las alternativas de manejo existentes, como el reciclaje, no han sido lo suficientemente atractivas para que este sector destine recursos en ello.

Con el objetivo de poder establecer un Factor de Generación de NMFU para la Minería, que permita estimar la generación de este residuo a nivel país, se realizó una investigación de los antecedentes de diversos proyectos mineros ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), que consideraran entre sus obras, sitios de disposición final para los NMFU de cada faena. Asimismo, se seleccionaron aquellos proyectos que contaran con información detallada respecto de las cantidades de NMFU generados anualmente, así como los modelos o medidas de los neumáticos desechados, esto a fin de corroborar los pesos con los catálogos de empresas del rubro presentes en el país (como Michelin, Pirelli, entre otras).

De esta manera fue posible encontrar dos proyectos que cumplían con los criterios establecidos anteriormente:

- DIA “Disposición de neumáticos mediante confinamiento en depósitos de lastre”, cuyo titular es Codelco Chile División Norte (hoy dividida en Chuquicamata y Radomiro Tomic). RCA N°0113/2006⁴⁴.
- EIA Proyecto “Proyecto Continuidad Operacional Cerro Colorado”, ingresado el 18 de julio de 2013, actualmente en calificación⁴⁵.

Ambos proyectos consideran la disposición de NMFU en zanjas especialmente diseñadas, para ello la DIA y EIA presentan la cuantificación mensual de los NMFU. De esta manera, contando con los antecedentes de la cantidad de NMFU generados en un año específico en cada una de estas faenas, se procedió a investigar la cantidad de material procesado y de material fino generado en los respectivos años, tanto en los Reportes de Sustentabilidad de cada empresa, como en el “Anuario de la Minería 2015”, de SERNAGEOMIN. Asimismo, para determinar el peso de las medidas de los NMFU

⁴⁴ Expediente del proceso de evaluación ambiental, revisado el 10 de abril de 2014, disponible en: [http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=1244916]

⁴⁵ Expediente del proceso de evaluación ambiental, revisado el 10 de abril de 2014, disponible en: [http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=8342382].

indicados en ambos proyectos, se utilizó el catálogo de precios de Michelin 2012, el que cuenta con las especificaciones técnicas de cada modelo⁴⁶.

En el caso particular del proyecto de Codelco, la DIA señala que se generan 80 NMFU mensuales, equivalentes a un total de 184,9 ton/mes, es decir 2.215,8 ton/año. En consideración a que los antecedentes de este proyecto fueron presentados en 2006, se buscaron los antecedentes de las toneladas de mineral fino procesado en esta faena durante el año anterior, correspondientes a 964.930 TMF (toneladas de material fino). De esta manera, para esta faena se estableció un Índice de Generación de NMFU de 0,00229 ton NMFU/TMF.

En cuanto al caso del proyecto de Cerro Colorado, en el EIA se declara que la cantidad de NMFU generados en un año corresponde a 18,9 neumáticos mes, 227 unidades anuales. Si bien en el caso de este EIA no se indicaban los pesos de los NMFU generados, dado que sí se presentaban las medidas o modelos de los neumáticos dados de baja, se investigó el peso de cada modelo, y se restó un 16% correspondiente al peso que un neumático pierde por el desgaste de la banda de rodamiento⁴⁷. De esta manera, y utilizando como antecedente las TMF procesadas en el año 2012, se estimó el Factor de Generación de NMFU de 0,01781 ton NMFU/TMF.

A los antecedentes ya presentados, se suma el análisis de la Encuesta del Consejo Minero en 2002, estudio realizado por GESCAM. A partir de los resultados de la encuesta presentada por la Minera Michilla, de Antofagasta Minerals, se logró determinar un tercer factor en función de las 54 toneladas de NMFU generadas y 51.800 TMN procesadas en 2002, estimándose un Factor de Generación de NMFU de 0,00104 ton NMFU/TMF.

De esta manera se decidió trabajar con el promedio ponderado de los tres factores estimados⁴⁸, de manera de contar con un valor que refleje de mejor manera los diferentes tamaños de las faenas mineras del país, promedio que corresponde a un Factor de Generación Neto de NMFU de 0,00283 ton NMFU/TMF.

Es importante señalar que este factor corresponde a la generación neta de residuos, es decir, posterior al recauchaje porque de acuerdo a la metodología empleada, el factor se asocia a los neumáticos efectivamente dados de baja, por lo tanto es posterior a cualquier proceso de valorización que se le haya dado al neumático.

⁴⁶ “Libro De Precios, Llantas Mueve Tierra e Industriales”, actualizado Marzo 2012 Edición México. Michelin.

⁴⁷ Entrevista Sr. José Brown, Gerente General CINC, Abril 2015

⁴⁸ El factor de generación de NMFU se estimó en base a antecedentes de la minería metálica (cobre, molibdeno, oro, plata y hierro), debido a la importancia de estas explotaciones en el país, responsables del 86% de los neumáticos mineros que quedan en desuso.

Tabla 22. Factor de Generación Neto NMFU

Faena Minera	Cantidad NMFU	Cantidad NMFU	Producción Material Fino	Factor de Generación NMFU	Participación producción por tamaño de empresa	Factor de Generación NMFU ponderado
	[NMFU/mes]	[ton/año]	[TMF/año]	ton NMFU/TMF		
Codelco Norte	80	2.218,00	964.930	0,002298612	95,5%	0,002832557
Cerro Colorado	18,9	1.302,40	73.100	0,017816689	3,5%	
Minera Michilla	-	54	51.800	0,001042471	1,0%	
Total					100,0%	

Fuente: Elaboración propia en base a: 1. DIA “Disposición de neumáticos mediante confinamiento en depósitos de lastre”, Codelco Chile División Norte, RCA N°0113/2006; 2. EIA Proyecto “Proyecto Continuidad Operacional Cerro Colorado”, ingresado el 18 de julio de 2013; 3. Encuesta del Consejo Minero en 2002,

Al evidenciar las diferencias de generación de NFU entre las faenas de Codelco Norte, Michilla y Cerro Colorado, es importante destacar que, Codelco Norte (actualmente Chuquicamata y Radomiro Tomic) corresponden a una mina de gran envergadura, cuyos vehículos deben recorrer importantes distancias para llegar al rajo, y por ende, el desgaste de sus neumáticos/ton mineral es mucho mayor. Esta situación no necesariamente es similar al de otras faenas menores, que tendrían más coincidencias con una faena como Cerro Colorado u otras de menor tamaño.

Por lo tanto, en base a estos factores y a la proyección del PIB, se estimó la generación de NMFU en la minería, obteniéndose los siguientes valores.

Tabla 23. Generación Neta NMFU en la Minería Metálica, año 2015, y proyección 2016-2019 [ton/año]

Minería Metálica	Producción TMF	NMFU [ton]				
	Año 2015	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
Cobre	5.832.551	16.521	16.785	17.079	17.634	18.251
Molibdeno	52.398	148	151	153	158	164
Oro	42.501	120	122	124	128	133
Plata	1.504.271	4.261	4.329	4.405	4.548	4.707
Plomo	2.979	8	9	9	9	9
Zinc	48.071	136	138	141	145	150
Hierro	9.147.839	25.912	26.326	26.787	27.658	28.626
Total	16.630.610	47.107	47.861	48.698	50.281	52.041

Fuente: Elaboración propia en datos del “Anuario de la Minería 2015”, de SERNAGEOMIN; y proyección del PIB 2017-2019 del Banco Central, julio 2017.

Posteriormente, y con el objeto de poder estimar la distribución de los NMFU mineros a lo largo del país, se utilizaron los antecedentes disponibles respecto de la ubicación de las faenas mineras de cobre (Cu) y hierro (Fe), y se distribuyó la generación a nivel regional. De igual modo que en la Tabla anterior, se presenta la estimación al año 2015 y se proyecta al 2016-2019 en base al PIB.

Tabla 24. Generación Regional de Neta NMFU en base a distribución faenas de Cu y Fe [ton/año]

Región	TMF 2015	Distribución	NMFU 2015	NMFU 2016	NMFU 2017	NMFU 2018	NMFU 2019
I Tarapacá	579.596	4%	1.919	1.949	1.983	2.048	2.120
II Antofagasta	3.108.358	22%	10.290	10.454	10.637	10.983	11.367
III Atacama	8.843.388	62%	29.275	29.743	30.264	31.247	32.341
IV Coquimbo	508.007	4%	1.682	1.709	1.738	1.795	1.858
V Valparaíso	295.323	2%	978	993	1.011	1.043	1.080
VI O'Higgins	487.153	3%	1.613	1.638	1.667	1.721	1.782
Metropolitana	401.715	3%	1.330	1.351	1.375	1.419	1.469
XV Arica	5.914	0%	20	20	20	21	22
VII Del Maule	17	0%	0,06	0	0	0	0
XI Aysén	831	0%	3	3	3	3	3
Total	14.230.302	100%	47.107	47.861	48.698	50.281	52.041

Fuente: Elaboración propia en base a “Anuario de la Minería 2015”, de SERNAGEOMIN; y proyección del PIB 2017-2019 en base a cifras del Banco Central, julio 2017.

Tal como se aprecia, destaca la Región de Atacama que genera el 62% de los NMFU de la minería del cobre y hierro.

d) RESUMEN CONSOLIDADO DE GENERACIÓN DE NFU Y NMFU EN BASE A FACTORES GESCAM

En función de los Factores de Generación de NFU y NMFU desarrollados por GESCAM tanto para el sector automotriz como para el sector minero, se obtienen los siguientes resultados de generación de neumáticos usados para el año 2016 y se proyectan al 2019 en base a la estimación del PIB del Banco Central.

Tabla 25. Generación Neta de NFU y NMFU a través de Factores de Generación GESCAM [unidades]

Origen	2016	2017	2018	2019
	[unidades]	[unidades]	[unidades]	[unidades]
Agrícola, Forestal e Industrial	56.016	56.996	58.849	60.908
Autos y camionetas	3.380.561	3.439.721	3.551.512	3.675.815
Camión y buses	1.302.645	1.325.441	1.368.518	1.416.416
Minería y Construcción ¹	29.381	29.895	30.867	31.947
Generación NFU y NMFU	4.768.603	4.852.053	5.009.745	5.185.086

Nota 1: Las unidades de NFU de Minería y Construcción, corresponden a estimación de la CINC, puesto que el factor de generación de GESCAM sólo entrega cifras en toneladas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Generación Neta de NFU y NMFU en base a Factores de Generación GESCAM [toneladas]

Origen	2016	2017	2018	2019
	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
Agrícola, forestal, construcción e industrial	2.430	6.629	6.855	7.094
Autos y camionetas	29.743	30.263	31.322	32.419
Camión y buses	50.848	51.738	53.549	55.423
Minería	47.861	48.698	50.281	52.041
Generación NFU y NMFU	130.881	137.328	142.007	146.977

Fuente: Elaboración propia en base a Factores de Generación GESCAM y proyección PIB del Banco Central, julio 2017.

Como se observa, durante el 2016 se estima se generaron aproximadamente 130.881 toneladas de neumáticos usados, de las cuales un 23% corresponde a vehículos livianos y el 77% restante corresponde a buses, camiones y vehículos industriales, forestales agrícolas y mineros.

e) COMPARACIÓN RESULTADOS METODOLOGÍA CINC v/s GESCAM

En función de los antecedentes presentados en este estudio, a partir de la metodología empleada por CINC para determinar la generación de NFU, y en base a los factores de generación estimados por GESCAM que permiten una distribución regional, se presenta una tabla comparativa, tanto para el parque automotriz como para el sector minero.

Tabla 27. Comparación estimaciones de generación NFU 2016, según metodología aplicada

Origen de los NFU	CINC	GESCAM
	[ton NFU]	[ton NFU]
Autos y camionetas	34.213	29.743
Agrícola, forestal e industrial	6.284	2.430
Camión y buses	45.118	50.848
Minería, construcción y Otros	46.236	47.861
Generación total	131.851	130.881

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por CINC y factores de Generación de NFU y NMFU desarrollados por GESCAM.

De acuerdo a los datos de la CINC, aproximadamente el 74% de los NFU tiene su origen en los vehículos de carga y transporte de pasajeros (camiones y buses) y en el sector minería, industria y construcción, mientras que a través de los factores de generación GESCAM, este sector explicaría el 77%.

En virtud de lo anterior, se observa que existiría una diferencia marginal de un 0,7% entre la generación de neumáticos usados estimada por la CINC y aquella proveniente de los factores GESCAM.

Las diferencias existentes se explican fundamentalmente en la metodología utilizada para estimar la generación. Mientras la CINC estima la generación en base a lo declarado en las glosas de importaciones de Aduana; GESCAM utiliza criterios de generación en base a la cantidad y tipo de vehículos que circulan, la cantidad de neumáticos que cada uno genera en función de su vida útil y su peso promedio ponderado en base al aro asociado a cada tipo de vehículo.

La importancia de contrastar estas cifras a nivel global, es que permite validar la metodología GESCAM para su aplicación a nivel regional y hasta comunal, lo cual no es posible a través de otras metodologías.

9. Mercado Actual y Demanda Potencial de los Productos Resultantes de la Valorización de los NFU

La gestión de los neumáticos fuera de uso es la menos desarrollada a nivel nacional lo que ocurre precisamente porque de los tres residuos objeto de este estudio, los NFU son los residuos que más dificultades presentan a la hora de su valorización puesto que no se ha desarrollado demanda en el mercado nacional que permita incentivar nuevos proyectos.

En este sentido, la puesta en vigencia de la REP ofrece una posibilidad cierta para que se desarrolle con mayor vigor este mercado que a la fecha es incipiente, valorizando menos del 6% de los NFU generados en el país.

La obligación de los productores de valorizar gradualmente una cierta cantidad de su NFU en función de sus importaciones y las metas que se impongan, conjuntamente con la eventual aplicación de una tarifa que permita dar viabilidad a la valorización de estos residuos, permitirán el desarrollo de una industria, hoy casi inexistente.

El mercado actual está compuesto por empresas dedicadas a valorizar los NFU a través de la Preparación para la Reutilización (Renovado y Recauchaje); empresas dedicadas al reciclaje material transformando los NFU en gránulos y polvo para aplicaciones posteriores; y empresas que los valorizan energéticamente como Cementos Melón y KONA Fuel.

En aquellos sectores productivos donde la compra de neumáticos es un ítem relevante en términos de costos, y además existe lo que se denomina “cultura del neumático”, es decir, una orientación al cuidado y mantención de este insumo, de manera de aumentar los rendimientos y la vida útil⁴⁹, se aplica mucho el recauchaje. Esto en Chile se da fuertemente en el sector de la minería, debido a lo estratégico de este insumo, siendo el proceso de **recauchaje** fundamental para el logro de este objetivo⁵⁰.

Respecto a las tasas de recauchaje, según ARNEC este proceso se aplica actualmente sólo a un 5% de los neumáticos de transporte de pasajeros y carga, y no se espera que aumente mientras sigan ingresando neumáticos de bajo precio y calidad no recauchables. También es importante considerar que el proceso de recauchaje no se aplica a neumáticos de vehículos

⁴⁹ Entrevista con Roberto Goldenberg, Gerente Comercial Planta de Recauchaje INSAMAR, Abril 2015.
⁵⁰ “Cuidados esenciales de un insumo clave”. Publicado el 7 de mayo de 2013. Disponible en [<http://www.mch.cl/reportajes/cuidadosesencialesdeuninsumoclave/>]. Revisado el 20 de marzo de 2015.

livianos, puesto que si bien existe la tecnología, la gran variabilidad de modelos y tamaños de neumáticos lo hace económicamente inviable⁵¹, pues sería necesario disponer de una cantidad indefinida de bandas de caucho para satisfacer la demanda.

Si bien las plantas de recauchaje en nuestro país buscan capacitar y acompañar a sus clientes en este aspecto (como los modelos de negocios de otros países), en Chile el recauchaje compite en precio con los neumáticos de bajo costo, por lo cual muchas empresas prefieren comprar neumáticos nuevos, pero de menor calidad y vida útil, y por ende, no recauchables, lo cual redundará en la generación de más residuos⁵².

Sin embargo, la dictación de la norma chilena NCh3374:2015, “Requisitos para el proceso de recauchaje”, es una estrategia que concretó la Asociación Gremial de Renovadores y Recauchadores de Neumáticos de Chile (ARNEC) que tuvo por objetivo estandarizar este proceso para que los consumidores puedan distinguir a las empresas profesionales en el área, entregando mayor seguridad e incentivando de esta manera el recauchaje y el uso de neumáticos recauchados⁵³.

El reciclaje, por otra parte, en su primera fase, requiere transformar los NFU en gránulo y polvo de caucho, para su valorización posterior. Esta actividad es desarrollada en Chile por POLAMBIENTE que obtiene pellet que comercializa o transforma en productos terminados; y BAILAC que transforma en pellet y polvo los neumáticos mineros de sus clientes del recauchaje en la minería y lo vende a otras empresas para la elaboración de productos terminados.

Las empresas en el mercado actual dedicadas a dar valor a este gránulo son actualmente dos, por una parte ENNAT con una producción de 1.000 ton/año de productos post formados y canchas de pasto sintético, y el mismo POLAMBIENTE que produce 1.000 ton/año de Tapeti, un producto aislante para pisos y muros.

La demanda futura tiene contractualmente buenas proyecciones. La designación de Chile como sede de los Juegos Panamericanos abre la posibilidad de aumentar sustancialmente la demanda de gránulo de caucho para la construcción de canchas sintéticas de caucho, tal como ocurrió con los Juegos Olímpicos que se realizaron en Brasil y que generaron una importante alza en la demanda de gránulo de caucho a POLAMBIENTE, puesto que el mercado brasileño no era capaz de satisfacerla.

⁵¹ Sr. Daniel Rojas, Gerente General ARNEC, Abril 2015.

⁵² Daniel Rojas, Gerente General ARNEC.

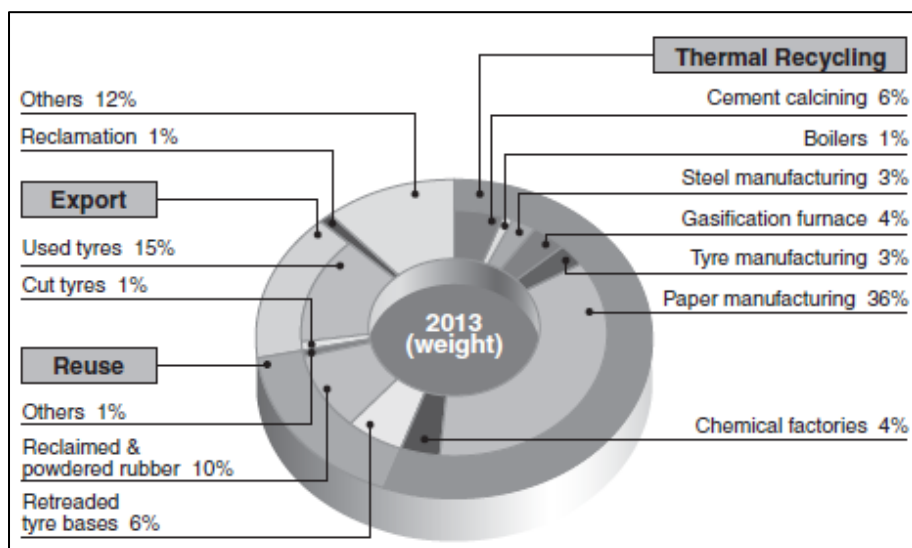
⁵³ ww.mch.cl/2015/05/07/tasa-de-recauchaje-de-neumaticos-se-incrementara-en-un-50-hacia-2020/

Además, la incorporación del polvo de caucho a las mezclas asfálticas, también es un proyecto de larga data en Chile y que ahora se podría materializar si se colocan los incentivos correctos por parte del Estado.

Finalmente, la valorización energética es la solución que han adoptado la mayoría de los países desarrollados en el mundo. Sin embargo en Chile sólo existe una planta autorizada para utilizar NFU como fuente de combustible: Cementos Melón, la cual procesa en la actualidad alrededor de 650 ton/año de NFU que le entrega POLAMBIENTE.

Estas cifras están muy lejos de los porcentajes de participación que la valorización energética de NFU posee en otros países: 42,4% en España en 2014⁵⁴, 55,89% en 2013 Francia⁵⁵, 35,73% Brasil en el periodo 2002 a 2006⁵⁶ y Japón con un porcentaje superior al 50%, como se observa en la siguiente figura.

Figura 16. Destino de NFU en Japón, 2013



Fuente: Tyres Industry Japan 2014. The Japan Automobile Tyre Manufacturers Association, Inc.

Pese a que ya existen tecnologías probadas para el uso de NFU como combustible a través de la pirólisis, algunas compañías como Harmony Energy han desarrollado mejoras tecnológicas específicas para la combustión de NFU, como la denominada TyrolysisTM⁵⁷, un proceso que no requeriría de la trituración del neumático para su incorporación en los hornos,

⁵⁴ www.signus.es

⁵⁵ ALIAPUR, Activity Report 2013. Disponible en [www.aliapur.fr]. Visitado el 30 de marzo de 2015.

⁵⁶ Lagarinhos y Tenório, "Tecnologias Utilizadas para Reutilização, Reciclagem e Valorização Energética de Pneus no Brasil". Depto. Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2008.

⁵⁷ Harmonic Energy Inc. (2015, Junio). Véase en: <http://harmonicenergyinc.com/tire-technologies-pyrolysis-retreading/tyre-carbonisation>

reduciendo costos por este y otros conceptos. Asimismo esta tecnología opera bajo continuo monitoreo digital y no se escapan vapores o calor por el sistema de alimentación.

No obstante, es importante señalar que, en general, los proyectos de valorización energética tienen externalidades negativas si no son bien ejecutados, lo cual redundaría en oposición por parte de las comunidades para su emplazamiento, y a su vez, la Autoridad Ambiental exige altos estándares en el control de emisiones, de manera que éstas cumplan con la normativa ambiental aplicable.

En Chile, sólo Cementos Melón cuenta con autorización ambiental para utilizar NFU en sus hornos como combustible alternativo, sin embargo existen otros sectores productivos como la siderurgia o la industria de celulosa y papel, que también podrían incorporar este residuo como insumo, lo cual sin embargo, exige modificaciones complejas de abordar en sus procesos productivos. Sin embargo, para facilitar la materialización de estas iniciativas es necesaria una política de fomento a este tipo de inversiones⁵⁸ que garantice un marco regulatorio ambiental con reglas claras y exigentes, en el contexto de la implementación de la Ley REP.

Cabe destacar que en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) ya se han presentado tres proyectos que involucran valorización energética en los últimos cuatro años, pero dos fueron No Admitidos a Tramitación y uno fue Desistido por el titular.

Al respecto es importante destacar que, desde la creación de la nueva Institucionalidad Ambiental (Ministerio del Medio Ambiente, Superintendencia del Medio Ambiente, Servicio de Evaluación Ambiental y Tribunales Ambientales) se ha potenciado la capacidad de fiscalización del cumplimiento de la normativa, así como también se ha aumentado el nivel de exigencia de los proyectos sometidos al SEIA. No obstante, los titulares de los proyectos aún se encuentran en una etapa de adecuación y sus implicancias, lo cual les ha impedido dar cabal cumplimiento a las exigencias ambientales tanto de las diversas normas ambientales como a las exigencias contenidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental, lo que ha significado paralizaciones temporales de algunos proyectos, o la aplicación de multas.

A pesar de lo anterior, en mayo del 2017 comenzó a operar en Talcahuano una planta valorizadora de NFU que mediante un proceso de pirólisis transforma estos residuos en un combustible equivalente al diésel. Esta planta contará a fines de año con una capacidad de procesamiento de 20 ton/día de NFU, generando pyro-oil para generación eléctrica con plantas de 3 MW. Además, durante el año 2018, se instalará otra planta de igual capacidad en la ciudad de San Fernando⁵⁹.

⁵⁸ Entrevista Sr. José Brown, mayo 2015.

⁵⁹ Entrevista telefónica con el Sr. Arturo Rock, Gerente General de KONA Fuel, agosto 2017

B. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LOS BATERÍAS Y SUS RESIDUOS

En el mundo de hoy, la energía eléctrica es un elemento tan importante que dependemos para todo de ella, pudiendo generarse de muchas maneras, pero independientemente de esto, se nos presenta de dos formas principales, como Corriente Alterna (llamada comúnmente “AC”), y como Corriente Continua (llamada comúnmente “DC”).

La AC es la que todos conocemos, ya que hace funcionar prácticamente todos los electrodomésticos de nuestras casas, la iluminación en general, etc. La DC es otra forma de administrar la energía eléctrica, que entre otras cosas, es posible almacenar en **Baterías**, aunque la denominación general más apropiada es la de **Acumuladores Eléctricos**.

Los acumuladores eléctricos tienen la característica de recibir y almacenar la energía eléctrica, siendo capaces de entregarla cuando sea requerida.

A pesar del gran esfuerzo realizado en investigación de los diferentes tipos de materiales los **acumuladores o baterías de plomo-ácido** son las preferidas e insuperables hasta el momento, por el amplio rango de aplicaciones que tienen. El **plomo** es abundante y no demasiado caro y es por esta razón es idóneo para la producción de **baterías** de buena calidad en grandes cantidades.

Las **baterías de plomo ácido** arrancan millones de automóviles todos los días, brindan energía de emergencia a los sistemas de maniobras de las centrales eléctricas que iluminan las casas y dan energía a nuestras fábricas, mejoran la calidad y confiabilidad de las telecomunicaciones, funcionan como backup de energía de las computadoras, brindan iluminación de emergencia, son el corazón de los sistemas de alarmas, intervienen en la energía necesaria para el funcionamiento de ferrocarriles, subterráneos y aviones, empujan a miles de auto elevadores eléctricos en plantas industriales, arrancan grupos electrógenos Diesel, proveen para señalamiento y balizamiento marítimo, almacenan energía solar y eólica para su posterior uso, entre otras aplicaciones que sería muy largo de enumerar.

Una batería o acumulador eléctrico es un dispositivo electroquímico que permite almacenar energía en forma química mediante un proceso de carga, y liberarla como energía eléctrica mediante reacciones químicas reversibles cuando se conecta con un circuito de consumo externo. Todas las baterías son similares en su construcción y están formadas por un número de celdas compuestas de electrodos positivos y negativos, separadores y de electrolito. El tamaño, el diseño interno y los materiales utilizados determinan la cantidad de energía disponible de cada celda.

Tal como ya se señaló, el tipo de acumulador más usado en la actualidad es la batería de plomo ácido. En ella, los dos electrodos están hechos de plomo y el electrolito es una solución de agua destilada y ácido sulfúrico, en virtud de lo cual contienen componentes peligrosos y potencialmente contaminantes que requieren de un manejo adecuado una vez finalizada su vida útil.

Componentes de la batería de plomo ácido

En una batería de plomo ácido se distinguen los siguientes componentes:

Electrolito: Solución diluida de ácido sulfúrico en agua (33,5% aproximadamente) que puede encontrarse en tres estados: líquido, gelificado o absorbido.

Placas o electrodos: Estas se componen de la materia activa y la rejilla. La materia activa que rellena las rejillas de las placas positivas es dióxido de plomo, en tanto la materia activa de las placas negativas es plomo esponjoso. En estas últimas también se emplean pequeñas cantidades de sustancias tales como sulfato de bario, negro de humo y lignina.

Rejillas: La rejilla es el elemento estructural que soporta la materia activa. Su construcción es a base de una aleación de plomo con algún agente endurecedor como el antimonio o el calcio. Otros metales como el arsénico, el estaño, el selenio y la plata son también utilizados en pequeñas cantidades en las aleaciones.

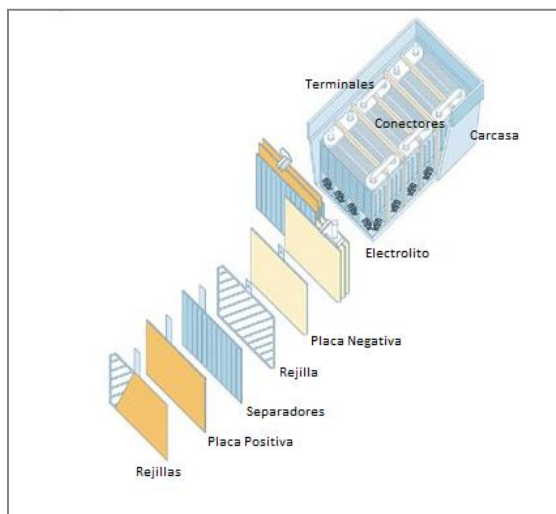
Separadores: Los separadores son elementos de material microporoso que se colocan entre las placas de polaridad opuesta para evitar un corto circuito. Entre los materiales utilizados en los separadores tipo hoja se encuentran los celulósicos, los de fibra de vidrio y los de PVC. Los materiales utilizados en los separadores tipo sobre son poliméricos siendo el más utilizado el PE.

Carcasa: Es fabricada generalmente de polipropileno y en algunos casos de ebonita (caucho endurecido); en algunas baterías estacionarias se utiliza el estireno acrilonitrilo (SAN) que es transparente y permite ver el nivel del electrolito. En el fondo de la carcasa hay un espacio vacío que actúa como cámara colectora de materia activa que se desprende de las placas.

Conectores: Piezas destinadas a conectar eléctricamente los elementos internos de una batería; están hechos con aleaciones de plomo-antimonio o plomo-cobre.

Terminales: Bornes o postes de la batería a los cuales se conecta el circuito externo. Generalmente las terminales se fabrican con aleaciones de plomo.

Figura 17. Componentes y estructura interna de acumuladores de plomo convencionales



Fuente: “Guía Técnica sobre Manejo de Baterías de Plomo-Ácido usadas”, Proyecto CONAMA / GTZ; Gestión de Residuos Peligrosos en Chile.

La composición en peso de una batería convencional se presenta en la siguiente Tabla.

Tabla 28. Composición en peso de una batería de plomo ácido

Componente	% Peso
Plomo (plomo, dióxido de plomo, sulfato de plomo)	65%-75%
Electrolito (ácido sulfúrico)	15%-25%
Separadores de plástico	5%
Caja de plástico	5%

Fuente: “Guía Técnica sobre Manejo de Baterías de Plomo-Ácido usadas”, Proyecto CONAMA/GTZ, 2010.

Los acumuladores de plomo tienen numerosas aplicaciones y sus tamaños y pesos van desde 0,3 kg (baterías para sistemas de alimentación ininterrumpida) hasta 10.000 kg (bancos de baterías que proporcionan energía de respaldo a equipos de telecomunicaciones).

Las baterías de plomo-ácido poseen dos sustancias peligrosas: el electrolito ácido y el plomo. El primero es corrosivo, tiene alto contenido de plomo disuelto y en forma de partículas, y puede causar quemaduras en la piel y los ojos. El plomo y sus compuestos (dióxido de plomo y sulfato de plomo entre otros) son altamente tóxicos para la salud humana, ingresan al organismo por ingestión o inhalación y se transportan por la corriente sanguínea acumulándose en todos los órganos, especialmente en los huesos. La exposición prolongada puede afectar el sistema nervioso central, cuyos efectos van desde sutiles cambios

psicológicos y de comportamiento, hasta graves efectos neurológicos, siendo los niños la población en mayor riesgo.

Las baterías o acumuladores de plomo-ácido pueden clasificarse de acuerdo a su aplicación. Las Baterías de Arranque se utilizan en el parque automotriz; las de Tracción son utilizadas en vehículos o maquinaria eléctrica, mientras que las Estacionarias son de amplio uso en comunicaciones, alarmas, iluminación, etc.

Baterías Automotrices

Destinadas al arranque de vehículos. Tienen que ser capaces de descargar el máximo de corriente posible en un corto espacio de tiempo manteniendo un alto voltaje, debiendo ser capaces de soportar muchas descargas incluso con cambios fuertes de temperatura. El peso, el diseño y la forma son también características determinantes.

Para poder cumplir su tarea principal que es arrancar un motor, necesitan mucha energía en un periodo corto de tiempo, lo cual puede lograrse con una gran área de superficie de electrodo, un pequeño espacio entre placas y unas conexiones “heavy-duty” (resistentes a duros servicios) entre celdas.

Funciones de la batería automotriz.

- Proporcionar energía al motor de arranque, el sistema de inyección y el sistema de ignición, para encender el motor.
- Ofrecer energía adicional cuando la demanda eléctrica del vehículo excede la que puede proporcionar el alternador.
- Proteger el sistema eléctrico, estabilizando la tensión y compensando o reduciendo las variaciones que pudieran ocurrir dentro del sistema.

Baterías de Tracción

Es una batería que ha sido diseñada para soportar un alto ciclado, es decir una gran secuencia de descargas, seguidas de las correspondientes recargas. Obsérvese que, una batería para uso estacionario tendrá conectado un cargador conectado a la red pública, por lo cual su descarga será muy baja. En cambio, una batería que alimenta un vehículo eléctrico, como un elevador eléctrico, todos los días tendrá un ciclo de descarga, mientras la máquina se encuentra trabajando, a lo que seguirá una carga durante el tiempo en que el operador descansa, es decir, las baterías de tracción están sujetas a una constante y relativamente pequeña descarga, durante largos periodos de tiempo, lo que supone un alto grado de descarga.

Las baterías de tracción tienen electrodos muy gruesos con rejillas pesadas y un exceso de material activo, debiendo recargarse, preferiblemente de 8 a 16 horas cada día antes de que se vuelvan a descargar.

Se utilizan para entregar energía utilizada directamente para dar movimiento a un equipo, como ser un elevador eléctrico, una locomotora de minas, un carro de golf, etc.

Baterías Estacionarias

Para usos en comunicaciones, señalamientos, alarmas, iluminación, accionamiento, etc. Las baterías estacionarias están constantemente siendo cargadas y se debe tener cuidado de evitar que se sequen o cual se controla mediante un rectificador auto-regulado. Este rectificador puede también alimentar a un consumo, como en el caso de las centrales telefónicas, o a otro equipo de conversión de energía, como en el caso de las UPS. En los sistemas de iluminación de emergencia, en cambio, el rectificador sólo alimenta a la batería. En cualquier caso, lo importante es que la batería se descarga con muy poca frecuencia y el rectificador debe recargarla, luego de una descarga, y mantenerla perfectamente cargada, compensando la auto-descarga interna. El electrolito y el material de la rejilla del electrodo están diseñados de forma que se minimice la corrosión.

Las baterías para aplicaciones estacionarias pueden ser de cualquier tecnología. No obstante, en el caso de optarse por electrolito líquido, las rejillas normalmente son con aleación de plomo-calcio para que la reposición de agua destilada sea poco frecuente. Las placas pueden ser tanto planas como tubulares siendo las de placas planas las de más bajo costo.

1. Ciclo de vida de los de las Baterías y las BFU

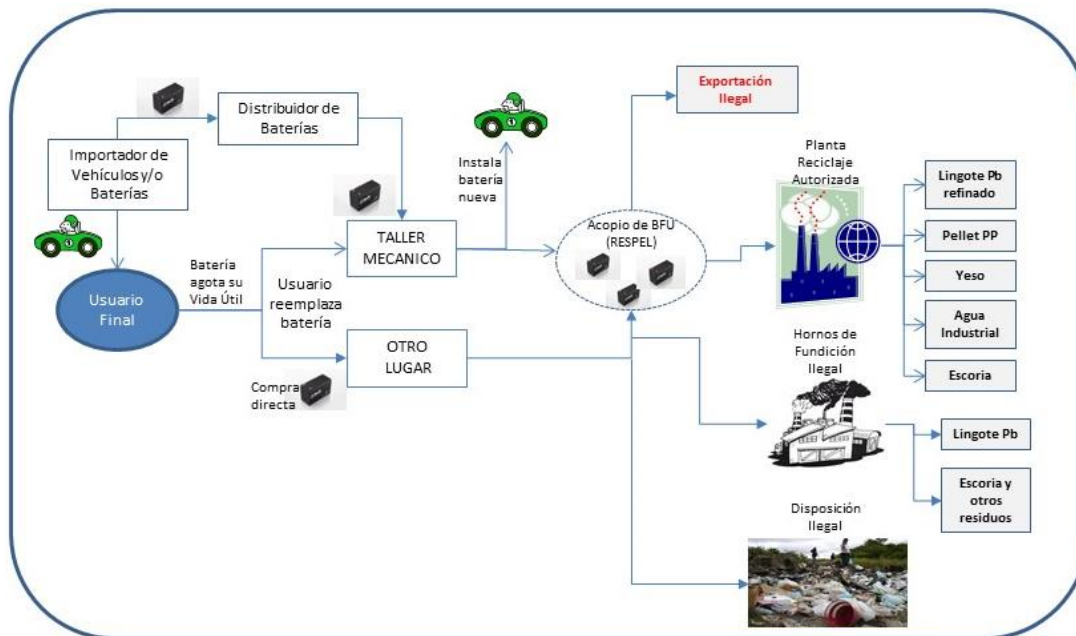
Las baterías ingresan al país como componente de un vehículo o maquinaria importada, o bien como producto reposición para el reemplazo de baterías que han agotado su vida útil.

Una vez que esto ocurre, en el caso de los vehículos son por lo general llevados a un taller mecánico para el recambio; mientras que las maquinarias o equipos son atendidos in situ.

La recuperación de plomo de baterías usadas brinda importantes incentivos económicos ya que se consume mucha menos energía reciclando el plomo contenido al interior de una batería que produciendo plomo primario a partir de mineral. La producción de plomo secundario requiere de 35% a 40% menos energía que la necesaria para producir el plomo primario. La elaboración del plomo secundario por reciclaje de BFU puede sustituir la necesidad de importar mineral de plomo de otros países. El reciclaje de plomo también reduce en gran medida las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la minería y la fundición primaria.

A continuación se presenta un esquema que refleja el Ciclo de Vida de una batería automotriz.

Figura 18. Ciclo de Vida de una Batería Automotriz



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, una vez que la batería ingresa al país y cumple su vida útil, es reemplazada en un taller mecánico o bien in situ. La vida de una batería de arranque que son las que utilizan los vehículos, varía considerablemente en función de factores tales como la composición de las placas; modo de empleo y mantenimiento. Una batería de automóvil puede durar hasta seis años, no obstante, en la práctica sólo el 30% del total llega a ese límite; el 70% restante debe ser reemplazado luego de 6 a 48 meses de uso⁶⁰.

Por otra parte, las baterías de tracción, están especialmente construidas para suministrar energía a vehículos eléctricos tales como grúas horquillas, transpaletas y apiladores eléctricos, carros de golf y sillas de rueda. Las baterías de tracción están diseñadas para suministrar cantidades relativamente bajas de corriente por largos períodos de tiempo, soportando un elevado número de ciclos profundos de carga y descarga. Para mejorar la resistencia al ciclado profundo se utilizan rejillas de plomo antimonio. Estas baterías tienen un número menor de placas que las de arranque, pero más gruesas (1,8-2,8 mm en carros de golf y 6 mm o más en grúas horquillas).

⁶⁰ “Guía Técnica sobre Manejo de Baterías Plomo Ácido Usadas”, CONAMA-GTZ.

Finalmente las baterías estacionarias están diseñadas para aplicaciones en sistemas de alarma de incendios, alumbrado de emergencia, sistemas de alimentación ininterrumpida o UPS (por sus siglas en inglés, Uninterruptible Power Supply) y telecomunicaciones, entre otros. Las baterías estacionarias están constantemente siendo cargadas (carga de flotación) para compensar la pérdida de capacidad debido a la autodescarga, y están construidas para resistir descargas profundas esporádicas⁶¹.

A nivel nacional, ya existe un sistema de entrega, recambio y almacenamiento de BFU a través de talleres mecánicos, servitecas y distribuidores locales⁶². Luego de un proceso de almacenamiento por empresas formales e informales dedicadas a esta actividad, las BFU son transportadas a la planta de tratamiento de RAM en Calama, única planta actualmente autorizada en Chile para reciclar este residuo, obteniéndose lingotes de plomo (52%), pellet de polipropileno (9%), yeso, agua industrial (19%) y escoria (20%). Los dos primeros con valor comercial.

2. Actores relevantes del mercado de las Baterías y las BFU

En Chile no se fabrican baterías de ningún tipo, por lo tanto la demanda es satisfecha en su totalidad por importaciones, principalmente traídas desde Corea del Sur, China, Colombia, y Estados Unidos. Sin embargo, no sólo ingresan baterías como producto final para recambio sino que también lo hacen como componente de vehículos o de maquinarias que las requieren para su funcionamiento, para las cuales el origen es más amplio.

De acuerdo a la base de datos de importaciones de Aduana, durante el año 2016 se importaron aproximadamente 2.202.762 de unidades de baterías de todo tipo, correspondiendo el 70% a baterías de plomo ácido y el 30% restante, a baterías con otro componente activo. Existe una proporción no menor de importación de partes y piezas que alcanza las 458.973 unidades. Durante este mismo año se contabilizaron aproximadamente 738 importadores de baterías, sin embargo sólo 7 concentran el 61% del mercado⁶³.

A nivel mundial, se estima que en los próximos treinta años el parque automotriz se duplicará, llegando a 1.600 millones vehículos. Sin embargo, la irrupción de las baterías de litio para el mercado de autos eléctricos, podría cambiar este escenario de las baterías plomo-ácido, lo cual se estima empezaría a afectar el mercado a partir del año 2022⁶⁴.

Los actores y el rol que juegan cada uno en este mercado son los que se indican en la tabla a continuación.

⁶¹ RYA, Ingenieros Consultores para CONAMA-GTZ, “Diagnóstico de Importación y Distribución de Baterías y Manejo de Baterías de Plomo Ácido Usadas”, Noviembre 2009.

⁶² “Evaluación económica, ambiental y social de la implementación de la REP en Chile”, ECOING, Dic. 2011.

⁶³ Base de Datos de Importaciones de Aduana, 2016.

⁶⁴ <https://www.df.cl/noticias/empresas/mineria/mercado-de-baterias-de-litio-movera-mas-de-us-46-000-millones-hacia/2016-04-13/104647.html>

Tabla 29. Actores del Mercado de Baterías

ACTOR	ROL
Productor, en este caso importador.	Abastecer el mercado nacional de baterías de reposición para vehículos y maquinarias.
Aduana	Gestionar y fiscalizar las operaciones de importación y exportación, resguardando los intereses del Estado y recaudando los derechos e impuestos asociados.
Distribuidor	Logística, almacenaje y muchas veces el financiamiento de importaciones otorgando crédito al comercio mayorista.
Grandes consumidores mayoristas	Intermediario entre el que importa el producto y el consumidor final del mismo, generalmente sin tratar con un distribuidor.
Puntos de Venta a consumidor final	Corresponde al local comercial en el cual se ofrecen a la venta los vehículos, maquinaria o baterías de reposición.
Talleres Mecánicos	Establecimiento comercial donde se reparan las fallas de los automóviles o maquinarias; o bien donde se reemplazan repuestos que han llegado al fin de su vida útil.
Consumidor directo	Es el dueño o usuario del vehículo o bien el que compra la batería para reemplazar una que ya ha cumplido su vida útil.
Recicladores de Base	Cumple el rol de recuperador primario, realizando el oficio de recolectar, seleccionar, recuperar, transformar, comercializar y reutilizar los residuos sólidos. Cumple la labor de reciclar en el primer eslabón de la cadena de comercialización y recuperación de material (definición Wikipedia).
Municipalidades a través de Puntos Limpios	Administrar y poner a disposición de la comunidad un lugar ambientalmente adecuado para la recolección de residuos reciclables y reutilizables, supervisando su buen funcionamiento y servicio.
Plantas de Tratamiento	Procesar las BFU transformándolas en subproductos comercializables en el mercado.
Compradores de Plomo en lingotes	Compradores principalmente en el mercado externo para la fabricación de nuevas baterías y otros productos.
Compradores de pellet de PP	Compradores en el mercado interno o externo que utilizan el pellet de Polipropileno para la fabricación de nuevos productos plásticos.
Ministerio de Salud	Rol fiscalizador de cumplimiento de normativa sanitaria.

Fuente: Elaboración propia.

Los mecanismos de gestión de BFU existentes en la actualidad son aquellos que genera el mercado, puesto que las BFU son residuos con valor económico intrínseco en virtud de su contenido de plomo. Tanto es así que en el pasado eran exportados a Venezuela, Perú y Corea del Sur, hasta que en una acción conjunta pública/privada entre CONAMA, MINSALUD y AEPa, en el año 2010 fue dictado el Decreto N° 2 del Ministerio de Salud que, siguiendo los lineamientos del Convenio de Basilea, prohíbe el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, en este caso, baterías de plomo usadas, desde Chile a terceros países no OCDE, mientras exista capacidad de procesamiento en Chile. Sin embargo, recientemente en marzo 2017, el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad aprobó el Reglamento de Movimientos Transfronterizos a través del cual se permite la exportación de residuos peligrosos a países OCDE. Este Reglamento sin embargo, aún requiere otras instancias de aprobación para entrar en vigencia.

Actualmente, RAM es la única empresa en Chile que está autorizada para reciclar baterías de plomo y dispone de una capacidad de procesamiento autorizada de 49.476 toneladas año⁶⁵, lo que equivale a 4.123 ton/mes de BFU enteras (2.680 ton de componentes plomados, 412 ton de plástico y 1.030 ton de electrolito líquido). Sin embargo, durante todo el período que ha sido la única planta autorizada en el país, no ha sobrepasado las 2.000 ton/mes de BFU, lo que corresponde a menos del 50% de su capacidad autorizada. Estas cifras también dan cuenta del hecho de que existe una gran cantidad de BFU cuyo destino es desconocido, pudiendo ser éste la exportación ilegal, la fundición ilegal o depósito en lugares no autorizados⁶⁶.

De acuerdo a las estimaciones actuales de generación de BFU, en Chile a través de la planta RAM, existiría capacidad instalada para tratar el 100% de las BFU generadas. Sin embargo, la realidad es que existen fundiciones ilegales que posibilita que una proporción de estos residuos se procese sin control sanitario, poniendo en riesgo la salud de la población y el medio ambiente.

Otra alternativa de valorización existente del mercado nacional es la Regeneración de Baterías Estacionarias, un proceso de tipo Preparación para la Reutilización. Este proceso era desarrollado por la empresa Ruta Andina, con tecnología canadiense y norteamericana, y permitía aumentar el rendimiento de las baterías industriales y extender su vida útil, mediante una limpieza interna profunda que eliminaba el sulfato de las placas. El proceso de Regeneración garantiza entre un 85% y 100% de recuperación, lo que equivale a mínimo 5 horas de uso versus 6 horas de una batería nueva, pudiendo de esta forma extender hasta 5 ciclos de vida útil con la misma batería. Esta empresa sin embargo, por razones que se desconocen, ya no está ofreciendo este servicio en la actualidad.

⁶⁵ Resolución Exenta N° 8862 de 18/12/2015 de la SEREMI de Salud de Antofagasta

⁶⁶ Memoria Técnica: Procesos, Capacidad Autorizada v/s Capacidad Instalada, RAM LTDA. Enero 2015

3. Normativas que los rigen el mercado de las Baterías y las BFU

Para el caso de las baterías, no existe una regulación jurídica específica para estos productos. De hecho, para las BFU la regulación específica existente es tan solo el D.S. 2/2010 MINSAL que regula la autorización de movimientos transfronterizos de residuos peligrosos consistentes en baterías de plomo usadas, el cual prescribe lo siguiente:

1°.- Se prohíbe el movimiento transfronterizo de baterías de plomo usadas, desde Chile a terceros países, en tanto existan en el país instalaciones con capacidad para procesar estos residuos peligrosos.

Cabe señalar, que lo prescrito en el decreto transcrito, se ajusta a lo establecido por la Convención de Basilea que regula el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, ratificado por el D.S. N° 682/1992 MINREL, en específico en lo establecido en su artículo 4 número 9 letra a), que señala:

Artículo 4

Obligaciones generales

9. Las Partes tomarán las medidas apropiadas para que sólo se permita el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos si:

a) el Estado de exportación no dispone de la capacidad técnica ni de los servicios requeridos o de lugares de eliminación adecuados a fin de eliminar los desechos de que se trate de manera ambientalmente racional y eficiente (...)

A esto se agrega que, según Dictamen de la Contraloría General de la República N° 61.053, luego de solicitud del Sr. Hernán Duran de la Fuente, en representación de la Asociación de Empresas y Profesionales para el Medio Ambiente (AEPA), se ha señalado que, “la simple trituración o separación de los componentes de las baterías de ácido plomo usadas no las exime de su condición de residuo peligroso ni del tratamiento que a ellas debe realizarse, de modo que estima que tales elementos están incluidos dentro de la prohibición de movimiento transfronterizo contenida en el decreto N° 2, de 2010, ya individualizado”. Por lo tanto, es necesario señalar, que no será posible exportar, bajo ningún motivo, ni en cualquier estado material que se encuentren, las baterías de plomo usadas de nuestro país al extranjero.

Sin embargo, el Decreto anterior queda sin efecto al aprobarse en marzo 2017, el Reglamento de Movimientos Transfronterizos de residuos importados a Chile, exportados desde Chile a terceros países y en tránsito por zonas de jurisdicción nacional. Este Reglamento fue aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y permite la exportación de residuos peligrosos a países OCDE.

Acuerdos de Producción Limpia Relacionados

Al respecto, el APL respectivo a las BFU, guarda relación con las particularidades del mercado, en que existe tan sólo una empresa autorizada para su reciclaje, con un activo mercado informal, fomentado por las exclusiones de declaración al Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos (SIDREP) en algunos casos.

En este escenario es que son fijadas las siguientes metas:

- Meta N° 1: Diseñar e iniciar la operación de, al menos, un sistema de gestión colectiva para las baterías fuera de uso que permita aumentar la recolección y mejorar la trazabilidad actual
- Meta N° 2: Mejorar la información base del sector, como insumo para el futuro decreto supremo que establecerá metas de recolección y valorización
- Meta N° 3: Promover acciones de capacitación y difusión para los distintos actores del rubro de las baterías automotrices

Para las baterías, cabe señalar que a diferencia del caso de los NFU, este APL se encuentra dirigido a los importadores de estos productos al país, quienes son los productores regulados por la Ley N° 20.920.

4. Producción nacional e importaciones de Baterías

Chile no es productor de baterías de ningún tipo, por lo tanto, todas las baterías que se consumen en el país son importadas.

A partir de los registros de importaciones de Aduana es posible clasificar las importaciones de baterías por país de origen y por importador, pero al igual que con los neumáticos, con cierto grado de dificultad, puesto que las empresas intentan “disfrazar” sus importaciones para mantener la confidencialidad de sus participaciones de mercado.

Sin embargo, en base a la identificación de las glosas de importación de baterías y de ciertos ajustes a la base de datos de importaciones, es posible determinar que existen aproximadamente 740 importadores desde 57 países diferentes, siendo las marcas asiáticas las líderes del mercado.

Para efectos de conocer la participación de los distintos tipos de batería en el mercado nacional, se han identificado dos variables fundamentales que guardan relación con el tipo de tratamiento que reciben una vez finalizada la vida útil, y con su peso promedio, dependiendo del vehículo o maquinaria a la cual está destinado. La categoría principal las distingue en relación al material activo con que están elaboradas, esto es, **Con Plomo y Sin Plomo**; y la categoría secundaria, las clasifica por tipo de uso, su Tipo, esto **Arranque, Tracción o Estacionaria**, lo cual permite conocer su destino (vehículo de transporte, vehículo industrial o maquinaria industrial) y estimar su peso promedio, lo permite cuantificar y proyectar la generación de BFU en función de su actividad y vida útil.

En relación a la batería automotriz que representa aproximadamente el 70% de las importaciones anuales, se define otra subcategoría que se relaciona con el tipo de vehículo para el cual ha sido diseñada. Para caracterizar esta distinción se usará la norma americana BCI que, para estos efectos, permite distinguir dos tipos de batería, lo que en la norma americana equivale a la caja 42 que es utilizada por los vehículos tipo sedán, citycar, station wagon; y la caja 27 que utilizan los vehículos de mayor potencia, tales como camionetas, SUV, furgón, minibús o jeep. La diferencia entre ambas cajas es su dimensión y su peso. El uso de la norma americana es sólo por simplificación, puesto que cada vehículo requiere un tipo de batería específico determinado por el fabricante, pero que mantendrá ciertos estándares técnicos de capacidad de arranque, voltaje y potencia, que tienen su equivalente en la norma europea (DIN) o japonesa (GIZ).

Las baterías a tracción diseñadas para vehículos eléctricos y las estacionarias o de reserva se asocian al sector industrial y representan aproximadamente el 30% de las importaciones anuales.

Las baterías estacionarias presentan gran variabilidad en cuanto a dimensión y peso, tal como se observa en la figura a continuación, sin embargo tienen en común una extensa vida útil, si se las mantiene correctamente a la temperatura adecuada.

Figura 19. Modelos de Baterías Estacionarias



En base a estas variables de clasificación y a los tipos de vehículos y maquinaria que las utilizan, se identificaron las glosas de importación asociadas, como se muestra en el cuadro a continuación.

Tabla 30. Categorías Principal de Baterías, por Contenido y Glosa de Importación

PRODUCTO PRIORITARIO	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICA	POSICIÓN ARANCELARIA	DESCRIPCIÓN GLOSA de IMPORTACIÓN
BATERÍAS	C1	Contiene Plomo	85071010	ACUMULADORES ELECTRICOS DE PLOMO, QUE FUNCIONEN CON ELECTROLITO LIQUIDO
			85072000	LOS DEMAS ACUMULADORES DE PLOMO
			85071090	LOS DEMAS ACUMULADORES ELECTRICOS, DE PLOMO, DEL TIPO UTILIZADOS PARA ARRANQUE
	C2	No Contiene Plomo	85073000	ACUMULADORES DE NIQUEL-CADMIO
			85074000	ACUMULADORES DE NIQUEL-HIERRO
			85078000	LOS DEMAS ACUMULADORES ELECTRICOS
			85079000	PARTES DE ACUMULADORES ELECTRICOS

Fuente: Elaboración propia en base a información recabada con los principales actores del mercado.

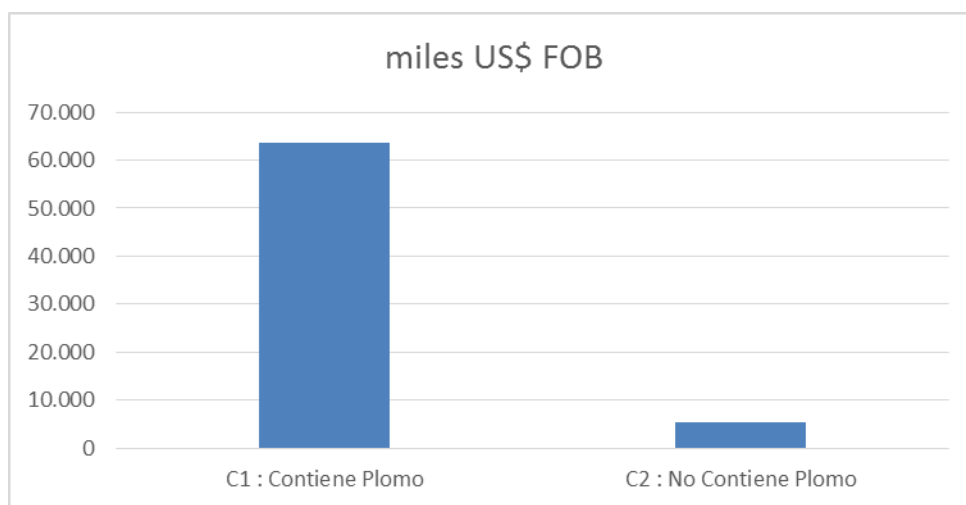
Tabla 31. Categorías Secundarias de Baterías, por Tipo de Uso y Glosa de Importación

PRODUCTO PRIORITARIO	CATEGORÍA	POSICIÓN ARANCELARIA	SUBCATEGORÍA	Característica Técnica	Uso	Rango de peso	
BATERÍAS	C1	85071010	Arranque (Caja 42)	45-55 Ah, 12 volt, 2-4 años vida útil	vehículos livianos del tipo sedán, citycar, station wagon.	8-13 kg	
		85072000	Arranque (Caja 27)	60-80 Ah, 12 volt, 2-4 años vida útil	vehículos livianos tipo furgón, camioneta, SUV, minibus, etc. y vehículos pesados y OTR.	15-24 kg	
		85071090	Tracción	150-220 Ah, 2-6 volt, 0,7-2 años vida útil	Gran variedad de uso vehicular de tracción, Industrial	17-50 kg/celda	
			Estacionaria	250-1200 Ah, 12 volt, 10-20 años vida útil	Telecomunicaciones, centrales eléctricas, almacenamiento	400 kg-1.280 kg	
	C2	85073000	Otros Usos		1,2 volt	Equipamiento médico, radiocontrol, equipos de seguimiento, herramientas profesionales (construcción, agricultura, etc.)	21-220 gr
		85074000		55-500 Ah, 30-40 años vida útil	Uso limitado, actualmente en paneles solares y turbinas eólicas.	3-20 kg	
		85078000					
		85079000					

Fuente: Elaboración propia en base a información recabada con los principales actores del mercado.

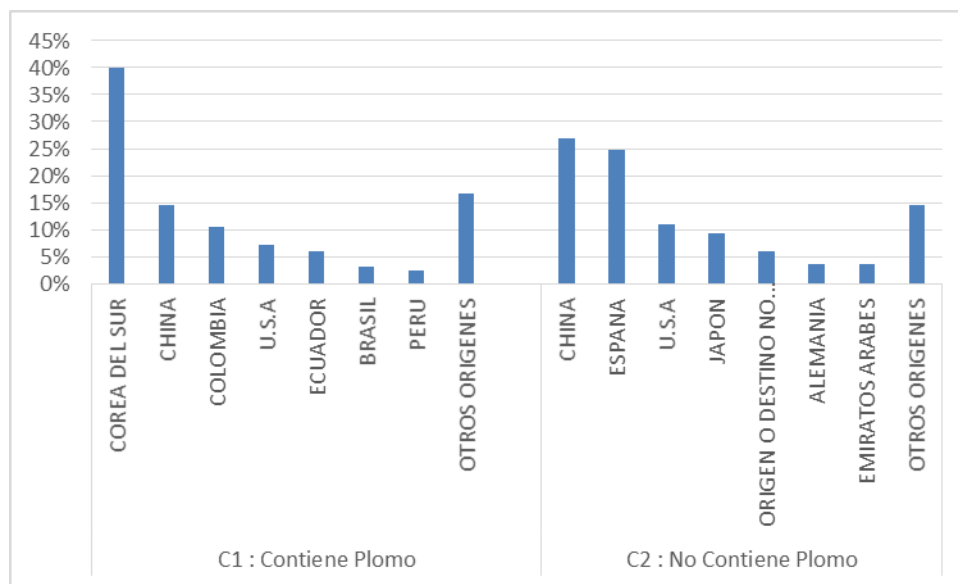
En base a estas categorías, se procesó la Base de Datos de importaciones de los años 2014, 2015 y 2016, obteniéndose los siguientes resultados para el 2016, en participación de mercado por empresa y por país de origen, en millones de dólares FOB, según categoría de Baterías (ver Anexo N°2, para tablas resumen de base de datos de importaciones).

Figura 20. Participación de mercado de Baterías, por Categoría, de acuerdo a Glosa Importación, 2016



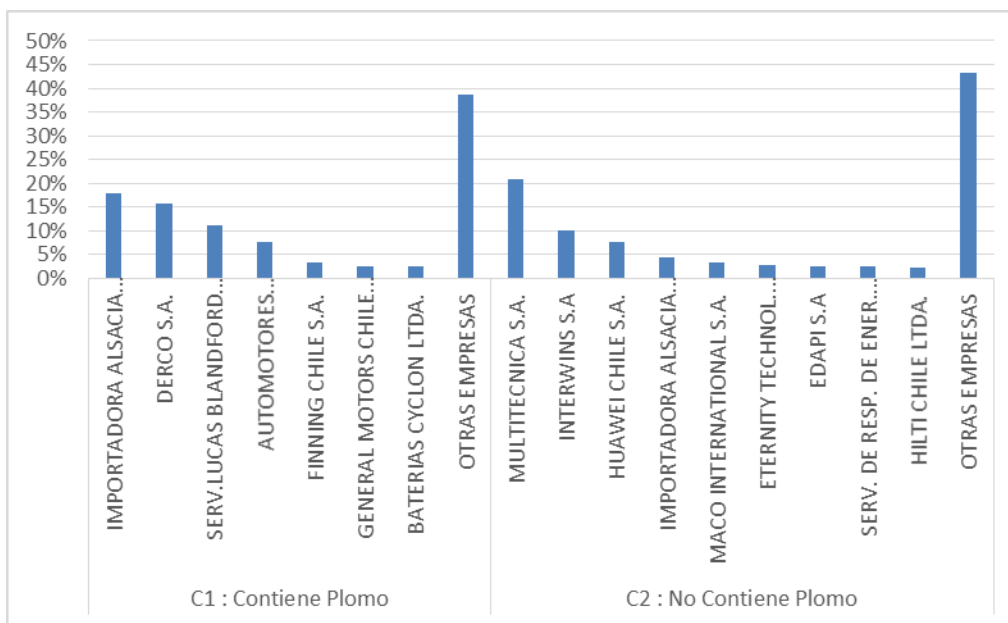
Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Figura 21. Participación de Mercado de Baterías, por Categoría y País de Origen, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Figura 22. Participación de Mercado de Baterías, por Categoría e Importador, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

5. Evolución del sector y proyecciones del mercado de las Baterías

El sector automotriz al igual que la industria de las baterías se proyecta que crezca en la misma medida que lo hace el PIB, puesto que al igual que los neumáticos, se ha observado una buena correlación entre ambos indicadores. De acuerdo a estimaciones del Banco Central, el PIB del 2017 se ubicará en torno al 1,75%, y se estima una expansión de 3,25% para 2018⁶⁷.

En virtud de lo anterior, la evolución del consumo de baterías en Chile, sería como sigue:

Tabla 32. Proyección del Consumo de Baterías en Chile

Año	PIB	Baterías [unidades]
2016	1,6%	2.202.762
2017	1,75%	2.241.310
2018	3,25%	2.314.153
2019	3,5%	2.395.148

Fuente: Elaboración propia en base a cifras de Aduana y proyección del PIB del Banco Central.

6. Distribución y Comercialización de Baterías y puntos de Recolección de BFU

Las principales marcas de baterías comercializadas en Chile corresponden a:

- Bosch
- Varta
- Trojan
- Energix
- Solite
- Optima
- Powermeister
- Quickstar
- Duralite
- Odyssey
- US Battery
- Entre otros

En la siguiente tabla se indica los principales distribuidores y comercializadores de baterías en Chile.

⁶⁷ Banco Central, julio 2017.

Tabla 33. Distribuidores y Comercializadores de baterías en Chile

Distribuidora	Sucursales	Cantidad de sucursales	Total
RTC ⁶⁸	Iquique	2	5
	Antofagasta	1	
	Santiago	2	
Todo Batería ⁶⁹	Santiago	8	10
	Chillán	1	
	Puerto Montt	1	
Baterías Chile ⁷⁰	Santiago	1	1
Doctor Batería ⁷¹	Santiago	1	1
Baterías a Domicilio ⁷²	Santiago	1	1
Baterías León ⁷³	Santiago	4	9
	Antofagasta	1	
	Viña del Mar	1	
	Rancagua	1	
	Concepción	1	
	Puerto Montt	1	
Full Baterías ⁷⁴	Santiago	4	5
	Concepción	1	
Cyclon Baterías ⁷⁵	Santiago	7	8
	Viña del Mar	1	
Central Baterías ⁷⁶	Santiago	1	1
Baterías Brandt ⁷⁷	Santiago	1	1
Baterías 24 Full ⁷⁸	Santiago	1	1
Total			43

Fuente: Elaboración propia en base a información de página web.

⁶⁸ <http://www.rtc.cl/baterias.html>

⁶⁹ <http://www.todobateria.cl/index.html?gclid=CNXdvISL4dMCFVWBkQodcHMHIw>

⁷⁰ <http://www.bateriaschile.cl/>

⁷¹ <http://www.doctorbateria.cl/>

⁷² <http://www.doctorbateria.cl/?gclid=CKOVy4yL4dMCFRIJkQodf0cBbw>

⁷³ <http://www.leon.cl/>

⁷⁴ <https://www.fullbaterias.cl/?gclid=CP6Q3ZyL4dMCFVMHkQodSGQL2g>

⁷⁵ <http://cyclonbaterias.cl/>

⁷⁶ <http://www.centraldebaterias.cl/>

⁷⁷ <http://www.brandt.cl/baterias/>

⁷⁸ <http://www.baterias24full.cl/baterias/>

7. Categorías de los Baterías Fuera de Uso

Para efectos de definir categorías para los Baterías Fuera de Uso se consideran aquellos aspectos que permitan clasificar la BFU de acuerdo al tipo de gestión que potencialmente pueda recibir, puesto que estas categorías deben ser compatibles con la fijación de metas de recolección y valorización, por ende deben ser funcionales a eso.

Es por este motivo que en el caso de los BFU, la Categoría Principal se refiere a si son del tipo plomo-ácido o si no lo son, lo cual define en primera instancia, su forma de manejo, puesto que las de plomo-ácido además de contener plomo, un material tóxico peligroso, contienen una solución ácido sulfúrico, altamente corrosivo, lo que condiciona su manipulación, almacenamiento y transporte, lo cual está regulado por el Decreto Supremo N° 148 que establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas para su manejo.

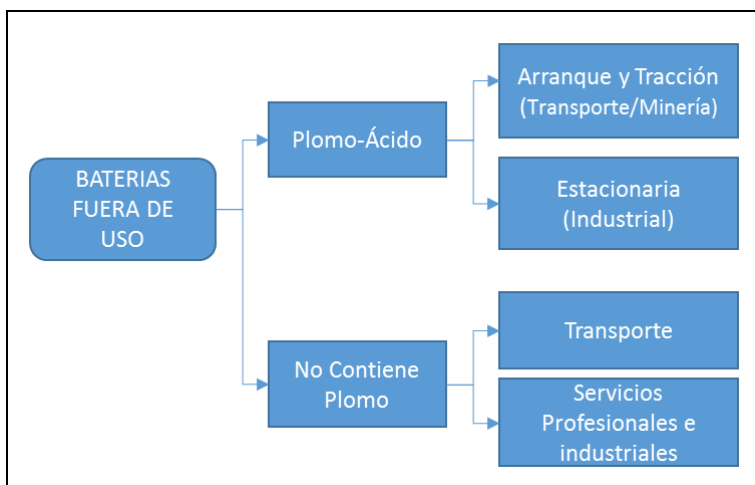
Para aquellas baterías de la Categoría Plomo-Ácido se define una subcategoría Vehicular/Minera que incluye a las de tipo Arranque o Tracción; e Industrial, que contempla a las de tipo Estacionario. La definición de esta subcategoría guarda relación con el tipo de batería, el peso y el lugar donde se generan o almacenan temporalmente las BFU. Si son de la Subcategoría “Vehicular/Minero”, la logística de generación y recolección tiene como lugar común los servicentros o talleres mecánicos, ya sea de vehículos de transporte o de vehículos mineros, en virtud de lo cual, los Sistemas de Gestión deben organizarse en torno a ellos y fijar sus estrategias de recolección en función de esta lógica de generación de residuos. Algo equivalente debiera ocurrir con las baterías de origen industrial, de características de tamaño y peso diferente y con mayor grado de segregación.

La segunda Categoría Principal incluye a las BFU que no contienen plomo, si no otro compuesto activo (níquel, cadmio, litio), pero que de igual forma es de tipo peligroso, cuya manipulación también se rige por el DS N°148, pero bajo condiciones de manipulación diferentes, dependiendo de cuál sea su compuesto específico. Las Subcategorías que se definen en este caso, también guardan relación con su origen, Vehicular (vehículos eléctricos) o asociado a los Servicios Profesionales (Equipamiento médico, radiocontrol, etc.) o Industrial (equipos y maquinarias).

En resumen, las categorías que se definen son funcionales a las metas que se fijarán a los Sistemas de Gestión futuros, de esta forma la Categoría Principal y las Subcategorías permiten clasificar a las BFU según sus restricciones de manejo y además las clasifican de acuerdo a su lugar de origen, lo cual condiciona su logística de recolección, almacenamiento, transporte, pretratamiento y tratamiento.

En la Figura siguiente se ilustra lo señalado.

Figura 23. Categorías y Subcategorías de BFU según Composición y Tipo



Fuente: Elaboración propia

8. Cuantificación de las Baterías Fuera de Uso

Es importante señalar que las baterías plomo ácido representan el 92,3% del mercado en términos de importaciones en dólares, no siendo susceptibles de recarga y quedando inutilizables a consecuencia de rotura, corte, desgaste. Estas baterías contienen componentes potencialmente contaminantes, lo cual hace necesario establecer medidas para su manejo adecuado una vez que termina su vida útil⁷⁹.

La vida útil de una batería en servicio corresponde al período de tiempo o al número de ciclos de carga/descarga que la batería puede soportar hasta que su capacidad sea insuficiente para cubrir las necesidades para las que fue diseñada. Se considera que una batería llega al fin de su vida útil cuando no puede entregar el 80% de su capacidad nominal (cantidad de electricidad que una batería puede suministrar bajo condición estándar).

La vida de una batería varía considerablemente en función de factores tales como la composición de las placas; modo de empleo de la misma y profundidad de las descargas, y mantenimiento⁸⁰, siendo la vida útil promedio entre de 2 a 4 años⁸¹.

⁷⁹ “Guía Técnica sobre Manejo de Baterías de Plomo Ácido Usadas” publicado por Proyecto CONAMA / GTZ, Gestión de Residuos Peligrosos en Chile.

⁸⁰ “Guía Técnica sobre Manejo de Baterías de Plomo Ácido Usadas”, Op.Cit.

⁸¹ “Evaluación de Impactos Económicos, Ambientales y Sociales de la Implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor en Chile”, Informe Final, 22/1/2010, en www.induambiente.com/Informe_Final_Aplicacion_de_REP_en_Chile.pdf.

a) FACTOR DE GENERACIÓN DE BFU, PARQUE AUTOMOTRIZ

De acuerdo al estudio “Evaluación de Impactos Económicos, Ambientales y Sociales de la Implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor en Chile” del año 2010, para la estimación de la demanda anual de baterías de plomo ácido, la industria consideraba como parámetro que el parque vehicular realiza un recambio anual que alcanza el 50%, lo que equivale a decir que, en promedio, las baterías en Chile tienen una vida útil de 2 años.

Con el objeto de mejorar la estimación de la cantidad de baterías generadas cada año, en el estudio desarrollado por GESCAM: “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes” del Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL), este Consultor introdujo mayor especificidad a este factor genérico, clasificando los vehículos según su tipo y actividad, lo que va en directa relación con su duración, puesto que ésta depende del número de partidas a la que se la someta. Por otra parte, dependiendo del tipo de vehículo, es posible establecer la capacidad de carga de la batería que utiliza, y por ende el tipo de modelo y su peso.

En términos generales, y tal como se explicó antes, en general y para efectos de simplificación, el sector automotriz utiliza dos tipos de baterías, la equivalente al formato de Caja 42 de 55 Ah y 12 volt, que es utilizado por los vehículos livianos del tipo sedán, citycar, station wagon, con un peso que varía entre los 8 y los 13 kg; y el formato Caja 27 de 80-90 Ah y 12 volt, que tiene un peso promedio de 17 kg, y es utilizado por los vehículos livianos tipo furgón, camioneta, SUV, minibús, etc.

Los vehículos pesados (buses y camiones), dependiendo de su sistema de arranque, pueden requerir de mayor voltaje (24 volt) o mayor de capacidad de carga (amperaje), por lo tanto funcionan con 2 o 4 baterías conectadas en serie o en paralelo, según corresponda. Para efectos de este estudio, se supondrá que estos vehículos utilizan dos baterías de formato Caja 27, es decir, un peso promedio de 34 kg.

De acuerdo a lo anterior, las variables utilizadas para la determinación de factores de generación de BFU, en unidades y en peso, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 34. Factor Generación BFU, según tipo de vehículo y actividad.

Tipo de Vehículo	Baterías por Vehículo	Plazo Duración	Factor Generación	Peso promedio	Factor Generación
	[unidades]	[años]	[BFU/año]	[kg]	[kg/año]
Vehículos Livianos Uso Particular (Caja 42)	1	3,0	0,33	10,5	3,50
Vehículos Livianos Uso Particular (Caja 27)	1	3,0	0,33	17	5,67
Vehículos Livianos Uso Laboral (Caja 42)	1	2,0	0,50	10,5	5,25
Vehículos Livianos Uso Laboral (Caja 27)	1	2,0	0,50	17	8,50
Vehículos Transporte Pasajeros	2	2,0	1,00	17	17,00
Vehículos de Transporte de Carga	2	2,0	1,00	17	17,00
Tractor, vehículos a tracción	1	2	0,5	38	19,00

Fuente: CPL-GESCAM, “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes”, 2015.

Para efectos de aplicar estos factores a la base de datos del Parque Automotriz, a continuación se presenta una clasificación del mismo, según tipo de vehículo, actividad y tipo de batería utilizada, obteniéndose la siguiente distribución a nivel nacional.

Tabla 35. Distribución Parque Automotriz según Tipo de Vehículo, Actividad y Tipo de Batería, año 2016

REGIÓN	Automóviles livianos				Transporte personas (superior a 160 Ah)	Transporte de carga (superior a 160 Ah)	Vehículos OTR (A Tracción, Agrícolas y Otros 40-75 Ah)	TOTAL Vehículos 2016
	Uso Particular		Uso Laboral					
	Caja Tipo 42 (55-60 Ah)	Caja Tipo 27 (80-90 Ah)	Caja Tipo 42 (55-60 Ah)	Caja Tipo 27 (80-90 Ah)				
I de Tarapacá	90.505	19.326	4.091	827	1.220	4.671	393	121.033
II de Antofagasta	99.894	40.525	5.415	2.230	3.191	10.251	1.185	162.691
III de Atacama	49.820	27.598	2.760	680	1.562	8.226	877	91.523
IV de Coquimbo	126.212	57.726	5.780	1.657	2.092	8.667	880	203.014
V de Valparaíso	355.096	116.088	11.701	2.829	6.282	18.337	1.794	512.127
VI de O'Higgins	167.634	73.488	5.270	2.951	3.825	12.998	2.238	268.404
VII del Maule	194.685	101.975	4.424	2.034	3.903	16.737	3.493	327.251
VIII del Biobío	320.877	156.931	7.152	4.177	7.422	23.403	4.337	524.299
IX de La Araucanía	120.904	78.169	3.611	1.803	3.136	9.953	2.187	219.763
X de Los Lagos	122.432	69.661	5.126	1.481	3.398	10.850	1.953	214.901
XI de Aysén	20.685	13.006	663	480	272	1.956	226	37.288
II de Magallanes y La Antártida	45.633	14.206	2.354	863	520	2.833	676	67.085
XIII Metropolitana	1.419.690	380.561	43.129	14.649	15.174	60.183	6.365	1.939.751
XIV de Los Ríos	51.685	28.036	1.989	784	1.273	4.341	984	89.092
XV de Arica y Parinacota	56.482	11.131	3.246	426	675	2.811	420	75.191
Total País	3.242.234	1.188.427	106.711	37.871	53.945	196.217	28.008	4.853.413

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Anual de Vehículos en Circulación, Instituto Nacional de Estadísticas, año 2016 y CPL-GESCAM, “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes”, 2015.

Por lo tanto, al aplicar los Factores de Generación de BFU, en Unidades, se tiene que la cantidad de BFU generadas en el año 2016 y su proyección 2017-2019 es la siguiente:

Tabla 36. Generación de BFU, por región, según tipo de vehículo y actividad, año 2016 y Proyección 2017-2019 [unidades/año]

REGIÓN	Automóviles livianos				Transporte personas (superior a 160 Ah)	Transporte de carga (superior a 160 Ah)	Vehículos Tracción, Agrícolas y Otros 40-75 Ah	BFU Año 2016 [BFU/año]	PROYECCIÓN [BFU/año]		
	Uso Particular		Uso Laboral						2017	2018	2019
	Tipo Caja 42 (55 Ah)	Tipo Caja 27 (80-90 Ah)	Caja 42 (55 Ah)	Caja 27 (80-90 Ah)							
Factor Generación (unidades/año)	0,33	0,33	0,5	0,5	1,0	1,0	0,50				
I de Tarapacá	30.168	6.442	2.046	414	1.220	4.671	197	45.157	45.947	47.440	49.101
II de Antofagasta	33.298	13.508	2.708	1.115	3.191	10.251	593	64.663	65.795	67.933	70.311
III de Atacama	16.607	9.199	1.380	340	1.562	8.226	439	37.753	38.413	39.662	41.050
IV de Coquimbo	42.071	19.242	2.890	829	2.092	8.667	440	76.230	77.564	80.085	82.888
V de Valparaíso	118.365	38.696	5.851	1.415	6.282	18.337	897	189.842	193.165	199.442	206.423
VI de O'Higgins	55.878	24.496	2.635	1.476	3.825	12.998	1.119	102.427	104.219	107.606	111.372
VII del Maule	64.895	33.992	2.212	1.017	3.903	16.737	1.747	124.502	126.681	130.798	135.376
VIII del Biobío	106.959	52.310	3.576	2.089	7.422	23.403	2.169	197.927	201.391	207.936	215.214
IX de La Araucanía	40.301	26.056	1.806	902	3.136	9.953	1.094	83.247	84.704	87.457	90.518
X de Los Lagos	40.811	23.220	2.563	741	3.398	10.850	977	82.559	84.004	86.734	89.770
XI de Aysén	6.895	4.335	332	240	272	1.956	113	14.143	14.390	14.858	15.378
XII de Magall. y Antártica	15.211	4.735	1.177	432	520	2.833	338	25.246	25.688	26.522	27.451
XIII Metropolitana	473.230	126.854	21.565	7.325	15.174	60.183	3.183	707.512	719.894	743.290	769.305
XIV de Los Ríos	17.228	9.345	995	392	1.273	4.341	492	34.066	34.662	35.789	37.041
XV de Arica y Parinacota	18.827	3.710	1.623	213	675	2.811	210	28.070	28.561	29.489	30.521
Total País	1.080.745	396.143	53.356	18.936	53.946	196.218	14.005	1.813.344	1.847.095	1.905.043	1.971.719

Fuente: Elaboración propia en base a Factores Generación GESCAM y proyección en base a estimación del PIB del Banco Central, julio 2017.

Si se considera que la generación anual de BFU del parque automotriz debiera ser equivalente a la importación de baterías de arranque, la estimación de BFU obtenida a través de los Factores de Generación de GESCAM muestra bastante consistencia con la realidad, puesto que según cifras obtenidas de Aduana, durante el 2016 se importaron aproximadamente 2.202.762 de unidades de baterías de todo tipo, correspondiendo el 70% a baterías de plomo ácido. Esta cifra indica que aproximadamente 1.541.933 debieran haber sido de plomo ácido, siendo la cifra estimada por los Factores de Generación un 17% superior.

Sin embargo, se debe señalar que la estimación de unidades de baterías importadas a partir de la base de datos de importaciones puede ser bastante imprecisa, puesto que no existe una unidad común de cantidad, pudiendo inducir a error.

Realizando el mismo ejercicio, pero esta vez aplicando los Factores de Generación de BFU asociados al peso, se tiene que las toneladas de BFU automotrices, generadas en el año 2016 y proyectadas al 2017-2019, serían las siguientes:

Tabla 37. Generación de BFU, por región, según tipo de vehículo y actividad año 2016 y Proyección 2017-2019 [ton BFU/año]

REGIÓN	Automoviles livianos				Transporte personas (superior a 160 Ah)	Transporte de carga (superior a 160 Ah)	Vehículos OTR (A Tracción, Agrícolas y Otros 40-75 Ah)	BFU Año 2016 [ton/año]	PROYECCIÓN BFU [ton/año]		
	Uso Particular		Uso Laboral						2017	2018	2019
	Tipo Caja 42 (55 Ah)	Tipo Caja 27 (80-90 Ah)	Caja 42 (55 Ah)	Caja 27 (80-90 Ah)							
Factor Generación [kg/año]	3,50	5,67	5,3	8,5	17,0	17,0	19,0				
I de Tarapacá	317	110	21	7	21	79	7	562	572	591	612
II de Antofagasta	350	230	28	19	54	174	23	878	893	922	954
III de Atacama	174	156	14	6	27	140	17	534	543	561	581
IV de Coquimbo	442	327	30	14	36	147	17	1.013	1.031	1.064	1.101
V de Valparaíso	1.243	658	61	24	107	312	34	2.439	2.481	2.562	2.652
VI de O'Higgins	587	416	28	25	65	221	43	1.384	1.409	1.454	1.505
VII del Maule	681	578	23	17	66	285	66	1.717	1.747	1.804	1.867
VIII del Biobío	1.123	889	38	36	126	398	82	2.692	2.739	2.828	2.927
IX de La Araucanía	423	443	19	15	53	169	42	1.164	1.185	1.223	1.266
X de Los Lagos	429	395	27	13	58	184	37	1.142	1.162	1.200	1.242
XI de Aysén	72	74	3	4	5	33	4	196	199	206	213
XII de Magall. y Antártica	160	81	12	7	9	48	13	330	336	346	359
XIII Metropolitana	4.969	2.157	226	125	258	1.023	121	8.878	9.034	9.327	9.654
XIV de Los Ríos	181	159	10	7	22	74	19	471	479	495	512
XV de Arica y Parinacota	198	63	17	4	11	48	8	349	355	366	379
Total País	11.348	6.734	560	322	917	3.336	532	23.749	24.165	24.950	25.824

Fuente: Elaboración propia en base a Factores Generación de CPL-GESCAM en “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes”, 2015; y proyección del PIB del Banco Central, julio 2017.

De acuerdo a este análisis, la generación anual de BFU del sector automotriz para el año 2016 fue de 23.749 toneladas, lo cual al proyectarlo 2017, con un PIB de 1, 75%, entrega una cifra de 24.165 ton de BFU para este año.

b) FACTOR DE GENERACIÓN DE BFU, SECTOR MINERO E INDUSTRIAL

En el caso de las baterías fuera de uso (BFU) generadas por el sector minero, se determinó un Factor de Generación en base a las toneladas de BFU declaradas y las toneladas métricas de mineral fino procesado (TMF). Para estos efectos, se utilizaron los datos de la Encuesta del Consejo Minero de 2002, estableciéndose un Factor de Generación de 0,000745 [ton BFU/TMF]. Sin embargo, al aplicar este factor al total de TMF de la minería, se obtuvieron cifras inconsistentes con la realidad.

Por lo tanto, para determinar la generación de BFU asociada al sector minero, se va a utilizar el análisis de mercado de la empresa DURACELL, en base a los registros de importación, que la sitúa en un 7% . Por lo tanto, de acuerdo al estudio de AMPHOS21 que señala que durante el 2014 se habrían consumido 1.684.186 unidades, se tiene que durante el 2016 se habrían generado 2.446 toneladas de BFU, considerando un peso promedio de 20 kilos por unidad.

Al distribuir esta cifra por región y al proyectarlas según la evolución del PIB, suponiendo que la generación de BFU guarda una correlación directa con las toneladas métricas de mineral fino procesado (TMF) por las principales faenas mineras del país, se obtiene lo siguiente.

Tabla 38. Distribución de BFU minero, en función de la Producción de Cobre y Hierro 2015, por Región [ton BFU/año]

Región	TMF 2015	Distribución	BFU 2016	BFU 2017	BFU 2018	BFU 2019
			[ton BFU/TMF]			
I Tarapacá	579.596	4%	100	101,4	102,9	106
II Antofagasta	3.108.358	22%	534	543,6	551,6	571
III Atacama	8.843.388	62%	1.520	1.546,6	1.569,4	1.624
IV Coquimbo	508.007	4%	87	88,8	90,2	93
V Valparaíso	295.323	2%	51	51,6	52,4	54
VI O'Higgins	487.153	3%	84	85,2	86,5	89
Metropolitana	401.715	3%	69	70,3	71,3	74
XV Arica	5.914	0%	1	1,0	1,0	1
VII Del Maule	17	0%	0	0,0	0,0	0
XI Aysén	831	0%	0	0,1	0,1	0
Total	14.230.302	100%	2.446	2.489	2.525	2.614

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario SERNAGEOMIN, y proyección del PIB 2017-2019 del Banco Central, julio 2017.

Como se aprecia en esta Tabla anterior, destaca la Región de Atacama, que por sí sola genera el 62% de las BFU en minería del cobre y hierro.

En relación al sector industrial, según el estudio de AMPHOS21, "Diagnóstico Sectorial de Baterías y Acumuladores de Plomo en General", 2015, se definen las baterías estacionarias o de reserva como aquellas que se caracterizan porque están "...diseñadas para aplicaciones en sistemas de alarma de incendios, alumbrado de emergencia, sistemas de alimentación ininterrumpida (o UPS7) y telecomunicaciones, entre otros". En este estudio se estimó que durante el año 2014, se importaron 114.530 unidades de este tipo de baterías, en base al análisis de la base de datos de importaciones de Aduana.

Este estudio que tenía por objetivo cuantificar la generación de BFU en el mercado nacional, además consideró que el peso promedio de cada una de estas baterías era de 120 kg y le asignó una vida útil de 8 años. En base a estos parámetros, se estimó la generación de BFU del sector industrial, para el año 2014, alcanzando las 13.744 toneladas, lo que proyectado al 2016, alcanza la cifra de 14.257 toneladas.

Sin embargo, como se puede apreciar en la Figura N°19, este tipo de baterías incluye una amplia variedad de tamaños y pesos⁸², tales como las que se usan en centrales telefónicas, celdas de telefonía celular, servicios auxiliares en subestaciones transformadoras, UPS (sistemas ininterrumpidos de energía), iluminación de emergencia, entre muchas otras y, según la bibliografía especializada, su peso puede variar entre los 8 y los 170 kg, y su vida útil entre los 12 y los 20 años^{84/85}.

Aun cuando este consultor estima que el peso promedio asignado por AMPHOS21 es excesivo, la vida útil muy corta para este tipo de baterías, y que el estudio no entrega suficientes antecedentes que justifiquen estos supuestos, se considerará esta estimación como un límite superior de la generación de baterías industriales para efectos de este estudio, puesto que este Consultor no dispone de la información necesaria que le permita determinar un mejor indicador (catastro del tipo y cantidad de baterías en uso en la industria nacional).

Por otra parte, según informa RAM, única empresa autorizada para reciclar de baterías de plomo-ácido en Chile, en el año 2015 se procesaban 2.300 ton/mes⁸⁶ en la planta de Calama, mientras que durante 2016 y 2017, el promedio alcanza las 2.400 toneladas mensuales, lo que permite proyectar un total de 28.800 toneladas de BFU anuales. De acuerdo a las estadísticas de retiro y recepción de RECIMAT, la corriente de BFU industrial sólo alcanza el 10% del total, es decir, la componente industrial ellos la estiman en 2.880 ton/año. Para efectos de este estudio, se utilizará esta cifra como el límite inferior de generación de BFU para esta categoría.

Por otra parte, según las estimaciones de RAM-RECIMAT, el volumen total de BFU de todo tipo que ellos procesan correspondería al 85% de la generación anual, lo que permite deducir que habría un 15% de BFU con destino desconocido, lo cual equivale 5.082 toneladas.

c) COMPARACIÓN ESTIMACIONES BFU GENERADOS

En función de los antecedentes presentados en este estudio, la Tabla a continuación compara las estimaciones de generación de BFU estimadas por este Consultor, las realizadas por RAM-RECIMAT, en base a sus registros de recolección y procesamiento, y las de AMPHOS 21 para el sector industrial.

Considerando que las estimaciones de GESCAM se basan en factores de generación para el sector vehicular y minero, y que no dispone de un factor de generación para el sector

⁸² Para efectos de este estudio sólo las de uso estacionario, puesto que las de tracción eléctrica ya se encuentran consideradas dentro del parque automotriz.

⁸⁴ <https://www.monsolar.com/fotovoltaica-aislada/baterias/estacionarias.html>

⁸⁵ <https://www.merkasol.com/WebRoot/StoreLES/Shops/62387086/5877/CF3D/8B60/C630/AD85/C0A8/2BB9/4A1E/Ficha-Tecnica-Baterias-Estacionarias-OPZS-Hoppecke.pdf>

⁸⁶ “Memoria Técnica: Procesos, Capacidad Autorizada v/s Capacidad Instalada”, RAM LTDA, Enero 2015.

industrial, para efectos de este estudio se considerarán las estimaciones realizadas por AMPHOS21, en función de las importaciones; como las de RAM, en base a sus registros históricos de producción, configurando un límite inferior y superior para la generación de BFU asociado a este sector que se encuentra entre las 7.687 y las 14.257 ton/año.

Tabla 39. Comparación estimaciones Generación BFU, año 2016

Origen de las BFU	GESCAM-RAM-AMPHOS	RAM	GESCAM
	[ton BFU/año]	[ton BFU/año]	[ton BFU/año]
Autos y camionetas	18.964	25.920	18.964
Camiones y buses	4.253		4.253
Vehiculos Agrícolas y Otros	532		532
Sector Minero	2.446		2.446
Sector Industrial	7.687 - 14.257	2.880	10.972
Destino desconocido	-	5.082	-
Generación total	33.882 - 40.452	33.882	37.167

Fuente: Elaboración propia en base a factores GESCAM, con excepción de la estimación de BFU del Sector Industrial que se basa en estimaciones de RAM-RECIMAT y el estudio de AMPHOS21, "Diagnóstico Sectorial de Baterías y Acumuladores de Plomo en General", 2015.

Como se observa, existe una diferencia de 16% entre ambas estimaciones. Si se analizan las cifras, se observa que los Factores de Generación GESCAM, basados en la aplicación de factores de generación al parque automotriz, es consistente con la información entregada por RAM, existiendo un diferencial de 10% que se podría explicar a través de la pérdida de BFU con destino desconocido (26.195 ton versus 25.920 ton).

La mayor diferencia radica en la estimación de las BFU asociadas al sector industrial, lo cual se explica por las diferentes metodologías aplicadas para estimar este valor. Mientras RAM informa que el 10% de las baterías que llegan a la planta son de origen industrial (2.880 ton/año), AMPHOS estima esta cifra en 14.257 toneladas en base a una interpretación de las cifras de la base de datos de importaciones.

Por lo tanto, para efectos de este estudio, se trabajará con el promedio de ambas estimaciones, lo que configura la tercera columna de la Tabla precedente.

9. Mercado Actual y Demanda Potencial de los Productos Resultantes de la Valorización de las BFU

RAM Calama estima que actualmente recicla en sus instalaciones el 85% de las BFU, vehiculares e industriales, generadas en el país. El 15% restante tendría como destino la exportación ilegal, la fundición ilegal o el depósito en lugares no autorizados⁸⁷.

Tal como se mencionó antes, el producto resultante del reciclaje de baterías es principalmente el lingote de plomo metálico, de gran valor en el mercado para la fabricación nacional de ánodos de plomo para la industria minera y otros productos de plomo, y aproximadamente un 50% se exporta a país como Colombia, Brasil y Corea para la fabricación de nuevas baterías de plomo.

Por otra parte, se obtiene como subproducto pellet de polipropileno proveniente de las carcasas de baterías recicladas, lo cual RAM exporta a Colombia. Este producto debido a que contienen trazas de plomo tiene aplicación limitada y normalmente se utiliza para la fabricación de nuevas baterías.

La proyección de este mercado es creciente a medida que se logre aumentar la recolección de las BFU en el país y se sigan reciclando en Chile. Sin embargo, con la aprobación en marzo de 2017 del Reglamento que Regula el Movimiento Transfronterizo de Residuos que permite la exportación de residuos peligrosos (y no peligrosos) para su valorización a países OCDE, podría generarse cierta incertidumbre en el mercado que frene el crecimiento de esta industria en Chile, pues existiendo la posibilidad de exportación y siendo Chile un país pequeño con una oferta limitada de BFU, se dificultan las economías de escala para la propia RAM que hoy es la única empresa de reciclaje operando en el mercado. Esta amenaza por cierto, también afectaría el establecimiento de otras empresas que pudieran generar competencia interna, tal como ocurría en el pasado, antes de la clausura en 2015 de TECNOREC, por incumplimiento reiterado de las normas sanitarias y ambientales en la ciudad de San Antonio.

⁸⁷ RAM LTDA., Memoria Técnica: Procesos, Capacidad Autorizada v/s Capacidad Instalada, Enero 2015
GESCAM S.A.

C. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DEL ACEITE LUBRICANTE Y SUS RESIDUOS

Se llama aceite de motor, por extensión, a todo aceite que se utiliza para lubricar los motores de combustión interna. Su propósito principal es lubricar las partes móviles reduciendo la fricción. Además de lubricar el aceite también limpia, inhibe la corrosión y reduce la temperatura del motor transmitiendo el calor lejos de las partes móviles para disiparlo. Los primeros aceites utilizados fueron los extraídos de grasas animales y vegetales. A medida que avanzó la técnica, y las exigencias de los motores, se empezaron a usar los compuestos químicos derivados del petróleo de mayor calidad y acorde con las necesidades industriales en ese momento. La tecnología actual, no obstante, los está dejando obsoletos y están siendo desplazados progresivamente por los aceites sintéticos formulados enteramente en laboratorio y con prestaciones muy superiores a los derivados del petróleo⁸⁸.

Los aceites lubricantes son productos líquidos mayoritariamente derivados del petróleo y cuya composición son complejas mezclas de diversos tipos de hidrocarburos y compuestos orgánicos de carbono e hidrógeno, siendo el resultado de una combinación de “aceites base”, que proveen las características lubricantes primarios y “aditivos” utilizados para aumentar su rendimiento, eficiencia y vida útil.

Los aceites base minerales se obtienen del petróleo, tras un proceso de refinado. Los aceites base sintéticos proceden de procesos de síntesis química. La mezcla de aceites sintéticos y minerales da lugar a los aceites base semi-sintéticos. Las principales ventajas del uso de bases sintéticas y semi-sintéticas comparadas con las bases minerales son el amplio rango de temperaturas de operación, mayor resistencia a la oxidación, ahorro de energía, mantenimiento con menor frecuencia, menor uso de aditivos y más fácil degradación.

Con la utilización de aceites sintéticos en lugar de aceites minerales se mantiene el motor más limpio y eficaz. Esto hace posible que el cambio de aceite de motor se haga con menor frecuencia, generando menos residuos de aceite usado.

Sin embargo, la base de un lubricante por sí sola no ofrece toda la protección que necesita un motor o componente industrial, por lo que se añaden compuestos que aportan características específicas a los lubricantes terminados. Estos compuestos se denominan aditivos y se incorporan atendiendo a las necesidades del fabricante del motor (Homologación o Nivel autorizado) o al uso al que va a ser destinado el lubricante en cuestión.

⁸⁸ <http://hidrodinamicaelaceitedemotor.blogspot.cl/2016/10/que-es-el-aceite-de-motor-o-lubricante.html>

Los aditivos usados en el lubricante son⁸⁹:

- Antioxidantes: Retrasan el envejecimiento prematuro del lubricante.
- Anti desgaste Extrema Presión (EP): Forman una fina película en las paredes a lubricar. Se emplean mucho en lubricación por barboteo (Cajas de cambio y diferenciales)
- Antiespumantes: Evitan la oxigenación del lubricante por cavitación reduciendo la tensión superficial y así impiden la formación de burbujas que llevarían aire al circuito de lubricación.
- Anti herrumbre: Evita la formación de óxido en las paredes metálicas internas del motor y la condensación de vapor de agua.
- Detergentes: Son los encargados de arrancar los depósitos de suciedad fruto de la combustión.
- Dispersantes: Son los encargados de transportar la suciedad arrancada por los aditivos detergentes hasta el filtro o cárter del motor.
- Espesantes: Es un compuesto de polímeros que por acción de la temperatura aumentan de tamaño aumentando la viscosidad del lubricante para que siga proporcionando una presión constante de lubricación.
- Diluyentes: Es un aditivo que reduce los micro cristales de cera para que fluya el lubricante a bajas temperaturas

Es importante también señalar que no todos los aceites que la industria introduce al mercado de reposición se pueden o deben considerar recuperables. Es así como en España, cuya gestión de los aceites usados se regula por el Real Decreto 679/2006, modificado por la Orden ARM/795/2011, se han excluido de este ámbito de aplicación los aceites de proceso, entendiéndose por tales:

- a) los utilizados como materia prima en la composición de otros productos;
- b) las grasas hasta un valor de consistencia NLGI máximo de “000”; y
- c) los aceites marinos y de aviación de bandera extranjera, así como los que generan aceites usados incluidos en el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL 73/78), dado que el financiamiento de la gestión queda garantizado con la aplicación del citado Convenio.

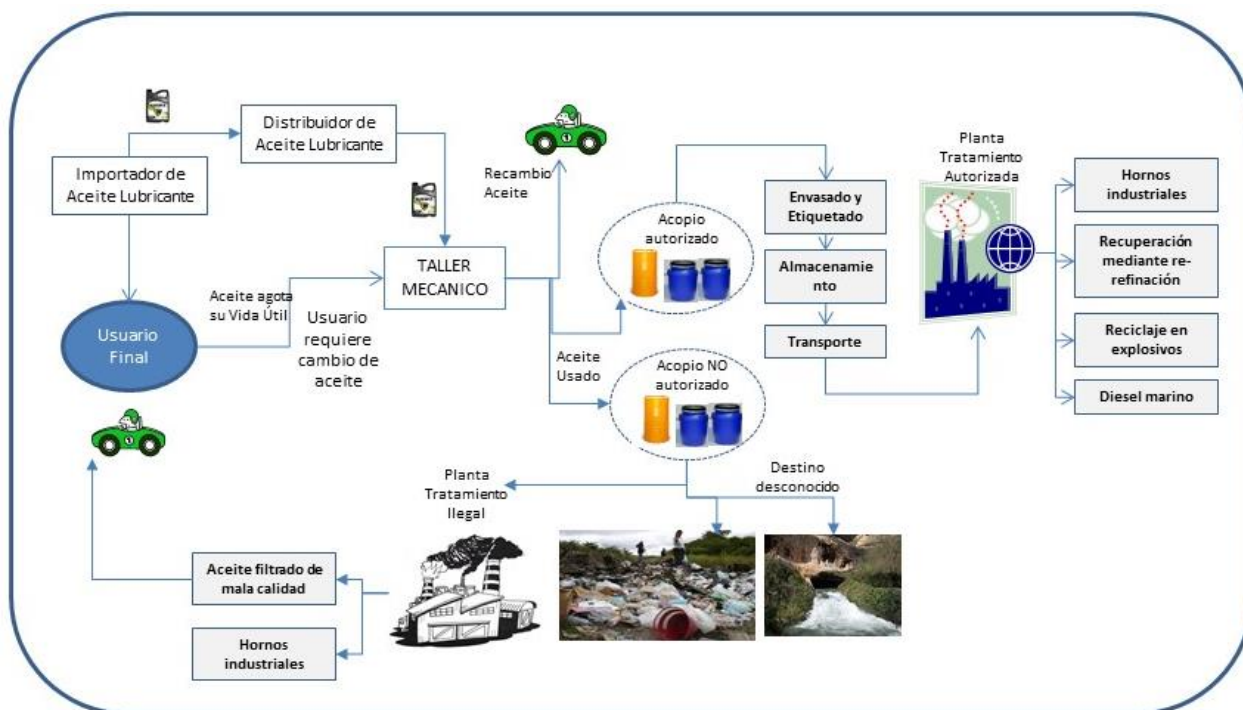
Por estas razones, en España, estos aceites no son declarados por los productores a los Sistemas de Gestión ni informados a los organismos públicos competentes.

⁸⁹ Ecobaus, “Diagnóstico Sectorial de Aceites Lubricantes, Informe Final”, septiembre 2016.

1. Ciclo de vida de los de los Aceites Lubricantes y los ALU

El Ciclo de Vida del Aceite Lubricante y posteriormente sus residuos, se puede representar de la siguiente forma.

Figura 24. Ciclo de Vida de Aceites Lubricantes



Fuente: GESCAM, elaboración propia.

En Chile no se fabrica aceite lubricante, por lo tanto todo lo que se consume es importado, ya sea a través de marcas propias de grandes distribuidores o se traen las bases y los aditivos para envasar productos propios con mezclas diseñadas en el país. La Figura presenta cada una de las etapas y actores que deben intervenir desde la importación del aceite lubricante automotriz hasta su transformación en residuo o Aceite Lubricante Usado (ALU).

El proceso se inicia con la importación, luego de lo cual el importador y/o distribuidor lo colocan a disposición de los consumidores finales ya sea venta directa a mayorista, grandes usuarios directos (flotas de camiones, buses, mineras, etc.) o a través de sus propios puntos de venta, cadenas de ferretería (Sodimac, Easy), servicentros, servitecas o talleres mecánicos. En la categoría automotriz se deben considerar el aceite lubricante de motor, el de Caja y el utilizado para lubricar el Diferencial del vehículo.

Una vez que el aceite lubricante alcanza el fin de su vida útil, el consumidor particular normalmente acude a un Taller Mecánico, Lubricentro o Serviteca para que le extraigan el ALU y lo reemplacen por lubricante nuevo. La distribución de los talleres de mantención el año 2014 en Chile concentra el 70% en cinco regiones del país, a saber, 36,1% en la Región Metropolitana, 12,3% en la Región del Bío Bío, 8,8% en Valparaíso, 6,4% en Los Lagos y el 5,5% en la Región de La Araucanía.

En este caso, el ALU queda en el taller mecánico y si éste tiene convenio con algún gestor autorizado (VIA LIMPIA, ECOVALOR u otro), el taller lo acopia en tambores hasta que solicita su retiro. A partir de ese momento, el responsable de su transporte a destino final autorizado es el transportista. Si el Taller no tiene convenio con ningún Gestor, entonces su destino final es desconocido.

En el caso de los aceites industriales la generación de ALU se concentra mayoritariamente en la Región Metropolitana (88% en promedio entre 2014 y 2015) y en la Región del Bío Bío (6% en promedio en los mismos años)⁹⁰, y proviene de la industria metalúrgica, textil, de productos alimenticios, cemento, industria química y del plástico, construcción de maquinarias, producción y distribución de energía eléctrica, industria del vidrio, de la construcción, extractiva de la pesca y la industria manufacturera, en general.

De acuerdo a la normativa vigente⁹¹, aquellas actividades que anualmente den origen a más de 12 toneladas de residuos peligrosos, en este caso ALU, deberán contar con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos. Además, el transporte y la eliminación, deberá llevarse a cabo por gestores con autorización sanitaria que comprenda tales residuos, proporcionando oportunamente la información correspondiente al Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos (SIDREP). Por otra parte, los Generadores que no estén obligados a realizar un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, deberán igualmente cumplir con la obligación de recurrir a gestores autorizados para el transporte y/o eliminación.

En resumen, la normativa actual establece que todo establecimiento que genere menos de 5 tambores de 200 litros mensuales (aprox. 1.000 kg/mes) de ALU, aun cuando está obligado a transportar y eliminar estos residuos con empresas autorizadas, no está obligado a informar su generación mediante el SIDREP. Esta situación, en un mercado atomizado de generadores con actividad de venta y recambio de aceites lubricantes o de pequeñas empresas manufactureras, es sin duda un factor importante que impide alcanzar una mayor trazabilidad de estos residuos.

Finalmente, aquellos ALU que llegan a destinos autorizados para su valorización, se someten a procesos de tratamiento para su re-refinación, u otros que los valorizan para su utilización como combustible alternativo o para la fabricación de explosivos para la minería.

⁹⁰ Ecobaus, “Diagnóstico Sectorial de Aceites Lubricantes, Informe Final”, septiembre 2016.

⁹¹ D.S. 148/2003 MINSAL, Reglamento Sanitario sobre residuos peligrosos.

2. Actores relevantes del mercado de los Aceites Lubricantes y los ALU

Existen alrededor de 40 marcas de aceite automotor de 50 distintos países de procedencia, siendo un mercado con un crecimiento sostenido en los últimos años. Según Mobil de COPEC, uno de los principales actores del sector (53% de la participación del mercado), el principal desafío de las distintas marcas es ofrecer productos de alta calidad, acordes a la modernidad y tecnología del parque automotor, donde priman los productos semi-sintéticos y sintéticos por sobre los minerales. Este desarrollo tecnológico ha convertido a Chile es un mercado de necesidades especiales, siendo el más moderno de Latinoamérica, por lo que las compañías productoras de lubricantes se han dedicado a desarrollar productos para estas elevadas exigencias.

Por ejemplo, Chile es el país en donde más crecimiento ha tenido el lubricante con especificaciones 10W, utilizado preferentemente en los vehículos de alta performance y que según los datos manejados por la compañía francesa Total, se llevan el 20,54% de las ventas, mientras que el de especificaciones 15W es el más utilizado por el parque chileno, con el 43% de las ventas totales.

Por otra parte, los distintos sectores productivos del país han desarrollado exigencias distintas, según zonas geográficas. Por ejemplo, en las regiones centrales como la Metropolitana, con gran comercialización de los vehículos livianos, requieren lubricantes con bajo porcentaje de viscosidad. Al contrario de la zona norte, donde la minería requiere de aceites más resistentes a condiciones extremas.

De esta forma, las principales marcas están ofreciendo productos de origen semi-sintético o sintético que buscan contribuir al ahorro de combustible y a la disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera. Otros, como Total, están desarrollando fuertemente productos específicos para motores diésel bajos en sulfuros, azufre y fósforos para cuidar la vida de los filtros de partículas de estos motores.

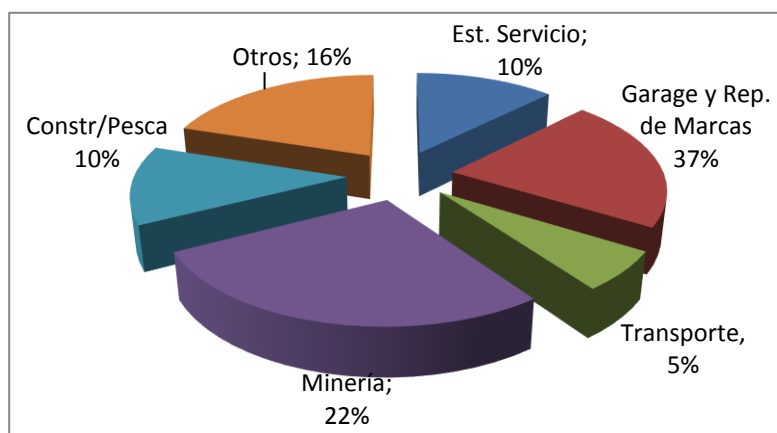
Según la compañía energética Total, el 65% de los lubricantes para vehículos livianos son comercializados por distribuidores directos, el 10% por concesionarios, otro 10% por estaciones de servicio y un 10% también por lubricentros. En otros porcentajes menores están las casas de repuestos, talleres mecánicos y otros.

Es en este segmento, destinado a las ventas del retail, es decir, para el mercado automotor, donde Mobil de Copec y Shell Helix de Enx, distribuidor de la marca Shell en el país, son los grandes dominantes y entre ambos abarcan casi el 70% del mercado. Ello es resultado de distintas alianzas que estas compañías han firmado con los importadores automotrices en el país, que recomiendan los productos de estas marcas para sus automóviles, lo que de alguna forma ha permitido un rápido desarrollo del mercado de aceites. Pero, a su vez, concentran la mayor parte de las ventas, dejando poco espacio de acción al resto de las numerosas marcas de distintas procedencias, que buscan hacerse de un lugar en el mercado, la mayoría de ellas con representación casi simbólica.

De ahí que varias compañías de peso internacional, como Total o Valvoline, han concentrado la mayor parte de sus negocios fuera del mercado automotor y en sectores como el industrial, transporte e, incluso, naviero.⁹²

A nivel nacional, los principales consumidores de aceites y por ende, los principales generadores de aceites usados, lo constituyen las empresas de transporte terrestre, la minería, la construcción, la industria extractiva de la pesca y otras industrias tales como la industria manufacturera, de alimentos y bebidas, forestales y textiles entre otras, las estaciones de servicio y garajes en general. La participación de cada uno de estos sectores queda resumida en la siguiente figura:

Figura 25. Principales Consumidores de Aceites Lubricantes



Fuente: Guía Técnica para Aceites Usados del Sector Transporte” CONAMA-GTZ, 2010.

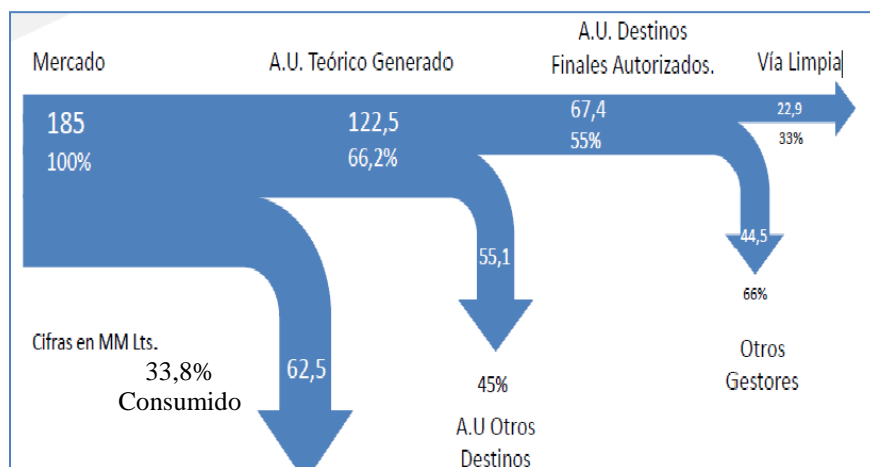
Se estima que en el país existen más de 600 puntos de venta de insumos para vehículos, los que se encuentran distribuidos en función del parque vehicular. Es importante destacar que más de un tercio de las estaciones de servicio se encuentra en la Región Metropolitana. Asimismo, hay más de 1.000 talleres de reparación de automóviles que realizan cambios de aceite, que podrían ser potenciales puntos de recepción de aceite usado. En la zona Centro Sur (IV a VIII Región) se concentra más del 70% de los talleres de reparación del país, destacando la Región Metropolitana con un 45% del total nacional⁹³

⁹²Lubricantes en Chile: radiografía a un mercado de silencioso crecimiento, Diario La Tercero, Diciembre 2013.

⁹³ MMA, “Evaluación económica, ambiental y social de la implementación de la REP en Chile”. 2011.

Si bien el sector de los lubricantes no es auditado externamente y cada marca maneja sus cifras, según COPEC durante el 2013 se consumieron 185.000 m³ de aceites lubricantes. En base al Factor de Pérdida estimado por esta empresa que alcanza el 33,8% producto de la combustión y fugas, se estima que ese mismo año, se habrían generado 122.470 m³ de aceite usado. De este volumen total, y en base a las cifras de su filial Vía Limpia, COPEC estima que ese año, un 55% de ese volumen tuvo un destino final autorizado, mientras que el 45% restante habría sido eliminado de manera ilegal con destino desconocido⁹⁴.

Figura 26. Generación Teórica de Aceite Usado (millones de litros), 2013.



Fuente: Presentación: “Hacia una Ley Marco de Residuos”, COPEC 25 de Julio 2014.
Ver en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497_REP_COPEC.pdf.

Sin embargo, cifras más recientes obtenidas del Diagnóstico Sectorial del APL de Aceites Lubricantes, permiten suponer que en 2016 la proporción de ALU con destino final autorizado habría alcanzado el 59,3% versus un 40,7% con destino desconocido. Es importante señalar que las cifras de este estudio basan sus cálculos en una demanda global inferior de aceites lubricantes a la estimada por COPEC para el año 2013, sin embargo, este Consultor estima que las cifras de valorización presentadas son ciertamente válidas y más recientes (año 2015), por lo tanto, en base a la estimación de la demanda realizada por COPEC y las cifras de valorización presentadas en dicho informe, se actualiza el porcentaje de valorización para efectos de definir el Escenario Base de este estudio. Este incremento en la valorización de los ALU, además, es plenamente consistente con los esfuerzos desplegados por gestores de la industria, como el propio Vía Limpia de COPEC, en los dos años transcurridos entre ambas mediciones.

⁹⁴ COPEC, “Hacia un Ley de Residuos Ley Marco para la Gestión de Residuos y REP”. Julio 2014. Disponible en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497_REP_COPEC.pdf

Si bien la autoridad de Salud es clara respecto a la disposición de los aceites usados, en la práctica la normativa no es cumplida por parte de las fuentes de emisión, y los aceites usados toman como destino vertederos, alcantarillados o son reutilizados sin un debido tratamiento, trayendo consigo un alto costo ambiental. Es así como este residuo es usado como combustible en caldera⁹⁵, revendido por comerciantes luego de un filtrado rudimentario y mezcla con aceites lubricantes en envases de alguna marca conocida, siendo los principales consumidores de estos aceites los vehículos de la locomoción colectiva y taxis. También es usado en caminos como tratamiento matapolvo, práctica frecuente en áreas mineras, agrícolas y forestales. Otros volúmenes significativos de aceites usados son empleados inapropiadamente en la impregnación de postes y estacas usadas en los predios agrícolas y forestales, en la lubricación de cadenas de motosierras, en la quema para proteger los predios frutales de las heladas, como desmoldador de concreto en la construcción, etc⁹⁶.

En la actualidad, los principales distribuidores de aceites en Chile han iniciado gestiones para recuperar la mayor cantidad posible de aceites usados, a fin de prevenir que éstos sean eliminados de manera inadecuada. Asimismo, estas acciones se desarrollan en el marco de las políticas corporativas de dichas empresas.

Es así como COPEC, ha establecido una Red Nacional de Retiro de Aceites Usados, llamada VIA LIMPIA, que está ampliando para alcanzar una cobertura nacional⁹⁷. De los 67.400 m³ que en 2013 fueron a lugares autorizados, COPEC a través de este programa gestionó 22.900 m³, es decir, un 33%. El sistema ofrecido por VIA LIMPIA gestiona el retiro y transporte a una empresa autorizada de tratamiento para su transformación en combustible alternativo o insumo para explosivos de la minería⁹⁸.

El 66% del ALU restante gestionado por otras empresas autorizadas, es sometido a alguno de los siguientes procesos⁹⁹:

- Valorización energética: Uso como combustible alternativo para calderas y co-incineración en las plantas cementeras.
- Reciclaje para fabricación de nuevos aceites lubricantes mediante procesos de re-refinación.
- Reciclaje para fabricación de combustibles alternativos para calderas y para la fabricación de explosivos.

⁹⁵Su poder calorífico es similar a los combustibles Fuel Oil 5 y 6 para calderas tradicionales, sin que sea necesario efectuar modificaciones relevantes a los quemadores de estas.

⁹⁶ “Diseño de un Sistema de Reciclaje de Aceite Lubricante Usado”, Trabajo para optar al Título de: Ingeniero Mecánico, Juan Jones Pawlak, 2010, Universidad Austral de Chile.

⁹⁷ COPEC, “Hacia un Ley de Residuos Ley Marco para la Gestión de Residuos y REP”. Julio 2014. Disponible en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497_REP_COPEC.pdf

⁹⁸ COPEC, “Programa de gestión integral de residuos, Vía Limpia”. Disponible en: <http://ww2.copec.cl/lubricantes/canal-industrial>

⁹⁹ECOING/CONAMA/GTZ, 2010, Op. Cit.

También existe un mercado informal de aceites de relleno, que corresponden a aceites usados, filtrados manualmente, los que son vendidos en talleres automotrices para rellenar el aceite del motor entre otros usos. No ha sido posible cuantificar este mercado, pero se estima que está en disminución, por cuanto existe mayor conciencia entre los consumidores respecto de los cuidados que un vehículo requiere. Pese a ello, este nivel de comercialización no es relevante en comparación al mercado formal.

En la Tabla a continuación, se presentan los principales actores involucrados en la generación y gestión de los aceites lubricantes usados, y su rol en el ciclo de vida del residuo.

Tabla 40. Actores participantes en el Ciclo de Vida de los Aceites Lubricantes Usados

ACTOR	ROL
Productores (Importadores) y Distribuidores	En Chile este actor se compone principalmente de dos grandes empresas, COPEC y SHELL que en conjunto controlan el 70% del mercado de los aceites lubricantes. Corresponden a aquellas empresas que ponen en el mercado nacional el producto por primera vez, de manera directa o a través de diversos distribuidores autorizados.
Talleres Mecánicos	Corresponde a los lugares donde se vende y realiza la mayor cantidad de recambios de aceite, pudiendo cumplir un rol fundamental al actuar como puntos de recolección de ALU. ¹⁰⁰
Valorizadores (Recicladores) de ALU para elaboración de combustible alternativo; y re-refinación del ALU para elaboración de nuevos aceites lubricantes).	<p>Empresas privadas :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Red de retiro de aceites usados de la empresa Copec, a través de “Vía Limpia”, mediante 11 oficinas a lo largo del país, sitios de almacenamiento y camiones de transporte autorizado. • Cuatro plantas cementeras que utilizan aceites lubricantes usado como combustible alternativo (regiones II, III, RM y VII) ¹⁰¹ • Una empresa de reciclaje para uso en procesos de explosivos en la II región. • Siete empresas de retiro, transporte y valorización operando en las regiones II, V, VIII, IX y RM, a saber, Bravo Energy (40.000 ton/año), Crowan (7.000-10.000 ton/año), FuturOil (5.000 ton/año), VicMar (2.000-3.000 ton/año), Riltec, Hidronor, PTH, Duoils, empresas informales. • Una empresa de eliminación para la recepción de la fracción peligrosa, en la VIII región <p>Se estima que entre estas empresas se gestiona el 55% de los aceites lubricantes usados.</p>

Fuente: Elaboración propia.

¹⁰⁰ COPEC, “Hacia un Ley de Residuos Ley Marco para la Gestión de Residuos y REP”. Julio 2014. Disponible en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497_REP_COPEC.pdf

¹⁰¹ MMA 2011, op. Cit.

3. Normativas que los rigen el mercado de los Aceites Lubricantes y los ALU

Los aceites lubricantes, productos necesarios y muy utilizados en el sector del transporte, a diferencia de los dos anteriores, no tienen ningún tipo de regulación específica en nuestro ordenamiento nacional, quedando todo supeditado a la normativa general antes mencionada, como a la autorregulación económica, como son los acuerdos de producción limpia.

En relación a la gestión de ALU, por tratarse de residuos peligrosos, el almacenamiento, transporte y disposición final se encuentra regulado en el Decreto Supremo 148, de 2003, del Ministerio de Salud. Este cuerpo legal, en su artículo 18 detalla tres listas de residuos peligrosos. En la lista I, numeral I.8), incluye *los aceites minerales residuales no aptos para el uso al que estaban destinados* y en el numeral I.9) *las mezclas y emulsiones residuales de aceite y agua o de hidrocarburos y agua*.

Entre las disposiciones relevantes para efectos del presente Estudio se encuentran las siguientes:

- El artículo 3 define como generador al “*titular de toda instalación o actividad que de origen a residuos peligrosos*”. En consecuencia, cabe bajo esta definición todo establecimiento que cambie aceites para sí o para terceros.
- El Título III regula a los **Generadores** y se inicia con el artículo 25 que establece que: “*Las instalaciones, establecimientos o actividades que anualmente den origen a más de 12 kilogramos de residuos tóxicos agudos o a más de 12 toneladas de residuos peligrosos que presenten cualquier otra característica de peligrosidad deberán contar con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos presentado ante la Autoridad Sanitaria. Este último está regulado en el artículo 26.*”
- Para los generadores afectos a un Plan de Manejo, el artículo 27 dispone que, para el caso, “...que encomienden a terceros el transporte y/o la eliminación de sus residuos peligrosos serán responsable de:
 - a. retirar y transportar los residuos peligrosos a través de transportistas que cuenten con autorización sanitaria,
 - b. realizar la eliminación de sus residuos peligrosos en instalaciones de eliminación que cuenten con la debida Autorización Sanitaria que comprenda tales residuos,
 - c. proporcionar oportunamente la información correspondiente al Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos y entregar al transportista las respectivas Hojas de Seguridad para el Transporte de Residuos Peligrosos.
- El párrafo final del mismo artículo dispone que “Los Generadores que no estén obligados a sujetarse a un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos deberán en todo caso, cumplir con la obligación señalada en la letra b) precedente”.

- El Título IV regula las condiciones de **Almacenamiento**. El artículo 29 dispone que “...*todo sitio destinado para el almacenamiento de residuos peligrosos deberá contar con la correspondiente autorización sanitaria...*”. Para obtener dicha autorización, los sitios de almacenamiento (artículo 33) deben cumplir las siguientes condiciones:
 - a. Tener una base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos.
 - b. Contar con un cierre perimetral de a lo menos 1,80 metros de altura que impida el libre acceso de personas y animales.
 - c. Estar techados y protegidos de condiciones ambientales tales como humedad, temperatura y radiación solar.
 - d. Garantizar que se minimizará la volatilización, el arrastre o la lixiviación y en general cualquier otro mecanismo de contaminación del medio ambiente que pueda afectar a la población.
 - e. Tener una capacidad de retención de escurrimientos o derrames no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad ni al 20% del volumen total de los contenedores almacenados.
 - f. Contar con señalización de acuerdo a la Norma Chilena NCh 2.190 Of 93
- El artículo 35 dispone que el sitio de almacenamiento de residuos reactivos o inflamables (caso de los aceites usados) deberá estar a 15 metros, a lo menos, de los deslindes de la propiedad.
- El Título V regula el **Transporte**, estipulando que “*sólo podrán transportar residuos peligrosos por calles y caminos públicos las personas naturales o jurídicas que hayan sido autorizadas por la Autoridad Sanitaria, autorización que tendrá validez para todo el territorio nacional*” (artículo 36).
- El transportista será responsable de que la totalidad de la carga de residuos peligrosos sea entregada en el sitio de destino fijado en el correspondiente formulario del Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos (SIDREP), establecido en el Título VII del presente reglamento.
- No se podrá transportar residuos peligrosos sin portar el respectivo Documento de Declaración establecido en el Título VII del presente reglamento y sin las respectivas Hojas de Seguridad de Transporte de Residuos Peligrosos.
- La única excepción a lo anterior está en el artículo 42 que dice: “*Lo dispuesto en el presente Título no será aplicable al transporte de residuos peligrosos en cantidades que no excedan de 6 kilogramos de residuos tóxicos agudos o de 2 toneladas de cualquier otra clase de residuos peligrosos, cuando éste sea efectuado por el propio generador que, además, se encuentre exceptuado de presentar planes de manejo.*”
- Respecto de las operaciones de **Eliminación**, el Título IX define las operaciones a las que podrán someterse los residuos clasificados como peligrosos, disponiendo que toda Instalación de Eliminación de Residuos Peligrosos deberá contar con la respectiva

autorización otorgada por la Autoridad Sanitaria, en la que se especificará el tipo de residuos que podrá eliminar y la forma en que dicha eliminación será llevada a cabo ya sea mediante tratamiento, reciclaje y/o disposición final.

- El artículo 60, letra c) prohíbe eliminar en rellenos de seguridad los aceites residuales como, asimismo, los envases o recipientes vacíos.
- Finalmente, el artículo 86 dispone que las únicas operaciones de eliminación a las que pueden someterse los aceites usados serán la regeneración de ácidos o bases y la recuperación o reutilización de aceites usados.

Acuerdos de Producción Limpia Relacionados

Para el caso de los aceites, al día de hoy se encuentra el APL recién firmado (abril 2017), razón por lo cual no se encuentra plenamente vigente, aunque cabe igualmente mencionar cuáles serán las metas fijadas, a saber:

- Meta N°1: Diseñar e iniciar la operación de un sistema de gestión colectivo que recolecte 5.600 toneladas de aceites lubricantes usados en 24 meses, mejorando la trazabilidad actual.
- Meta N°2: Mejorar la información base del sector, como insumo para el futuro decreto supremo que establecerá metas de recolección y valorización.
- Meta N°3: Evaluar la capacidad de tratamiento y reciclaje de los aceites lubricantes usados de manera de promover nuevas alternativas en base a la jerarquía para el manejo de residuos.
- Meta N°4: Promover acciones de capacitación y difusión para los distintos actores del rubro de aceites lubricantes.

4. Producción nacional e importaciones de los Aceites Lubricantes

Chile no es productor de aceites lubricantes por lo tanto, todos los lubricantes que se consumen en el país son importados, aun cuando existen empresas que traen las bases y los aditivos a granel y los envasan en Chile para producir sus propias mezclas con características específicas.

Según el Consorcio integrado por YPF, Total, Enx y Petrobras, durante el 2015 en Chile se comercializaron 170.600 m³ de aceites lubricantes¹⁰². Este Consorcio junto a la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático establecieron un Acuerdo de Producción Limpia (APL) para el manejo ambientalmente racional de este residuo peligroso, contando con el apoyo de los ministerios de Energía, Medio Ambiente y Salud, así como del Servicio Nacional de Aduanas y Corfo. El APL permitirá al consorcio mejorar la información del sector sobre generación y gestión de este residuo, anticipándose a las metas de recolección y valorización que establezca un futuro Decreto Supremo que regule este campo y tiene por meta, recolectar 5.600 toneladas de aceites lubricantes usados en 24 meses.

Tal como se señaló en el acápite de 2, Actores Relevantes del Mercado de Aceites Lubricantes, existen diferencias entre los diferentes actores del mercado para estimar el consumo nacional. En dicho acápite, COPEC señalaba que el consumo del año 2013 había sido de 185.000 m³, lo que proyectado al 2015 alcanzaría la cifra de 192.474 m³. Esta cifra es superior en un 13% a la estimación que hace su competencia formada por YPF, Total, Enx y Petrobras, quienes representan el 35% de las importaciones, mientras que Copec supera el 50%.

Por otra parte, y con el objeto de caracterizar el mercado, a partir de los registros de importaciones de Aduana es posible clasificar las importaciones de este producto por país de origen y por importador, pero al igual que ocurre con los neumáticos y las baterías, con cierto grado de dificultad, puesto que las empresas tratan de “disfrazar” sus importaciones para mantener la confidencialidad de sus participaciones de mercado.

Sin embargo, en base a la identificación de las glosas de importación de aceites lubricantes, algunas marcas específicas que son traídas sólo por ciertas empresas y otras consideraciones, se pudieron realizar ciertos ajustes a la base de datos de importaciones, para establecer que existen aproximadamente 800 importadores que traen sus productos desde 49 países diferentes, siendo las marcas de Estados Unidos las que lideran el mercado para este producto.

¹⁰² Acuerdo de Producción Limpia: “Manejo Responsable de Aceites Lubricantes Usados”, 2017- Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático.

Para efectos de clasificar los aceites lubricantes, se determinó que no existen criterios para separarlo en categorías, puesto que todos los aceites lubricantes, ya sea se destinen al sector automotriz o al industrial, tienen similares características técnicas, se almacenan de la misma forma y si tiene como destino su transformación a combustible alternativo, no existe diferencia en los tratamientos de valorización que reciben al final de su vida útil. Sólo en el caso que el ALU se destine a un proceso de re-refinación, los ALU se separan entre “claros” y “quemados” para aplicar un proceso de purificación inicial a los “quemados”.

En virtud de lo anterior, no se distinguen categorías relevantes y por ende se agruparán todas las glosas de importación de Aduana identificadas para este producto en base a la descripción genérica “Aceites Lubricantes”, como se muestra en el cuadro a continuación.

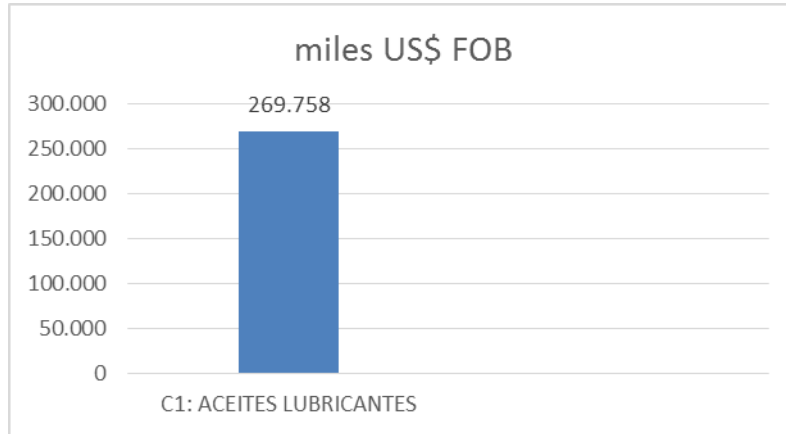
Tabla 41. Categoría Única de Clasificación de los Aceites Lubricantes, por Glosa de Importación

PRODUCTO PRIORITARIO	CATEGORÍA	POSICIÓN ARANCELARIA	DESCRIPCIÓN GLOSA de IMPORTACIÓN
ACEITE LUBRICANTE	C1	27101930	ACEITES LUBRICANTES TERMINADOS
		27101963	ACEITES LUBRICANTES TERMINADOS
		34031900	LAS DEMAS PREP. QUE CONTENGAN LUBRICANTES QUE CONTENGAN ACEITE
		34039900	LAS DEMAS PREPARACIONES LUBRICANTES.

Fuente: Elaboración propia en base a información recabada con los principales actores del mercado y base de datos de importaciones de Aduana.

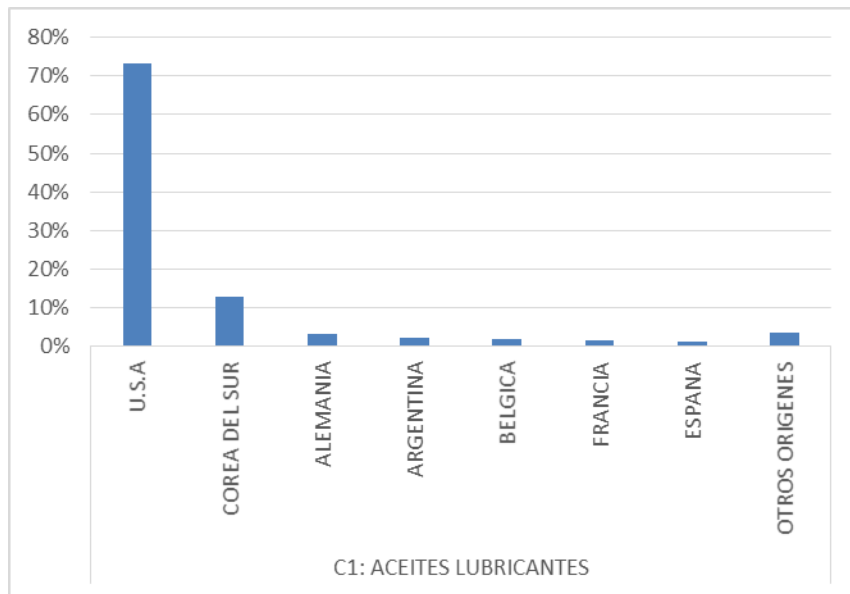
En base a esta agrupación, se procesó la Base de Datos de importaciones de Aduana de los años 2014, 2015 y 2016, obteniéndose los siguientes resultados para el 2016, en participación de mercado por empresa y por país de origen, en millones de dólares FOB (ver Anexo N°3, para tablas resumen de base de datos de importaciones).

Figura 27. Importación de Aceites Lubricantes de acuerdo a Glosas de Importación, 2016



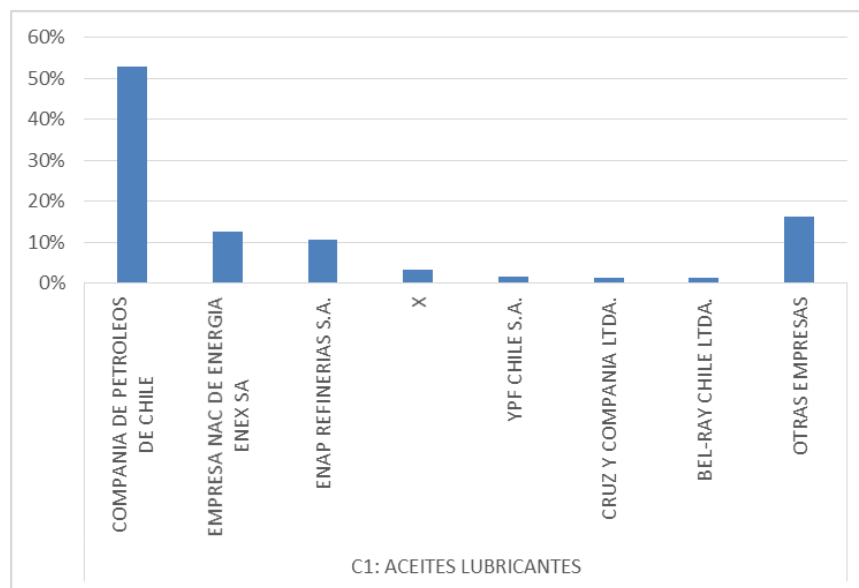
Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Figura 28. Participación de Mercado Aceites Lubricantes, por País de Origen



Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Figura 29. Participación de Mercado Aceites Lubricantes, por Importador



Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

5. Evolución del sector y proyecciones del mercado de los Aceites Lubricantes

El consumo de aceites lubricantes está asociado fundamentalmente al crecimiento del parque automotriz y del sector industrial.

El crecimiento del parque automotriz se proyecta en base al crecimiento del PIB de cada año, según estimaciones de la CINC que ha observado una buena correlación histórica entre ambas cifras. Y lo mismo ocurre con el sector industrial.

De acuerdo al Banco Central, el 2017 este indicador alcanzará el 1,75%, y se estima una expansión de 3,25% para 2018¹⁰³.

En virtud de lo anterior, y considerando las dos estimaciones de consumo disponibles, la de Copec, principal actor del mercado, y la del consorcio formado por YPF, Total, Enx y Petrobras para el APL de Aceites Lubricantes, la evolución en el consumo de los aceites se proyecta en la siguiente Tabla.

¹⁰³ Banco Central de Chile, julio 2017.

Tabla 42. Proyección del Consumo de Aceites Lubricantes en Chile

Año	PIB	Aceite Lubricante según Consorcio APL^{1/} [m3]	Aceite Lubricante según COPEC^{2/} [m3]
2013	4,1%		185.000
2014	1,9%		188.515
2015	2,1%	173.612	192.474
2016	1,6%	176.390	195.553
2017	1,75%	179.477	198.976
2018	3,25%	185.310	205.442
2019	3,5%	191.795	212.633

Fuente: 1/ Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, Acuerdo de Producción Limpia: “Manejo Responsable de Aceites Lubricantes Usados”, 2017.

2/ COPEC, “Hacia una Ley Marco de Residuos”, 25 de Julio 2014, ver en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497_REP_COPEC.pdf; y proyección del PIB en base a estimaciones del Banco Central, junio 2017.

Para poder estimar la distribución de la demanda de aceites lubricantes, se debe considerar que los principales consumidores son el parque automotriz y la industria, incluyendo la minería. Para efectos de determinar el consumo del parque automotriz, GESCAM para el estudio solicitado por el Consejo de Producción Limpia: “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes” del año 2015, desarrolló factores de consumo por tipo de vehículo y actividad, los cuales han sido complementados con nuevos antecedentes aportados por el estudio de Diagnóstico Sectorial elaborado por ECOBAUS para el Consorcio del APL de Aceites Lubricantes en 2016.

Los parámetros identificados para determinar el consumo de aceite lubricante de un vehículo son el tipo de vehículo, su actividad, el volumen de aceite que utiliza (motor, caja y diferencial) y la frecuencia con que deber realizar el cambio de aceite. Para revisar el detalle de estos cálculos, revisar Anexo N°4.

Tabla 43. Factores de consumo de Aceites Lubricantes por tipo de vehículo y actividad

Tipo de Vehículo	Volumen Utilizado	Vida Útil	Kilometraje Promedio	Recambios al año	Requerimiento anual Aceite Lubricante
	[lt]	[km]	[km/año]	[veces]	[lt/año]
Vehículos Livianos Uso Particular	5,4	6.000	17.218	2,9	15,62
Vehículos Livianos Uso Laboral	8,0	10.000	56.900	5,7	45,49
Vehículos Transporte Pasajeros	38,7	20.000	76.395	3,8	147,89
Vehículos de Transporte de Carga	44,6	20.000	54.657	2,7	121,85
Vehículo Agrícola-Forestal (horas)	15,8	300	2.000	6,7	105,62

Nota: En el caso de los vehículos agrícola y forestal, la vida útil se mide en horas.

Fuente: Elaboración propia en base a fuentes citadas y entrevistas con actores del mercado del sector transporte.

En virtud de lo anterior, la estimación de la demanda de aceites lubricantes a nivel nacional se realizó aplicando dichos factores de consumo a la base de datos del Parque de Vehículos en Circulación del año 2016, realizada por el INE.

Tabla 44. Estimación Demanda de Aceites Lubricantes Parque Automotriz 2016 y Proyección 2017-2019, a nivel Regional, por tipo de vehículo y actividad [m3/año]

REGIÓN	Automóviles livianos		Transporte personas	Transporte de carga	Vehículos Agrícolas, Tracción y Otros)	ESTIMACIÓN CONSUMO AÑO 2016	ESTIMACIÓN CONSUMO AÑO 2017	ESTIMACIÓN CONSUMO AÑO 2018	ESTIMACIÓN CONSUMO AÑO 2019
	Uso Particular	Uso Laboral							
Factor Consumo AL [lt/año]	15,62	45,49	147,89	121,85	105,62				
I de Tarapacá	1.715	224	180	569	42	2.730	2.778	2.868	2.969
II de Antofagasta	2.193	348	472	1.249	125	4.387	4.464	4.609	4.770
III de Atacama	1.209	156	231	1.002	93	2.692	2.739	2.828	2.927
IV de Coquimbo	2.873	338	309	1.056	93	4.669	4.751	4.906	5.077
V de Valparaíso	7.359	661	929	2.234	189	11.373	11.572	11.948	12.366
VI de O'Higgins	3.766	374	566	1.584	236	6.526	6.640	6.856	7.096
VII del Maule	4.633	294	577	2.039	369	7.912	8.051	8.313	8.604
VIII del Biobío	7.462	515	1.098	2.852	458	12.385	12.602	13.011	13.467
IX de La Araucanía	3.109	246	464	1.213	231	5.263	5.355	5.529	5.723
X de Los Lagos	3.000	301	503	1.322	206	5.331	5.425	5.601	5.797
XI de Aysén	526	52	40	238	24	881	896	925	958
XII de Magallanes y La Antártica	935	146	77	345	71	1.574	1.602	1.654	1.712
XIII Metropolitana	28.115	2.629	2.244	7.333	672	40.994	41.711	43.067	44.574
XIV de Los Ríos	1.245	126	188	529	104	2.192	2.231	2.303	2.384
XV de Arica y Parinacota	1.056	167	100	343	44	1.710	1.740	1.796	1.859
Total País	69.196	6.578	7.978	23.909	2.958	110.619	112.555	116.213	120.280

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Anual de Vehículos en Circulación del INE, abril 2015, y factores de consumo estimados por GESCAM.

La demanda por aceites lubricantes del parque automotriz 2016, a nivel nacional, se estima fue de 110.619 m³. A nivel regional, la región Metropolitana es el principal consumidor con 44.574 m³, seguido por la región de Bío Bío con 13.467 m³.

Por la dificultad existente para generar un catastro de la industria y estimar factores de consumo para rubros tan disímiles entre sí, la demanda de aceites lubricantes asociada al sector industrial, se estimará descontando a la demanda total la correspondiente al sector automotriz. En virtud de lo anterior, si se considera la estimación realizada por COPEC, la demanda del sector industrial del año 2016 habría sido de 84.934 m³.

6. Distribución y Comercialización de Aceites Lubricantes

La distribución de aceites lubricantes presenta complejidades para su descripción. Por una parte, existe una red de comercialización de mayoristas y minoristas que compran aceites lubricantes para su reventa, entre los cuales se encuentran los distribuidores de las empresas fabricantes o importadores de lubricantes, casas de repuestos, garajes mecánicos, lubricentros, estaciones de servicio y demás establecimientos cuyo giro es la venta de lubricantes a clientes finales o el proveer servicios de mantención y reparación de vehículos¹⁰⁴.

Por otra parte, se encuentran los consumidores industriales que corresponden a las empresas cuyas actividades son el transporte de carga y pasajeros, la industria manufacturera y construcción, la minería, el sector marino y el sector eléctrico. Como se observa, gran parte del sector denominado industrial, ya se encuentra incluido en el sector automotriz y en el sector minero. Por lo tanto, para efectos de individualizar este sector, con el objeto de estimar su generación de ALU, se definirán como aquellos que compran aceites lubricantes para uso en maquinaria propia de su actividad, exceptuando los vehículos de todo tipo (incluidos en el parque automotriz) y los vehículos y maquinaria minera.

Una forma de caracterizar los canales de distribución es segmentándolos, según estrategia de mercado, en B2B o B2C. Los primeros son aquellos en que la empresa le vende a otra empresa y no al consumidor final. En esta categoría se encuentran los consumidores industriales que se pueden subdividir en transporte de carga y pasajeros e industria en general. Los segundos corresponden a todos los canales que distribuyen el producto a los usuarios finales, fuertemente atomizados y que, adquieren el producto en los siguientes establecimientos.

¹⁰⁴ Ecobaus, "Diagnóstico Sectorial de Aceites Lubricantes, Informe Final", septiembre 2016.

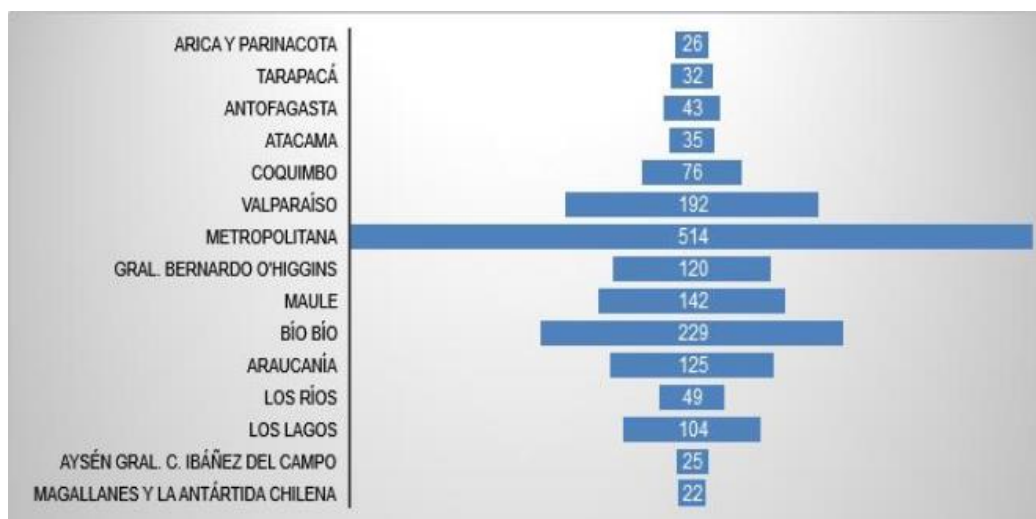
Estaciones de servicio

Las actividades desarrolladas por las Estaciones de Servicio se encuentran agrupadas bajo la calificación industrial CIUU 6200 perteneciente al comercio al por menor y corresponden básicamente al expendio de combustibles (gasolina, diésel y kerosene) al público. En algunos casos también incluyen servicios anexos como lavado de vehículos, reparaciones menores, cambios de aceite, minimarket y/o venta de comida rápida.

Están reguladas por el DS 90/1996 del Ministerio de Economía “Reglamento de seguridad para el almacenamiento, refinación, transporte, y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo” el que, en lo que refiere a este Diagnóstico, prohíbe eliminar los aceites, lubricantes, nuevos o usados, en la red de alcantarillado, obligando a su almacenamiento en tambores para ser eliminados posteriormente (capítulo VI, número 6.15. Drenaje y eliminación de desperdicios).

Al mes de abril de 2016, existen 1.734 estaciones de servicio distribuidas regionalmente de la siguiente manera:

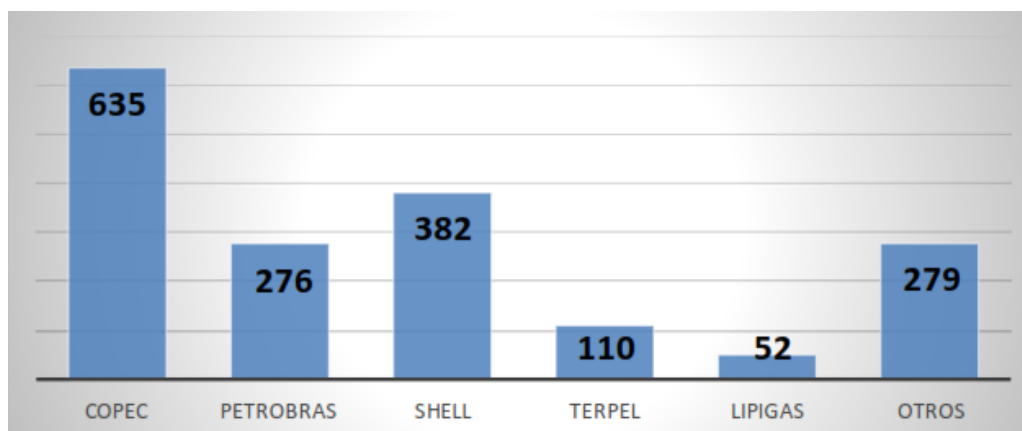
Figura 30. Distribución Regional de Estaciones de Servicio



Fuente: Ecobaus, “Diagnóstico Sectorial de Aceites Lubricantes, Informe Final”, septiembre 2016.

La distribución por marcas es la siguiente:

Figura 31. Distribución de Estaciones de Servicio por Marca



Fuente: Ecobaus, "Diagnóstico Sectorial de Aceites Lubricantes, Informe Final", septiembre 2016.

Según la matriz de ventas entregada por las empresas del Consorcio de Aceites Lubricantes, la venta promedio a cada estación de servicio es de 7 m³ anuales¹⁰⁵.

De la Figura anterior, claramente se observa que COPEC es el principal distribuidor y comercializador del mercado, con el 37% de participación de servicentros a lo largo de Chile, seguido por SHELL con un 22% y PETROBRAS con un 16%.

¹⁰⁵ Consorcio Aceites Lubricantes, 2016.

Tabla 45. Servicentros COPEC en Chile

Región	Cantidad
Arica y Parinacota	7
Tarapacá	13
Antofagasta	23
Atacama	16
Coquimbo	35
Valparaíso	71
Metropolitana	199
General Bernardo O'Higgins	46
Maule	41
Bío Bío	86
Araucanía	41
Los Ríos	17
Los Lagos	40
Aysén y del General Carlos Ibañez del Campo	12
Magallanes y la Antártica Chilena	13
Total	660

Fuente: Elaboración propia en base a Sistema de Información en Línea de Precios de Combustibles en Estaciones de Servicio¹⁰⁶

¹⁰⁶ Comisión Nacional de Energía. Sistema de Información en Línea de Precios de Combustibles en Estaciones de Servicio. Disponible en: <http://www.bencinaenlinea.cl/web2/> (fecha de Consulta: 8 de mayo de 2017)

Por su parte ENEX, distribuidor y comercializador de los lubricantes Shell, cuenta con una red de 433 Estaciones de Servicio, siendo el segundo en tamaño en Chile. En la siguiente tabla, se muestra la distribución de estas estaciones de servicio a lo largo del país.

Tabla 46. Servicentros Shell en Chile

Región	Cantidad
Arica y Parinacota	3
Tarapacá	5
Antofagasta	9
Atacama	11
Coquimbo	21
Valparaíso	57
Metropolitana	145
General Bernardo O'Higgins	22
Maule	32
Bío Bío	55
Araucanía	29
Los Ríos	12
Los Lagos	25
Aysén del General Carlos Ibañez del Campo	3
Magallanes y la Antártica Chilena	4
Total	433

Fuente: Elaboración propia en base a Sistema de Información en Línea de Precios de Combustibles en Estaciones de Servicio¹⁰⁷

Petrobras es el tercer distribuidor y comercializador más importante del mercado nacional, a través de Lubricantes Lubrax. Las tablas siguientes muestran la cantidad de puntos de distribución de lubricantes Lubrax en Chile y de venta directa a través de sus estaciones de servicio.

¹⁰⁷ Comisión Nacional de Energía. Sistema de Información en Línea de Precios de Combustibles en Estaciones de Servicio. Disponible en: <http://www.bencinaenlinea.cl/web2/> (fecha de Consulta: 8 de mayo de 2017)

Tabla 47. Distribuidoras Lubrax en Chile

Región	Cantidad
Arica y Parinacota	1
Tarapacá	1
Antofagasta	6
Atacama	3
Coquimbo	4
Valparaíso	3
Metropolitana	7
General Bernardo O'Higgins	9
Maule	8
Bío Bío	12
Araucanía	4
Los Ríos	2
Los Lagos	9
Aysén y del General Carlos Ibañez del Campo	0
Magallanes y la Antártica Chilena	1
Total	70

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por la web¹⁰⁸

Tabla 48. Estaciones de Servicios y Comercializadoras Lubrax

Región	Cantidad
Arica y Parinacota	26
Tarapacá	4
Antofagasta	10
Atacama	7
Coquimbo	12
Valparaíso	22
Metropolitana	88
General Bernardo O'Higgins	18
Maule	14
Bío Bío	37

¹⁰⁸ <http://www.lubrax.com/es/donde-comprar>

Araucanía	21
Los Ríos	9
Los Lagos	25
Aysén y del General Carlos Ibañez del Campo	4
Magallanes y la Antártica Chilena	5
Total	302

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por la web¹⁰⁹

Por otra parte, entre los distribuidores de menor tamaño se encuentra Total, que a su vez también actúa como comercializador, siendo su distribución regional la siguiente:

Tabla 49. Distribuidoras y Comercializadoras de Lubricantes Total en Chile

Región	Cantidad
Antofagasta	1
Coquimbo	11
Valparaíso	63
Metropolitana	146
General Bernardo O'Higgins	5
Maule	9
Bío Bío	2
Araucanía	1
Los Ríos	1
Los Lagos	3
Total	251

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la web¹¹⁰

¹⁰⁹ <http://www.lubrax.com/es/donde-comprar>

¹¹⁰ <http://www.total-chile.cl/>

Lubricentros y garajes (talleres mecánicos)

En general, los lubricentros son talleres automotrices dedicados a proveer los servicios de lubricación en general para vehículos, esto es, cambios de aceite de motor, de caja de cambio, diferenciales, caja de transferencia, dirección, entre otros. Adicionalmente, prestan servicios de mantención mecánica tales como afinamiento de motor y reparaciones que puedan realizarse en pocas horas.

Para el año 2014, el 70% de los talleres de mantención se ubicaron en las regiones Metropolitana (36,1%), Bío Bío (12,3%), Valparaíso (8,8%), Los Lagos (6,4%) y La Araucanía (5,5%). A su vez, el 71% de las ventas totales se registró en las regiones Metropolitana (55,5%), Bío Bío (8,4%) y Valparaíso (7,2%).

No existe información para determinar cuáles de estos talleres prestan servicios de cambio de aceite. Sin embargo, sí es posible segmentarlos en dos categorías: Talleres multimarca y red de concesionarios.

Los talleres multimarca son aquellos que no tienen una especialización de marcas de vehículos, es decir los talleres más comunes, disponibles para los usuarios finales que no necesariamente tienen preferencias por los talleres especializados en su marca y modelo de vehículo. A su vez este segmento se divide en dos sub segmentos: Talleres independientes y redes de servicio. La diferencia es que las redes de servicio corresponden a empresas que cuentan con una red de talleres concesionarios, por ejemplo: Central Frenos, Bosch Car Service, Serviteca Good Year, etc.

Para este canal, tampoco existe información que permita distinguir cuales ofrecen el servicio de cambio de aceite de aquellos que sólo lo venden.

7. Categorías del Aceite Lubricante Usado

Para efectos de definir categorías para los Aceites Lubricantes Usados se consideran aquellos aspectos que distinguen los ALU en relación a la gestión que potencialmente puedan recibir, puesto que las categorías deben ser funcionales con la fijación de metas de recolección y valorización.

Es por este motivo que en el caso de los ALU, la Categoría Principal y única, se refiere a su origen, puesto que los aceites lubricantes no requieren mayor clasificación para ser tratados y valorizados, pues no presentan grandes diferencias de composición que amerite un trato diferenciado. La única distinción que se realiza previo a su procesamiento, dependiendo del producto final que se quiera obtener, es el grado de contaminación.

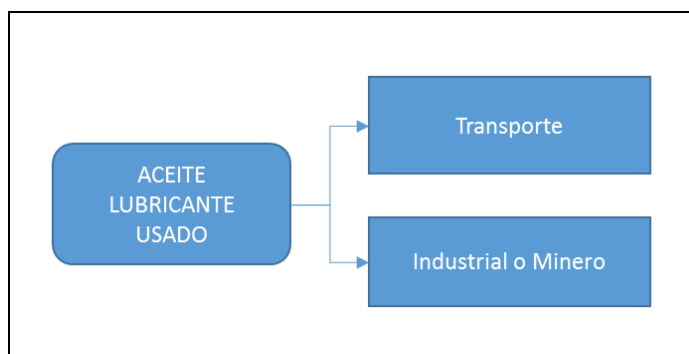
Los ALU, al igual que las BFU, son residuos peligrosos y por lo tanto están sujetos al Decreto Supremo N°148 que establece las condiciones mínimas sanitarias y de seguridad para su manejo, lo cual condiciona su logística de recolección, almacenamiento y transporte.

La Categoría Principal en que se clasifican los ALU se relaciona entonces con su origen, esto es, Vehicular o Industrial/Minero, lo cual guarda relación con el lugar donde se generan o almacenan temporalmente los residuos. Si son de la categoría “Vehicular”, la logística de generación y recolección tiene como lugar común los servicentros o talleres mecánicos, en virtud de lo cual, los Sistemas de Gestión deben organizarse en torno a ellos y fijar sus estrategias de recolección en función de esta lógica de generación de residuos.

Si su origen es Industrial/Minero los Sistemas de Gestión deberán procurar fortalecer y mejorar las actuales redes de recolección y transporte para lograr las metas que fije la autoridad en torno a esta categoría.

En la Figura siguiente se ilustra lo señalado.

Figura 32. Categorías para los ALU según su Gestión



Fuente: Elaboración propia

8. Cuantificación de los Aceites Lubricantes Usados

La cuantificación de aceites lubricantes usados se realizará en función de factores de generación para el Parque Automotriz y la minería desarrollados por GESCAM para el estudio solicitado por el Consejo de Producción Limpia: “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes” del año 2015, los cuales han sido complementados y mejorados con nuevos antecedentes aportados por el estudio de Diagnóstico Sectorial elaborado por ECOBAUS para el Consorcio del APL de Aceites Lubricantes en 2016.

Para efectos de determinar la generación del sector industrial, es necesario considerar que parte del mismo está conformado por el sector automotriz, a través de las empresas de transporte de carga y pasajeros, y por el sector minero. Sin embargo, existe otra parte difícil de cuantificar directamente, y es la conformada por el sector manufacturero, eléctrico, marítimo, etc. Frente a la dificultad de realizar un catastro de estos sectores y desarrollar factores de generación ad-hoc, se considerará el mismo supuesto utilizado en el estudio de ECOBAUS, donde se opta por estimar dicha generación a partir de descontar de la generación total de ALU, la correspondiente al parque automotriz y la del sector minero, estimados a partir de los factores de generación antedichos.

a) GENERACIÓN DE ALU, SECTOR AUTOMOTRIZ

Tal como señaló en el acápite 5, para determinar factores de generación de ALU para el parque automotriz, lo primero es identificar las variables que inciden el consumo de aceites lubricantes, esto es, volumen utilizado por tipo de vehículo, vida útil del aceite, kilometraje promedio anual, lo cual permite estimar la demanda anual de aceite lubricante. Si a este volumen se aplica el porcentaje de pérdida de aceite por efecto de la combustión luego de su uso, es posible estimar por diferencia, la generación anual de Aceite Lubricante Usado (ALU). En este caso el factor de pérdida se estima en un 33,8%, de acuerdo a estimaciones de COPEC del año 2015.

Los parámetros utilizados y los factores ponderados en función de la distribución del parque automotriz es la siguiente:

Tabla 50. Parámetros Ponderados de Generación de ALU por tipo de vehículo y actividad

Categoría	Cantidad de Vehículos por Tipo	Tipo de Vehículo	Cantidad de Vehículos Parque Automotriz	Participación x Tipo de Vehículo	Kilometraje promedio/año	Promedio ponderado [km/año]	Litros x Cambio aceite motor	Promedio ponderado [lt/cambio]
Vehículos Livianos: Transporte Particular, Transporte Colectivo y Otros	4.430.661 vehículos	Automóvil y station wagon	3.067.215	69%	16.000	17.218	5,5	5,4
		Todo Terreno	103.307	2%	16.000		5,7	
		Furgón	190.727	4%	20.000		5,5	
		Minibús	29.632	1%	50.000		12,7	
		Camioneta	863.219	19%	20.000		5,7	
		Motocicleta y similares	175.019	4%	17.000		2,0	
	Otros con motor	1.542	0,03%	15.000	2,5			
	144.582 vehículos	Taxi básico	36.107	25%	50.000	56.900	5,8	8,0
		Taxi colectivo	61.085	42%	70.000		5,8	
		Taxi turismo	9.519	7%	50.000		5,8	
Minibus, transporte colectivo		20.648	14%	60.000	14,7			
		Minibus, furgón escolar y trabajadores	17.223	12%	25.000		13,6	
Transporte de Personas	53.945 vehículos	Bus, transporte colectivo	48.388	90%	80.000	76.395	39,0	38,7
		Bus, transporte escolar y trabajadores	5.557	10%	45.000		36,0	
Transporte de Carga	196.217 vehículos	Camión simple	150.529	77%	50.000	54.657	33,3	44,6
		Tractocamión	45.688	23%	70.000		81,7	
Tractor Agrícola, Otros con Motor	28.008 vehículos	Tractor agrícola	8.540	30%	5.000	7.085	36,0	15,8
		Otros con motor	19.468	70%	8.000		7,0	
	4.853.413	TOTAL	4.853.413					

Nota: El volumen de litros por cambio de aceite incluye el cambio de aceite de motor, de caja y de diferencial, todo lo cual ponderado por la frecuencia de cambio en cada caso y el volumen utilizado por tipo de vehículo. Los detalles de este cálculo pueden ser revisados en Anexo N°4.

Fuente: Elaboración propia en base a fuentes citadas, entrevistas con actores del mercado del sector transporte y estudio de Ecobaus: “Diagnóstico Sectorial Aceites Lubricantes”, 2016.

Tabla 51. Factores Generación ALU por tipo de vehículo y actividad

Tipo de Vehículo	Volumen Utilizado	Vida Útil	Kilometraje Promedio	Recambios al año	Requerimiento anual Aceite Lubricante	Volumen ALU/año (considerando pérdida 33,8%)
	[lt]	[km]	[km/año]	[veces]	[lt/año]	[lt/año]
Vehículos Livianos Uso Particular	5,4	6.000	17.218	2,9	15,62	10,34
Vehículos Livianos Uso Laboral	8,0	10.000	56.900	5,7	45,49	30,12
Vehículos Transporte Pasajeros	38,7	20.000	76.395	3,8	147,89	97,91
Vehículos de Transporte de Carga	44,6	20.000	54.657	2,7	121,85	80,67
Vehículo Agrícola-Forestal (horas)	15,8	300	2.000	6,7	105,62	69,92

1/ En el caso de los vehículos de uso agrícola, forestal, tracción u otros, la vida útil se mide en horas.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo anterior, es posible determinar el volumen de Aceite Lubricante Usado que se genera a nivel nacional y regional, aplicando los factores al Parque Automotriz 2016, proyectando su evolución mediante la estimación del PIB del Banco Central.

Tabla 52. Generación de ALU, año 2016, por tipo de vehículo y actividad, y proyección 2017-2019 [m3/año]

REGIÓN	Automóviles livianos		Transporte personas	Transporte de carga	Vehículos Agrícolas, Tracción y Otros)	ESTIMACIÓN ALU 2016	PROYECCIÓN ALU [m3 ALU/año]		
	Uso Particular	Uso Laboral					2017	2018	2019
Factor ALU [lt/año]	10,34	30,12	97,91	80,67	69,92				
I de Tarapacá	1.136	148	119	377	27	1.807	1.839	1.899	1.965
II de Antofagasta	1.452	230	312	827	83	2.904	2.955	3.051	3.158
III de Atacama	800	104	153	664	61	1.782	1.813	1.872	1.937
IV de Coquimbo	1.902	224	205	699	62	3.091	3.145	3.247	3.361
V de Valparaíso	4.871	438	615	1.479	125	7.529	7.660	7.909	8.186
VI de O'Higgins	2.493	248	374	1.048	156	4.320	4.396	4.538	4.697
VII del Maule	3.067	194	382	1.350	244	5.238	5.330	5.503	5.696
VIII del Biobío	4.940	341	727	1.888	303	8.199	8.342	8.613	8.915
IX de La Araucanía	2.058	163	307	803	153	3.484	3.545	3.660	3.788
X de Los Lagos	1.986	199	333	875	137	3.529	3.591	3.708	3.838
XI de Aysén	348	34	27	158	16	583	593	612	634
XII Magallanes y La Antártica	619	97	51	229	47	1.042	1.060	1.095	1.133
XIII Metropolitana	18.612	1.740	1.486	4.855	445	27.138	27.613	28.510	29.508
XIV de Los Ríos	824	84	125	350	69	1.451	1.477	1.525	1.578
XV de Arica y Parinacota	699	111	66	227	29	1.132	1.152	1.189	1.231
Total País	45.808	4.354	5.282	15.828	1.958	73.230	74.511	76.933	79.626

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Anual de Vehículos en Circulación del INE, abril 2016, y factores de generación ALU estimados por GESCAM.

Tal como se observa en la tabla anterior, a nivel nacional, el año 2016 se estima se generaron 73.230 m³ de aceites lubricantes usados provenientes del sector transporte, siendo la Región Metropolitana la principal generadora de ALU con un 37% a nivel nacional.

b) GENERACIÓN DE ALU, SECTOR MINERO

El sector minero genera aceites usados provenientes del mantenimiento de equipos, cambios de aceite de los vehículos mineros y otras medidas preventivas en los talleres de la Mina. Dentro del proceso minero, una parte de los aceites usados generados son reutilizados como combustible, lo que permite un ahorro en la cantidad de petróleo a utilizar o en otros procesos afines. Sin embargo, la otra parte de los aceites tiene como destino centros de almacenamiento temporal autorizados para su posterior tratamiento.

Para determinar el Factor de Generación de ALU asociado a este sector, a partir de antecedentes de la “Encuesta del Consejo Minero” realizada el 2002 por GESCAM S.A¹¹¹ se correlacionó la cantidad de cobre fino extraído y la cantidad de aceites lubricantes generados por 5 empresas mineras, estableciéndose un promedio de 3,312 kg de aceites usados por tonelada de cobre extraído, lo cual es equivalente a 0,004 m³/ton al considerar la densidad del aceite¹¹² que es de 0,878 gr/cm³. En la tabla a continuación se muestran dichas empresas y los valores asociados.

Tabla 53. Factor Generación ALU, Sector Minero

EMPRESAS	Cobre Fino 2015	Aceites Lubricantes Usado		Factor Generación ALU
	[ton]	[ton]	[m3]	[m3/TMF]
ANGLO AMERICAN SUR	401.700	1527	1739	0,0043
RADOMIRO TOMIC	260.300	760	866	0,0033
EL ABRA	217.600	980	1116	0,0051
EL TESORO	50.000	120	137	0,0027
MINERA MICHILLA	49.600	95	108	0,0022
QUEBRADA BLANCA	74.680	360	410	0,0055
			Promedio	0,004

Fuente: Con excepción de AngloAmerican Sur que corresponde a datos de generación de ALU declarados en el SIDREP 2015 y a datos de producción del TMF del Consejo Minero 2015¹¹³, todas las demás referencias corresponde a información de la Encuesta del Consejo Minero 2002.

Cabe señalar que no se consideró un porcentaje de reutilización dentro del proceso minero, ya que el cálculo del índice toma valores extraídos de la Encuesta del Consejo Minero antes señalada, la que considera solo los Aceites Usados que salen de la minera con destino a empresas autorizadas de tratamiento, por tal motivo el índice incorpora este proceso de valorización energética de manera implícita.

Para efectos de distribuir la generación de ALU minero a lo largo del país, se tomó la misma distribución de las principales compañías mineras utilizadas para los NMFU y se aplicó el Factor de generación por TMF producido.

¹¹¹ GESCAM S.A. 2002. “Encuesta del Consejo Minero”

¹¹² Densidad de aceite lubricante extraído de: Guía técnica para aceites usados del sector transporte, CONAMA-GTZ, 2010

¹¹³ <http://www.consejominero.cl/anglo-american/>

Tabla 54. Generación Regional de ALU en base a distribución faenas de Cu y Fe [ton]

Región	TMF 2015	Distribución	ALU 2015	ALU 2016	ALU 2017	ALU 2018	ALU 2019
I Tarapacá	579.596	4%	91	93	94	97	101
II Antofagasta	3.108.358	22%	2.624	2.666	2.713	2.801	2.899
III Atacama	8.843.388	62%	21.241	21.581	21.958	22.672	23.465
IV Coquimbo	508.007	4%	70	71	72	75	77
V Valparaíso	295.323	2%	24	24	24	25	26
VI O'Higgins	487.153	3%	64	65	67	69	71
Metropolitana	401.715	3%	44	45	45	47	48
XV Arica	5.914	0%	0	0	0	0	0
VII Del Maule	17	0%	0	0	0	0	0
XI Aysén	831	0%	0	0	0	0	0
Total	14.230.302	100%	24.158	24.545	24.974	25.786	26.688

Fuente: Elaboración propia en base a “Anuario de la Minería 2015”, de SERNAGEOMIN; y proyección del PIB en base a estimaciones del Banco Central.

Como es posible observar, los principales generadores de aceites usados del sector minero se localizan en la III región con un 88% del total nacional y la II región con 11%.

c) GENERACIÓN DE ALU, SECTOR INDUSTRIAL

A partir de las estimaciones de COPEC que señalan que en Chile durante el 2013, se generaron 122.500 m³/año de ALU, y proyectando esta cifra al 2016 mediante la variación del PIB, es posible estimar la generación de ALU durante el 2016 habría sido 129.456 m³.

Al descontar a esta cifra, la generación de ALU automotriz y minero, se obtiene que la generación industrial durante el 2016, habría sido de 31.682 m³/año.

Finalmente la generación total de ALU para el 2016, su distribución por sectores y su proyección al 2019 en base a la estimación del PIB, es la siguiente:

Tabla 55. Generación Total de ALU 2016 y Proyección años 2017-2019 [m³/año]

Origen ALU	2016	2017	2018	2019
Autos y camionetas	50.162	51.040	52.699	54.543
Camiones y buses	21.109	21.479	22.177	22.953
Sector Agrícola, Forestal	1.958,3	1.993	2.057	2.129
Sector Minero	24.545	24.974	25.786	26.688
Sector Industrial	31.682	32.236	33.284	34.449
Generación Total	129.456	131.722	136.003	140.763

Fuente: Elaboración propia y proyección en base al PIB del Banco Central.

d) COMPARACIÓN ESTIMACIONES DE ALU GENERADOS

Para efectos de validar los resultados a partir de los Factores de Generación GESCAM que se basan en la estimación de la demanda realizada por COPEC, se compararon los resultados obtenidos con el estudio desarrollado por ECOBAUS en 2016 para el Consorcio de Aceites Lubricantes conformado por Shell, YPF, Total y Petrobras.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 56. Comparación estimaciones Generación ALU

Origen de los ALU	GESCAM	ECOBAUS	Diferencial
	[m ³ /año]	[m ³ /año]	[%]
Autos y camionetas	50.162	76.682	5%
Camiones y buses	21.109		
Sector Agrícola, Forestal	1.958		
Sector Minero	24.545	23.358	-5%
Sector Industrial	31.682	21.018	-51%
Generación total	129.456	121.057	-7%

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por COPEC, ECOBAUS y factores GESCAM desarrollados para este estudio.

Al observar la diferencia en la generación de ALU en base a la información proporcionada tanto por COPEC como por el Consorcio formado por Shell, YPF, Total y Petrobras, es necesario señalar que existe una diferencia basal en la estimación de la demanda por aceites lubricantes que es equivalente a un 10,8% (ver Tabla N°40). Esto influye ciertamente en la estimación de ALU, puesto que ambas metodologías se basan en factores de pérdida del aceite lubricante original y estiman el ALU industrial a través de la diferencia entre la generación total y la generación del sector automotriz y minero, consolidando toda esa diferencia en ese sector.

Haciendo caso omiso de esta diferencia, al comparar los resultados en base a la metodología desarrollada por ECOBAUS para el Consorcio y la metodología desarrollada por GESCAM para el Consejo de Producción Limpia, en base a la información proporcionada por COPEC en 2015, se manifiesta una diferencia de 5% en la generación de ALU asociado al sector automotriz, que se compensa en la misma proporción con la generación del sector minero, lo cual no se estima significativo y permite validar la metodología.

9. Mercado Actual y Demanda Potencial de los Productos Resultantes de la Valorización de las ALU

El mercado tradicional de la valorización de los ALU lo constituyen¹¹⁴:

- Hornos industriales
- Diésel Marino
- Recuperación o Valorización
- Explosivos

De los aproximadamente 76.000 m³ que fueron tratados, 47.000 m³ se destinaron para co-procesamiento en plantas cementeras, 23.000 m³ se reciclaron como combustible alternativo al Fuel 6 para quema en hornos y calderas industriales, y el resto, 7,9% del total recuperado (6.000 m³), se regeneró para fabricar lubricantes de cadenilla y otros aceites lubricantes¹¹⁵.

Sin embargo, algunos gestores dedicados al reciclaje de ALU han visto potencialmente amenazado este mercado por las campañas de reconversión tecnológica hacia calderas a gas. Esta situación podría tener un impacto relevante al disminuir significativamente la demanda por el combustible alternativo proveniente de los ALU, dificultando el cumplimiento de las metas que propondrá la REP en el corto plazo.

Con la meta de recolectar 5.600 toneladas de aceites lubricantes usados durante los próximos 24 meses, adicionales a lo que actualmente se recolecta en el país, se formó un consorcio integrado por los cuatro más importante proveedores de estos productos después de COPEC, que son Enx, YPF, Total y Petrobras, el que junto a la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático establecieron un Acuerdo de Producción Limpia (APL) para el manejo ambientalmente racional de este residuo peligroso, anticipándose a las metas de recolección y valorización que establezca un futuro Decreto Supremo que regule este campo.¹¹⁶

¹¹⁴ CONAMA, Guía Técnica para Aceites Usados del Sector Transporte, 2010.

¹¹⁵ Emol.com - <http://www.emol.com/noticias/Autos/2017/04/26/855868/Forman-consorcio-para-recuperar-aceites-usados.html>, abril 2017.

¹¹⁶ Emol.com - <http://www.emol.com/noticias/Autos/2017/04/26/855868/Forman-consorcio-para-recuperar-aceites-usados.html>, abril 2017.

D. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LOS VEHÍCULOS

Los vehículos son productos importados que dentro de sus componentes se encuentran los tres productos prioritarios objeto de este estudio, producto de lo cual los importadores de vehículos son considerados como generadores para efectos de la Ley REP.

Debido a que los vehículos en sí mismos no se consideran PP, sólo se caracterizará el mercado de los mismos a través de las importaciones en las distintas categorías relevantes para los efectos de este estudio.

Una vez que los neumáticos, la batería o el aceite lubricante se convierten en residuos producto de la utilización del vehículo, estos residuos pasan a formar parte de los ciclos de vida ya descritos en los acápite anteriores.

Los vehículos en Chile provienen en un 100% de importaciones, por lo que a partir de los registros de importaciones de Aduana, es posible clasificar las importaciones de vehículos por país de origen y por importador.

En base a la identificación de las glosas de importación de los distintos tipos de vehículos y de ciertos ajustes a la base de datos de importaciones, es posible determinar que existen aproximadamente 210 importadores desde 32 países diferentes.

Para efectos de clasificar los vehículos y para ser consistente con las categorías de los residuos que producen, se han identificado tres categorías que guardan relación con tipo de actividad a la que están destinados:

- Vehículos Livianos
- Vehículos de Transporte (Carga y Pasajeros)
- Vehículos OTR (Off the Road)

En base a estas categorías se identificaron las glosas de importación asociadas y que son las siguientes:

Tabla 57. Categorías de Vehículos, por Tipo de Actividad y Glosa de Importación

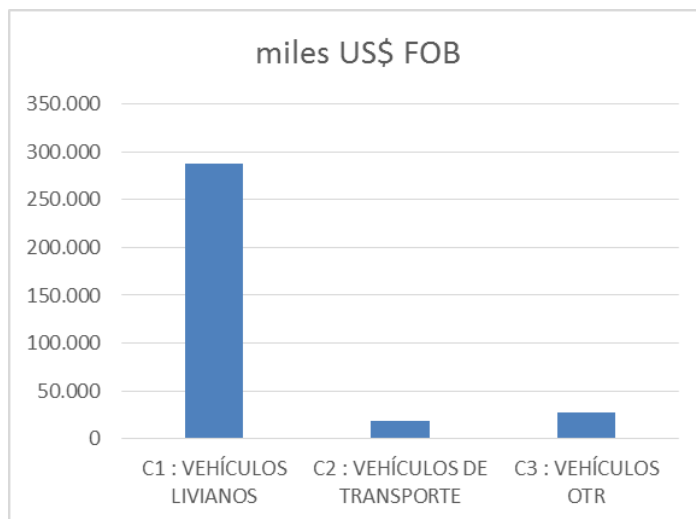
PRODUCTO PRIORITARIO	CATEGORÍA	POSICIÓN ARANCELARIA	DESCRIPCIÓN GLOSA de IMPORTACIÓN
VEHÍCULOS LIVIANOS	C1	87021019	MINIBUS D
		87021099	MINI BUS D
		87031000	MOTO DE 4 RUEDA
		87032291	AUTOMOVIL CH
		87032391	STATION WAGON CH
		87032491	STATION WAGON CH
		87033291	STATION WAGON D
		87033390	STATION WAGON D
		87042111	FURGON D
		87042121	CAMIONETA D
		87042210	FURGON D
		87043121	CAMIONETA CH
		87111000	MOTOCICLETA CH
		87112010	MOTOCICLETAS CH
		87112020	MOTOCICLETAS
		87112090	MOTOCICLETA SCOOTERS
		87114000	MOTOCICLETA CH
87115000	MOTOCICLETA CH		
VEHÍCULOS DE TRANSPORTE	C2	87021091	BUS-D
		87012020	TRACTOCAMION D
		87051010	CAMIONGRUA D
		87051090	CAMION U/ESPECIAL
		87054090	CAMION
VEHÍCULOS OTR	C3	84262000	GRUA DE TORRE
		84264900	TRACTOR TIENDETUBOS
		84269100	GRUA
		84269900	GRUA ELEVADORA DE CARGA
		84271011	GRUA MONTAGARGA
		84272012	CARRETILLA CONTAPESADA AUTOPRO
		84272013	GRUA HORQUILLA CH/GLP
		84272014	CARRETILLAS AUTOPROPULSADAS
		84272015	PLATAFORMA DE TRABAJO AUTOPROPULSADA
		84272016	GRUA HORQUILLA AUTOPROPULSADA
		84272090	CARRETILLA DE BRAZO ARTICULADO
		84279000	CARRETILLA AUTOPROPULSADA
		84295210	MINIEXCAVADORA, EXCAVADORA AUTOPROPULSADA
		84322900	MOTOCULTIVADOR

Fuente: Elaboración propia en base a información recabada con los principales actores del mercado.

En función de estas categorías, se procesó la Base de Datos de importaciones de los años 2014, 2015 y 2016, obteniéndose los siguientes resultados para el 2016, en participación de mercado por empresa y por país de origen, en millones de dólares FOB, según categoría de vehículo (ver Anexo N°5

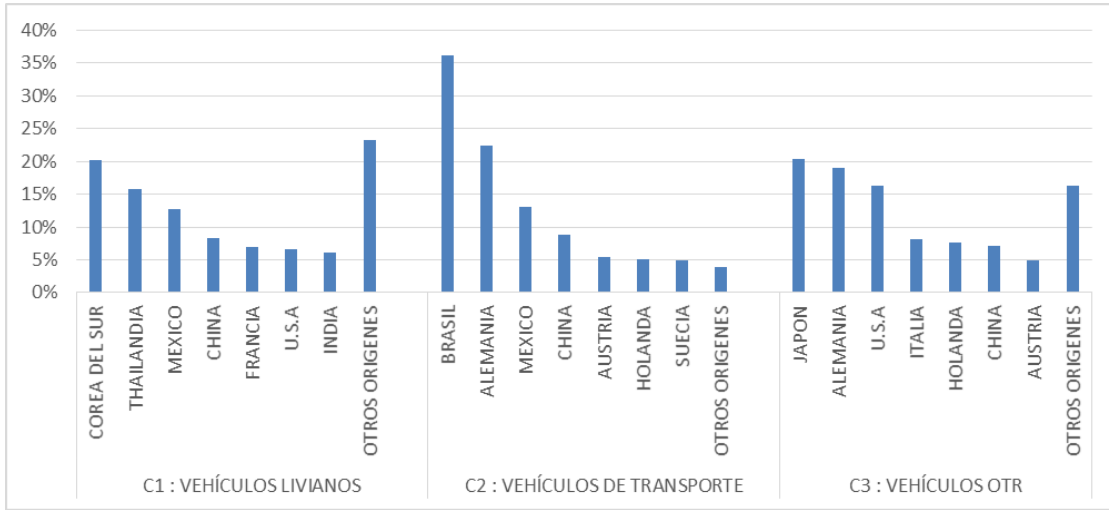
, para tablas resumen de base de datos de importaciones).

Figura 33. Participación de mercado de Vehículos por Categoría y Glosa de Importación, 2016



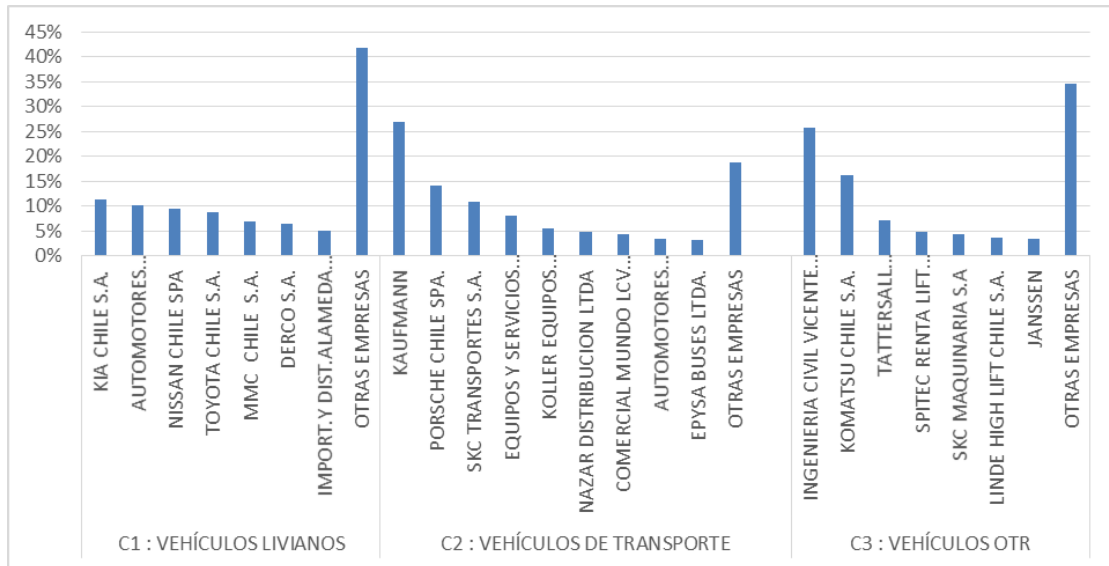
Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Figura 34. Participación de Mercado de Vehículos, por Categoría y País de Origen, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Figura 35. Participación de Mercado de Vehículos, por Categoría e Importador, 2016



Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

La evolución histórica y las proyecciones del mercado de vehículos se muestran en la Figura N°7 de la página 24.

E. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MERCADO

En base a la información del mercado de los productos prioritarios y de sus residuos (Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes) y la caracterización del grado de desarrollo de su infraestructura de manejo, se construyó una Base de Datos con la información de Importaciones de Aduana, disponible para los años 2014, 2015 y 2016.

Cada una de estas bases de datos ya fue filtrada por las glosas de importación que se identificaron como relevantes para los productos prioritarios, objeto de este estudio. De este modo, el volumen de registros aproximado, por base de datos del 2016, es el siguiente:

- Base de Datos Importaciones de Neumáticos 2016: 6.500 registros
- Base de Datos Importaciones de Baterías 2016: 16.400 registros
- Base de Datos Importaciones de Aceites Lubricantes 2016: 12.200 registros
- Base de Datos Importaciones de Vehículos 2016: 2.860 registros

Por otra parte, se cuenta con la base de datos del Parque Automotriz, según la Encuesta Anual del INE 2015 (no está aún disponible la del 2016), la cual permite proyectar en base a los factores de generación de residuos del transporte, la cantidad de NFU, BFU y ALU que se generaría a nivel nacional, regional y hasta comunal, en base a la distribución geográfica de los vehículos.

A medida que avance el estudio, esta Base de Datos se irá completando con la información resultante del resto de los componentes, hasta conformar finalmente la Línea Base del estudio. Esta Línea Base permitirá medir el impacto potencial sobre las variables económicas, ambientales y sociales, que la fijación de metas de recolección y valorización pueda producir.

Componente 2

V. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

A. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN DE NFU

La gestión y valorización de los neumáticos fuera de uso (NFU) en Chile es aún incipiente. Sin embargo, considerando el recauchaje como un proceso de valorización, puesto que la ley REP así lo contempla (Preparación para la Reutilización), puesto que evita la generación de residuos al extender la vida útil de un neumático, la valorización alcanza el 20% (en toneladas) respecto de la generación bruta de NFU y NMFU, es decir, la generación previa a cualquier proceso de valorización, incluyendo el recauchaje.

El 80% restante del total de neumáticos no es valorizado, lo que equivale a 74.920 toneladas de NFU del sector transporte con destino desconocido y 46.901 toneladas de NMFU del sector minero que quedan depositados en zanjas, al interior de las faenas, como pasivo ambiental.

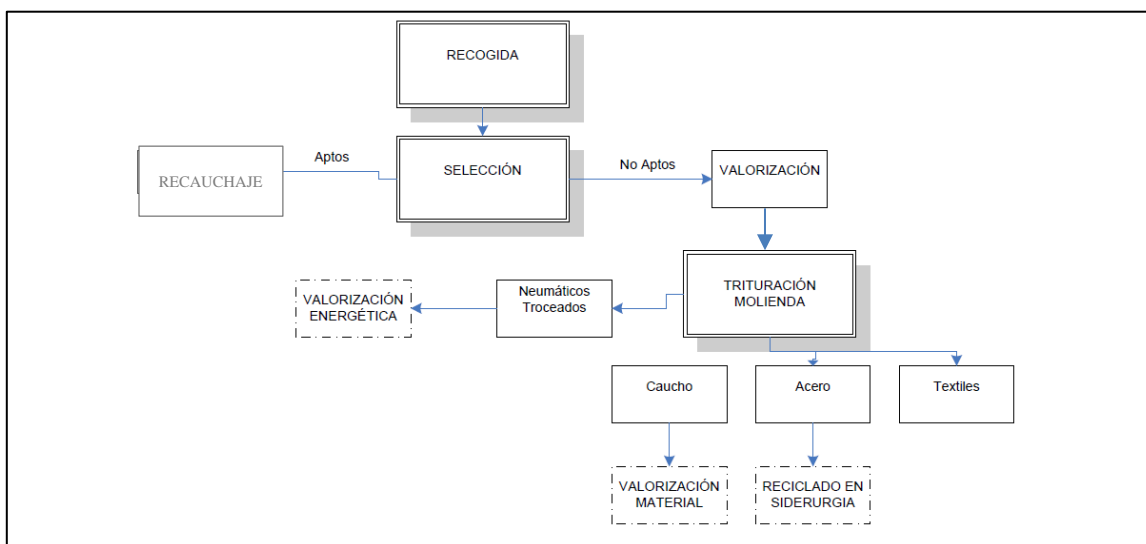
Existen varios tipos de tecnologías empleadas para la valorización de los NFUs:

- Tecnologías de Preparación para la Reutilización: Recanalado y Recauchaje.
- Reciclaje a través de tratamientos mecánicos mediante el cual los neumáticos son comprimidos, cortados o fragmentados en piezas irregulares para la fabricación de balas, troceado (ripping), trituración (cutting).
- Reciclaje a través de tecnologías de reducción de tamaño: se distingue entre el realizado a temperatura ambiente, criogénico y húmedo.
- Reciclaje a través de tecnologías de Regeneración: desvulcanización, recuperación del caucho (reclaiming), modificación superficial, modificación biológica.
- Reciclaje y Valorización Energética: Otras tecnologías del tipo Pirólisis-Termólisis.

En Chile, las alternativas de valorización están dadas por la reutilización directa para el uso en taludes en relleno sanitario, el recauchaje o renovación de neumáticos, el reciclaje a través la producción de gránulo de caucho para la elaboración de productos post-formados o canchas sintéticas; y la valorización energética en cementeras o a través de la pirólisis, una alternativa recién inaugurada en Chile.

Es importante notar además que lo poco que se valoriza energéticamente en Cementos Melón no corresponde a neumáticos fuera de uso si no a residuos industriales de Goodyear, pues técnicamente no se pueden considerar como NFU.

Figura 36. Opciones de Valorización de los NFU's



Fuente: “Situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención de negro de humo de alta pureza”, F.A. López, López Delgado, F.J. Alguacil y J. Manso.

1. Sistemas de Recolección

Los sistemas de recolección de NFU en Chile son escasos puesto que no existen incentivos económicos para su valorización ni mecanismos de fiscalización estrictos que impidan su eliminación informal. Los neumáticos que finalizan su vida útil, ya sea de vehículos livianos, camiones o buses, normalmente se entregan en el mismo lugar donde se compran los nuevos de reposición, y por defecto, estos lugares se convierten en centros de recolección y acopio temporal de los NFU.

Los sistemas de recolección para el 20% de los NFU del transporte que se valorizan está compuesto por empresas formales e informales que se dedican a retirar estos residuos de los talleres o centros de acopio temporales, cobrando hasta \$4.000/NFU cuando el servicio incluye un certificado de eliminación final autorizada y \$2.500/NFU cuando no se exige certificado. Es así como el 80% de los NFU se elimina clandestinamente en vertederos ilegales, sitios eriazos y quebradas.

Con relación a los NMFU, la casi totalidad de estos residuos se deposita al interior de las faenas mineras, ya sea en superficie o en zanjas, por lo tanto son las mismas empresas mineras a través de sus contratistas, quienes los recolectan y depositan en estos lugares diseñados al efecto.

2. Tecnologías de Valorización de NFU y NMFU

Las tecnologías existentes para valorizar los neumáticos fuera de uso, del sector transporte y minero, se describen a continuación.

Preparación para la Reutilización: Recauchaje

El recauchaje es un proceso mediante el cual se reemplaza la banda de rodado desgastada del neumático por una nueva con características similares o superiores, alargando la vida útil del mismo, puesto que si se aplica la técnica correctamente bajo estándares de calidad, se utiliza un 80% del neumático original, produciendo un neumático en óptimas condiciones para ser nuevamente puesto en servicio.

La técnica del recauchaje se aplica a neumáticos de buses y camiones, alcanzando en 2016 las 201.600 unidades, lo que corresponde aproximadamente al 19% en peso de la generación de NFU en esta categoría. Sin embargo, la aplicación de esta técnica es aún poco frecuente por la falta de garantías que existían antes de la dictación de la NCh de recauchaje del año 2015.

Este proceso es también aplicado a los neumáticos mineros, de alto tonelaje, utilizados para la extracción de mineral. Esto dado que este insumo es estratégico y de alto costo, y por ello es conocido que la industria minera busca maximizar su duración. De hecho, las faenas mineras tienen contratos que establecen kilómetros recorridos con sus proveedores, quienes son los que se encargan de la mantención y un adecuado reencauche.

La empresa BAILAC es líder en el recauchaje de neumáticos mineros en el país y en el mundo, recauchando los llamados OTR gigantes de aro 57” y 63”. La evolución de este mercado que derivó desde el recauchaje de neumáticos de buses y camiones del transporte, ha sido relativamente lento y tuvo su origen entre los años 2004 y 2008 al generarse una escasez mundial de neumáticos que obligó a adoptar en Chile nuevas políticas de mantenimiento y recauchaje frente a la conveniencia de aplicar este proceso de renovación que permite triplicar y hasta cuadruplicar la vida útil de los neumáticos de cargador frontal y extiende en un 50% la vida útil de los de extracción minera.

BAILAC presta servicios de recauchaje a las principales empresas mineras del país tales como El Teniente, Chuquicamata, Collahuasi, Radomiro Tomic, Los Bronces de AngloAmerican, siendo la única en el mercado en recauchar neumáticos de camión de extracción minera y macizos de cargador frontal por sus enormes dimensiones.

Un neumático de extracción minera, aro 63”, pesa entre 3.800 y 5.000 kilos y tiene una vida útil promedio de 4.500 horas. Su precio en el mercado está entre US\$38.000 y US\$50.000, mientras que un recauchaje que extiende la vida útil en 2.000 horas cuesta US\$11.500.

Por su parte, un neumático de cargador frontal, aro 33", 45" y 57", alcanza un peso de hasta 8.000 kilos, tiene una vida útil de 5.000 horas y puede ser recauchado hasta cuatro veces. Su precio nuevo es de US\$190.000 mientras que un recauchaje que cada vez dura 5.000 horas más cuesta US\$30.000.

Figura 37. Recauchaje de Neumáticos Mineros



Fuente: www.bailac.cl

Durante el 2016 ingresaron al país entre 3.800 y 4.000 neumáticos aro 63" y BAILAC recauchó aproximadamente 350 de estos neumáticos. Asimismo, ingresaron al país unos 150 neumáticos de cargador frontal, aro 67" y esta empresa recauchó unos 50. Sólo considerando estos dos tipos de neumáticos, se tiene que por efectos de recauchaje, se evitó se produjeran unas 1.915 toneladas adicionales de NMFU¹¹⁷. Para efectos de este estudio, se considerará que producto del recauchaje de NMFU se evita se generen 2.500 toneladas de NMFU, contabilizando la producción de BAILAC descrita, además de otros procedimientos de reparación que son previos al recauchaje y considerando otras pequeñas empresas del rubro.

En todos los casos, es importante señalar que el recauchaje minero tiene límite, puesto que entre el 50% y el 60% de los neumáticos de extracción minera no son viables de recauchar por las condiciones en que quedan luego de ser dados de baja. Para aumentar este límite de recauchabilidad, las empresas mineras deberían adoptar medidas preventivas y de mantención y cuidado de sus neumáticos y caminos, que hoy en la mayoría de las faenas no existe.

Reciclaje

Las materias primas que se obtienen de los tratamientos de reciclado, son principalmente caucho (granulado o polvo), acero y compuestos textiles.

¹¹⁷ Información entregada por BAILAC en base a análisis de las base de datos de importaciones de Aduana 2016. Octubre 2017.

La recuperación del caucho lleva consigo procesos previos de trituración con cuchillas giratorias que giran entre 15 y 20 rpm. Posteriormente se lleva a cabo la trituración final que puede realizarse a temperatura ambiente mediante molinos clásicos, separándose el textil y el acero mediante separación magnética.

La figura siguiente muestra una planta de trituración de OTR, apto para cualquier neumático, donde en etapas sucesivas de corte y trituración, transforma los NFU en gránulo y polvo.

Figura 38. Planta de Valorización de NFU para transformación en gránulo y polvo



Fuente: SSI-World, 2015

Actualmente en Chile, existen dos plantas que realizan este proceso que son POLAMBIENTE que procesa NFU automotriz y BAILAC que recicla neumáticos mineros.

POLAMBIENTE produce entre 7.000-8.000 ton/año de gránulo de caucho de distinta granulometría y fabrica una lámina de espesor variable que se utiliza como aislante térmico y acústico en la instalación de piso flotante. Esta empresa actualmente cobra entre \$80 y \$100/kg de NFU recibido, dependiendo si es un NFU de camión/bus o auto/camioneta, respectivamente. Actualmente mantiene un stock de 1.800 toneladas por falta de demanda para el gránulo.

Por su parte, BAILAC produce 500 kg/hr para un cliente que compra toda su producción para la fabricación de pisos, canchas sintéticas y aislante térmico y acústico para uso en la construcción y en la instalación de piso flotante.

Actualmente en Chile no existe valorización energética de NFU puesto que lo que valoriza Cementos Melón corresponde residuos industriales de la Planta de Goodyear, en virtud de lo cual no corresponde técnicamente a NFU.

Finalmente, la planta de pirólisis recientemente inaugurada en Talcahuano, KONA FUEL, está recién iniciando su producción.

Las proyecciones del mercado podrían ser interesantes si se adoptara el uso del polvo de caucho como aditivo de mezclas bituminosas para pavimentos de carreteras, utilizando el caucho granulado o polvo de caucho como parte del material ligante o capa selladora del asfalto (caucho asfáltico) o como árido (hormigón de asfalto modificado con caucho).

Dependiendo del sistema adoptado se pueden emplear entre 1.000 y 7.000 neumáticos por kilómetro de carretera de dos pistas, cifras tan elevada que coloca a la reutilización en pavimento asfáltico como una de las grandes soluciones para emplear los NFU¹¹⁸.

En la industria del cemento existen estudios sobre la adición de granulado de caucho procedente de NFU en cemento u hormigón, encontrándose los mejores resultados sobre cemento autocompactante¹⁵ o Pórtland¹⁶. Se han desarrollado también estudios sobre la posibilidad de emplear el sistema Pórtland Tipo I – caucho molido NFU (0.29-0.59 mm) en el campo de la construcción.

La Tabla 4 recoge las utilizaciones del caucho recuperado de los NFU en función de su granulometría.

Tabla 58. Aplicaciones del Caucho recuperado en función de su granulometría

Aplicaciones	Granulometría (mm)	%
Bases elásticas en pavimentos deportivos	1.5 – 5.0	13.4
Campos de hierba artificial	0.5 – 2.0	60.0
Pavimentos multiusos	1.5 – 4.0	1.3
Suelos de seguridad	1.5 – 4.0	11.3
Aislamientos acústicos y contra el ruido	0.5 – 1.5	3.3
Pistas de atletismo	1.5 – 4.0	5.0
Industria del caucho y asfaltos modificados	0.0 – 0.4	5.7

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente España, 2008. Véase en F.A. López¹, A.LópezDelgado¹, F.J.Alguacil y J. Manso, “Situación Actual del Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso y Posibilidades de Obtención de Negro de Humo de Alta Pureza”, 2008.

¹¹⁸ F.A. López, A. López Delgado, F.J. Alguacil y J. Manso, “Situación Actual del Tratamiento de Neumáticos Fuera De Uso y Posibilidades de Obtención de Negro de Humo de Alta Pureza”, 2010.

Valorización Energética

Las cifras de valorización energética en Chile están muy lejos de los porcentajes de valorización en países, como en España con 42,4% en 2014¹¹⁹, Francia con 55,89% en 2013¹²⁰, o Brasil con 35,73% en el periodo 2002 a 2006¹²¹.

Esta opción de valorización se explica porque el reciclaje por sí solo no es capaz de procesar la gran cantidad de NFU que se generan anualmente, tampoco existe una demanda continua y creciente por productos elaborados con gránulos o polvo de caucho reciclado (como playgrounds, basureros, u otros), principalmente porque son materiales resistentes y cuyas tasas de recambio son bajas. Sin embargo, el poder calorífico de los NFU es equivalente al del petróleo.

La composición química del neumático, basada en un alto porcentaje de sustancias que proceden del petróleo, lleva asociado un poder calorífico elevado, próximo a las 7.500 kcal/kg, lo que le convierte en un combustible de sustitución, apto para usos industriales de gran demanda energética. Los procesos de valorización energética son tres:

- **Valorización por regeneración de energía**

Valorización en hornos de cemento: Con algunas pequeñas excepciones en las que el neumático puede ser utilizado entero, la introducción en los hornos requiere un triturado previo para su transformación en un combustible de sustitución con las características exigidas para ser alimentado sin que su empleo modifique los parámetros de combustión del horno.

Utilización en la industria siderúrgica: Se trata de una iniciativa basada en la sustitución de la antracita por triturado de caucho que permitiría recuperar el acero incorporándolo al arrabio. Los problemas que plantea esta utilización son los contenidos de Zn y S. En el caso del Horno Eléctrico de Arco, la inyección de granulado de caucho o incluso de negro de humo pirolítico, permitirían aprovechar los contenidos en Fe y Zn así como el poder reductor del C.

Junto a estos procesos de valorización energética, se han desarrollado otros procesos, en mayor o menor estado de desarrollo, más respetuosos en cuanto a las emisiones gaseosas que la valorización energética. Estos procesos se pueden clasificar en función de las necesidades de oxígeno.

¹¹⁹ www.signus.es

¹²⁰ ALIAPUR, Activity Report 2013. Disponible en [www.aliapur.fr]. Visitado el 30 de marzo de 2015.

¹²¹ Carlos Alberto F. Lagarinhos, y Jorge Alberto S. Tenório; “*Tecnologias Utilizadas para a Reutilização, Reciclagem e Valorização Energética de Pneus no Brasil*”. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 18, n° 2, p. 106-118, 2008.

Si la conversión de los NFU's se realiza con un déficit de oxígeno, combustión parcial, parte de la energía almacenada en forma de energía química del material orgánico, quedará liberada como gases de combustión; este proceso se conoce con el nombre de gasificación. Si la gasificación se realiza por vía seca, en ausencia total de oxígeno, el proceso se denomina pirólisis.

- **Pirólisis**¹²²

La pirólisis se puede definir como la descomposición térmica de un material en ausencia de oxígeno. Esta descomposición se produce a través de una serie compleja de reacciones químicas y de procesos de transferencia de materia y calor. La pirólisis también aparece como paso previo a la gasificación y la combustión.

Se puede considerar que la pirólisis comienza en torno a los 250 °C, llegando a ser prácticamente completa en torno a los 500°C, aunque esto está en función del tiempo de residencia del residuo en el reactor.

A partir de la pirólisis pueden obtenerse diferentes productos secundarios útiles en función de la tecnología de tratamiento y de las condiciones físicas en las que se realice. Así, factores como la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia, la presión, etc, tienen una influencia muy grande en la distribución de productos que se obtienen.

Mediante la pirólisis se consigue, de modo general, carbono pirolítico (33% en peso), gases (20% en peso), aceites (35% en peso) y residuo metálico (12% en peso). Según las condiciones de procesado (velocidad de calentamiento, tamaño partícula, rango de temperatura,..) se obtendrán distintos porcentajes en peso de los elementos pirolíticos, así como características diferentes de los mismos. Numerosos estudios se centran en obtener productos valiosos de carbono pirolítico, por ser los que presentan mayor potencial de valorización. Las vías de valorización del carbono pirolítico pueden ser: como combustible de sustitución (mezcla con carbón), como negro de carbono para carga en materiales poliméricos, o como materia prima en la fabricación de carbón activo.

- **Gasificación**¹²³

Una alternativa a la pirólisis, quizás menos agresiva desde un punto de vista medioambiental, sea el aprovechamiento energético de los NFUs mediante gasificación.

La gasificación es un proceso termoquímico de descomposición de la materia orgánica en un ambiente caracterizado por un déficit de aire respecto al estequiométrico

¹²² Ministerio del Medio Ambiente España, 2008. Véase en F.A. López1, A.LópezDelgado1, F.J.Alguacil y J. Manso, "Situación Actual del Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso y Posibilidades de Obtención de Negro de Humo de Alta Pureza", 2008

¹²³ Op.Cit.

necesario para realizar la combustión completa de la misma. Es un proceso a 600°C donde el combustible sólido reacciona con un agente gasificante (aire, oxígeno o vapor de agua).

Esta tecnología al ser aplicada a NFU produce 2 fases; una sólida (mezcla de negro de carbono (25% en peso del total de NFU) y acero (12% en peso del total de NFU) en aproximadamente un 37 % en peso del total de los productos del proceso y una fase gaseosa en un 63%. Los dos componentes de la fase sólida se separan fácilmente con un tromel rotatorio de tamizado. El gas generado sale de los gasógenos a una temperatura superior a 350°C y contiene 2 fases separables:

Fase gaseosa no condensable; formada por una amplia gama de gases de gasificación (CO, H₂, CO₂, N₂, hidrocarburos tipo C₁, C₂, C₃, C₄,...). Representa, en media, un 38% en peso del total de NFU tratados en el proceso. Empleados como valorización energética en motores de gas adaptados al respecto. .

Fase gaseosa condensable; constituida por todo el espectro de alquitranes, aceites medianos y ligeros, BTX, etc. Constituye un 25% del peso total de los NFU tratados. Los aceites condensados se pueden valorizar energéticamente como sustitutivo de un fuel- oil ligero o emplear en aplicaciones industriales específicas.

En Chile, se aplica marginalmente la opción de valorización de NFU por regeneración de energía en los hornos de Cementos Melón, alcanzando las 650 toneladas en 2016, los cuales en primera instancia, deben ser convertidos en gránulos en Polambiente.

La alternativa de valorización energética, sin embargo, se amplió en mayo 2017 con la instalación de una planta de pirólisis de neumáticos en la ciudad de Talcahuano, KONA Fuel SpA.

Esta empresa dispone de una línea especializada para la coordinación del envío y/o retiro de NFU desde los puntos de generación de sus clientes, con una planta de acopio de 8.000 m³ donde se acondicionan para someterlos a un proceso de pirólisis. Este proceso térmico acepta NFU enteros de un aro máximo de 23,5", permitiendo la obtención de acero, carbón y pyro-oil, sustituto de diésel.

Esta planta hoy cuenta con una capacidad instalada de procesamiento de NFU de 10 ton/día, aumentando a 20 ton/día en noviembre 2017. Esta capacidad de procesamiento equivale a la producción de 60 bbl/día de pyro-oil, lo que equivale a 286 m³/mes de este sustituto de diésel con un poder calorífico de 93% del diésel que será utilizado para generación eléctrica en la planta KONA Power del mismo grupo¹²⁴.

¹²⁴ Véase en: http://www.asiquim.com/asiquim2/documentos/20170525_KonaSpaLeyREP.pdf y entrevista telefónica con Gerente General, Sr. Arturo Rock en agosto 2017.

Además, durante el 2018, KONA Fuel instalará una nueva planta de 20 ton/día en la ciudad de San Fernando.

Tabla 59. Tecnologías Disponibles para el Tratamiento de NFU. Ventajas y Desventajas

<i>Tecnología</i>	<i>Características</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Recauchutado	Sustitución de las gomas viejas de los neumáticos y reconstrucción de la estructura original.	<ul style="list-style-type: none"> Se necesita menos cantidad de crudo que en neumático nuevo. Reducción coste fabricación 30-50%. 	<ul style="list-style-type: none"> Número limitado de recauchutados. Características ligeramente disminuidas.
Tratamientos mecánicos	Trituración previa de los NFU para reducir el tamaño.	<ul style="list-style-type: none"> Permite la reducción del volumen, importante en vertederos. Facilita la molienda u otras técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> No existen muchos estudios para mejora de la técnica.
Tecnologías de reducción de tamaño	<ul style="list-style-type: none"> Molienda a temperatura ambiente (mecánica). Molienda criogénica (enfriamiento del caucho mediante N₂). Molienda húmeda (por chorro de agua). 	<ul style="list-style-type: none"> Consigue reducir a tamaños que van desde 500 mm a inferiores de 500 μm. Molienda criogénica permite partículas de menor tamaño, superficie más suave y menor oxidación superficial. Muy empleada. 	<ul style="list-style-type: none"> Lixiviado de ZnO. Molienda a T.A.; Coste elevado por la necesidad de un mantenimiento continuo de la maquinaria Mayor sensibilidad a los agentes atmosféricos. Molienda criogénica; Coste adicional por precio del N₂ y fase adicional de secado.
Tecnologías de regeneración	<ul style="list-style-type: none"> Desvulcanización; rotura selectiva del enlace químico entrecruzado del azufre en el caucho vulcanizado. Recuperación; recuperar caucho vulcanizado mediante desvulc. o despolimerización. 	<ul style="list-style-type: none"> Consigue una descomposición de los componentes del neumático. Permite reutilizar los componentes de caucho de los NFU para la fabricación de distintos elementos. 	<ul style="list-style-type: none"> Caucho obtenido con propiedades físicas inferiores al original. Importante una óptima elección de la materia prima y condiciones de proceso.
Pirólisis	Calentamiento del granulado de NFU a temperatura 400-800°C en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo.	<ul style="list-style-type: none"> Descomposición de los componentes del neumático. Gases pirolíticos tienen elevado poder calorífico. Negro de carbono se puede reutilizar para fabricación de nuevos elementos. Negro pirolítico para coloración y absorbente luz UV. 	<ul style="list-style-type: none"> Problemática con la aplicación de los aceites condensables obtenidos. Características de los productos depende de las condiciones del proceso. Importante un ajuste de los parámetros. Carbono pirolítico tiene propiedades similares o inferiores a la serie 700.

Fuente: Ministerio Del Medio Ambiente España, 2008. Véase En F.A. López1, A.Lópezdelgado1, F.J.Alguacil Y J. Manso, “Situación Actual del Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso y Posibilidades de Obtención de Negro de Humo de Alta Pureza”, 2008

B. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN DE BFU

1. Sistemas de Recolección de BFU

La gestión de los residuos generados a partir de las baterías y acumuladores de plomo fuera de uso en Chile ha evolucionado progresivamente a través de proveedores formales e informales, existiendo sólo una planta en Chile, RAM ubicada en Calama, con autorización sanitaria para reciclar el plomo contenido en ellas, a partir de un proceso completo de molienda, separación de materiales, fundición y fabricación de lingotes de plomo para consumo interno y exportación. La otra planta que existe está ubicada en Santiago (ETNA Chile) y es una planta de pre-tratamiento (sólo molienda y separación de materiales).

La gestión de las BFU cuenta de cinco etapas:

1. Generación
2. Almacenamiento Temporal
3. Transporte
4. Pre-Tratamiento
5. Reciclaje

La primera etapa ocurre cuando un consumidor final (generador) decide cambiar la batería de su vehículo, maquinaria o equipo y concurre a un taller mecánico para realizar el cambio o la compra por su cuenta en un punto de venta. Cuando se trata de una maquinaria o equipo, lo usual es que el cambio se realice in situ.

Cuando el consumidor concurre a un taller mecánico, la BFU queda normalmente en taller de servicio, siendo acopiadas de manera temporal para su posterior traslado a los lugares autorizados para tratamiento.

Para el almacenamiento de residuos peligrosos se debe solicitar autorización a la autoridad sanitaria, sin embargo en la actualidad, el 19% de las empresas que almacenan BFU no cuentan con la autorización¹²⁵.

En relación al traslado de este tipo de residuo existe un listado de los transportistas autorizados por la SEREMI de Salud, el cual supera los 150 en la Región Metropolitana.

A continuación se presenta un listado de Destinatarios Autorizados por la autoridad sanitaria de la Región Metropolitana.

¹²⁵ AMPHOS21, "Diagnóstico Sectorial de Baterías y Acumuladores de Plomo en General", 2015.

Tabla 60. Destinatarios Autorizados de BFU

Nombre	Dirección	Contacto	Rubro
Baterías Cosmos Ltda.	Circunvalación Chacabuco Lote 2 y 3 B Lampa 27375111	Eliana Muñoz	"Prohibición de funcionamiento para la fundición de cualquier tipo de residuos plomados" Autorizado solo para la recepción, selección, almacenamiento, drenaje de electrolito y comercialización de baterías usadas
Bravo Energy Chile S.A	Av. Las Industrias N° 12.600, Maipú, 25943300	Nelson Belmar	Planta de tratamiento de residuos industriales. Residuos acuosos aceitosos, residuos de solventes, residuos acuosos no aceitosos, filtros de aceites, residuos farmacéuticos, residuos de la preservación de la madera, agroquímicos vencidos y envases de agroquímicos (incluyendo envases pequeños de aerosoles no inflamables). Almacenamiento drenaje y eliminación de electrolito agotado de baterías de plomo ácido .
Comercial Hual Ltda	Pedro Sarmiento N°405, San Joaquín, 25267414	Aldo A. Alfaro Muñoz	Almacenamiento y acopio de baterías .
Sociedad Comercial Chilemetales Ltda	Departamental N° 2055, Pedro Aguirre Cerda, 27932723 - 27275905		Compra, almacenamiento y embalaje de residuos peligrosos consistentes en baterías húmedas y secas.
Sociedad Comercial Degraf Ltda.	Las Araucarias N° 9001 Quilicura 26238955 26229276	Juan Pablo Pérez	Planta recicladora de residuos electrónicos peligrosos tales como celulares, cpu, teclados, impresoras, monitores, pilas, toner, baterías de plomo. BODEGA NO ABIERTA AL MERCADO
Sociedad Comercializadora de Repuestos S.A.(*)	Av. Padre Hurtado N°13310 San Bernardo	Andreas Schek Ferrer	Recepción, almacenamiento y comercialización de residuos peligrosos consistentes en baterías húmedas generadas por terceros.
Sociedad Exportadora e Importadora Chile Metal Ltda.	Rivas N°1026, San Miguel, 25547972 - 25553647	Eliecer Muñoz Díaz	Bodega de baterías y chatarra de plomo
Warehousing Valle Grande S.A	El Peral N°454, Lampa, 27385443	Juan Francisco Ovalle Barros	Recepción almacenamiento y comercialización de residuos peligrosos consistentes en Baterías húmedas y secas generados por terceros

Fuente: AMPHOS21, "Diagnóstico Sectorial de Baterías y Acumuladores de Plomo en General", 2015.

Las vías de recolección de las BFU son las siguientes:

- Distribuidores que reciben las baterías fuera de uso de sus clientes, mayoristas y minorista, en sus puntos de venta y son entregadas a gestores autorizados.
- Empresas Privadas que contratan la gestión los residuos de su empresa donde se consideran las baterías fuera de uso, y son entregadas a los gestores de residuos.
- Empresas Importadoras: en muy pocos casos, reciben baterías fuera de uso y son entregadas a gestores autorizados.
- Recolección Informal (Recicladores de Base, Chatarreros, otros).

En general, los principales generadores de BFU del mercado son:

Tabla 61. Participación en la Generación de BFU

Empresa	2017
Turbus	20%
Hidronor	12%
Degraf	10%
Subus	8%
Doctor Baterías	6%
Redbus	3%
Alsacia	2%
Otros	39%
Total	100%

Fuente: RECIMAT, 2017

En el mercado nacional existen seis gestores principales, cuya participación en la recolección de BFU es la siguiente:

Tabla 62. Participación de Mercado Gestores de BFU

GESTOR	Participación 2017
RECIMAT	28%
ECOVALOR	14%
EMASA	30%
PROMETAL	5%
METALES	13%
MOLINA	10%
TOTAL	100%

Fuente: RECIMAT, 2017

RECIMAT

RECIMAT es una empresa filial de RAM, que tiene un modelo logístico con canales de captura de tipo formal e informal a lo largo del país.

Canal Informal:

A través de los recolectores de bases, en una proporción del 30%, los cuales entregan en las 3 principales bodegas con que cuenta la empresa a lo largo del país:

- Concepción (Sur)
- Santiago (Centro)
- Calama (Norte)

Canal Formal:

El 70% restante, RECIMAT lo recolecta a través del canal formal mediante la entrega directa de clientes en sus bodegas autorizadas, y también a través de retiros que realiza RECIMAT en las dependencias de los mismos.

Estos clientes son grandes usuarios de baterías y por ende, grandes generadores de BFU, y mantienen contrato con RECIMAT para la gestión y retiro de sus BBFU, tales como:

- Telefónica
- Degraf
- RedBus
- Alsacia
- Pullman Florida

ECOVALOR

ECOVALOR es una empresa formada por una sociedad entre DERCO y GILDEMEISTER, que cumple el rol de gestor para los residuos de baterías, aceites lubricantes y neumáticos. ECOVALOR recupera todo tipo de baterías automotrices las cuales son recibidas en cualquiera de sus 90 puntos de venta que se ubican a lo largo del país (Autoplanet, Sergo). Ver Anexo N°7 con puntos Limpios establecidos por esta sociedad de empresas.

Asimismo mantienen contratos con sus clientes a quienes atienden directamente, tales como grandes empresas de retail como Sodimac, Easy, Wallmart; o servicentros como Servitecas Goodyear, León y Llantas del Pacífico. También mantienen contratos con clientes de empresas del transporte como flotas de buses y camiones, tales como Caval, Turbus, y Kauffman¹²⁶.

ECOVALOR también recibe baterías industriales de todo tipo como las de tracción (batería de grúas horquilla, elevadores eléctricos, etc.) y baterías estacionarias.

EMASA

EMASA es otro proveedor de baterías de RAM dedicado a la venta de repuestos automotrices, principalmente baterías, y que utiliza la estrategia de recolección en sus puntos de venta. Ver en Anexo N°8, los Puntos Limpios establecidos por EMASA.

Finalmente, todas las BFU recolectadas por estos gestores son vendidas a RAM Calama para su reciclaje.

¹²⁶ Entrevista con Pedro Álamos, Gerente ECOVALOR, y Raimundo Undurraga, Gerente Comercial RTC, mayo 2017.

2. Tecnologías de Valorización de BFU

Existen tecnologías para la reutilización de baterías industriales y para el reciclaje de BFU, ya sean éstas industriales o de arranque o tracción.

Preparación para la Reutilización: Reparación de BFU industriales

La tecnología para la recuperación de baterías industriales se instaló en Chile el año 2007 y operó hasta el año 2015, a través de la empresa Ruta Andina¹²⁷.

El proceso comienza con un diagnóstico para determinar el estado de sulfatación y descartar daños físicos, además de las medidas habituales de densidad y voltaje, utiliza un Load Bank industrial que permite determinar la capacidad total de la batería y el comportamiento individual de cada celda durante la descarga, identificando así los elementos en cortocircuito o con daños mecánicos.

Posteriormente, si la batería está en condiciones (ningún vaso en corte), se aplica el tratamiento de REGEN™, proceso que normalmente dura 72 horas de trabajo, el cual permite lograr la des-sulfatación de cada placa para que la batería recupere su capacidad original de carga y entrega de energía¹²⁸.

Al mantener la rejilla de plomo de cada placa limpia de sulfato, la batería es capaz de funcionar al 100% de su capacidad por más de 3 ciclos completos de la vida útil establecida. Entonces se puede regenerar y recuperar muchas baterías sulfatadas con el consiguiente ahorro que eso significa.

Una vez reparada, la batería se recupera de manera externa, con un lavado profundo de neutralización, reparación de caja, intercells y cables. Por último, se somete a una etapa de terminación y pintura, finalizado todo el proceso con un riguroso control de calidad.

Este proceso de regeneración, sin embargo, ya no está siendo ofrecido por la empresa Ruta Andina.

Pretratamiento de BFU

En la actualidad ETNA Chile cuenta con una planta de pretratamiento, la cual considera las siguientes etapas en el proceso¹²⁹.

- a) Recepción y Almacenamiento de Baterías.
Las baterías son recibidas y almacenadas temporalmente en una bodega cuya capacidad autorizada es de 1.000 toneladas hasta su etapa de trituración, separación y lavado.
- b) Trituración de Baterías, Separación de Componentes y Lavado de Gases.

¹²⁷ <http://www.rutaandina.cl/>

¹²⁸ AMPHOS21, "Diagnóstico Sectorial de Baterías y Acumuladores de Plomo en General", 2015.

¹²⁹ AMPHOS21, op Cit.

Posteriormente pasan a procesamiento, la capacidad de procesamiento de la planta es de 1.200 toneladas de baterías al mes.

Las baterías son transportadas a través de una cinta, hacia el triturador. El material triturado cae a una serie de dispositivos y estanques donde serán separados los diferentes componentes de las baterías, correspondiente a plomo metálico, pastas, polipropileno y una mezcla de polietileno y papel.

Las pastas de sulfato de plomo son extraídas desde el fondo del estanque separador, siendo almacenadas y luego enviadas a plantas de tratamiento, donde en los hornos de fundición se recupera el plomo.

El polietileno y el polipropileno flotan en el estanque separador para luego ser recuperado mediante skimmers rotativos, y lavado con agua a presión, lo que posteriormente es almacenado temporalmente en maxisacos.

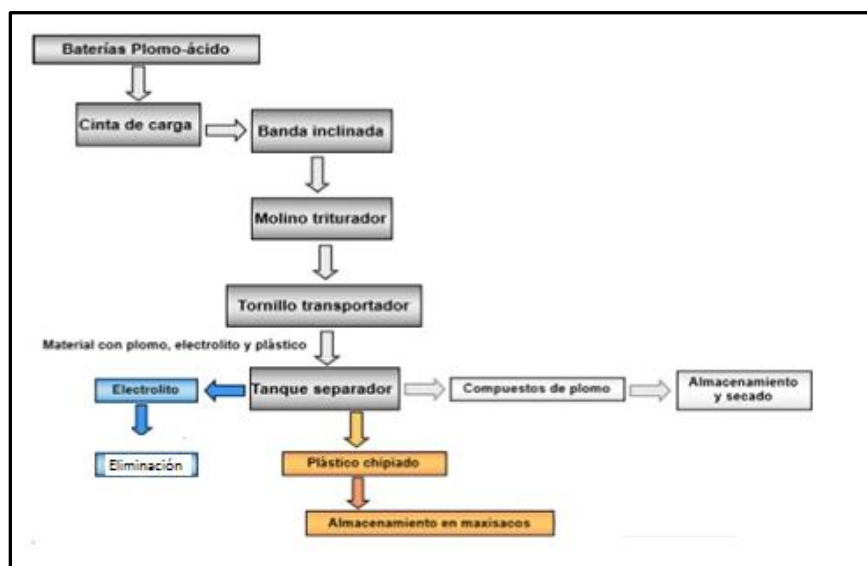
El electrolito queda en el estanque separador, donde es conducido al sistema de neutralización de electrolito y tratamiento de aguas ácidas, este proceso genera aguas industriales.

c) Almacenamiento de Insumos y Productos Intermedios

Los productos intermedios de plomo metálico y las pastas se almacenan temporalmente, para ser posteriormente trasladado a la empresa RECIMAT para su envío a RAM Calama.

El flujo de este proceso se representa a continuación.

Figura 39. Proceso Pretratamiento de BFU



Fuente: Elaboración propia en base a Memoria Técnica RAM: Procesos, Capacidad Autorizada v/s Capacidad Instalada, enero 2015.

Reciclaje de BFU

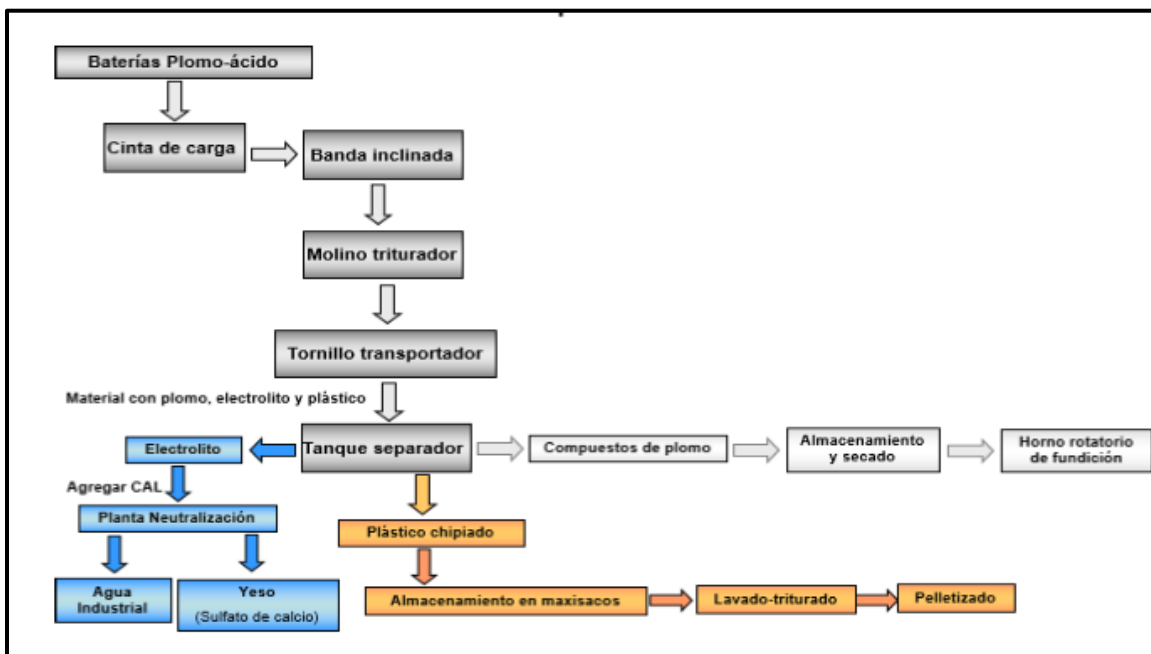
La empresa Recicladora Ambiental Ltda. (RAM) se localiza en la ciudad de Calama y es la única planta en Chile autorizada a reciclar baterías de plomo, habiendo sido ampliada su capacidad de procesamiento por la SEREMI de Antofagasta en diciembre del 2015, desde 2.000 a 2.680 ton/mes de componentes plomados (borras o pasta o pulpa de baterías) lo que equivale a 48.240 ton/año de BFU, puesto que los componentes plomados de una batería alcanzan un 66% de su peso. Dentro de su proceso de reciclaje también incorpora chatarra de Ánodos y Borrás Anódicas, provenientes de proceso mineros.

El proceso de reciclaje es el siguiente¹³⁰:

- a) Las baterías fuera de uso de plomo-ácido, se disponen manualmente o mecánicamente en el transportador de carga, el cual las lleva a la banda inclinada con destino hacia el molino, para ser desintegradas en partes. En el caso de baterías estacionarias de gran tamaño, éstas deben ser sometidas a desmonte manual antes de ingresar al proceso de reciclaje propiamente tal.
- b) El material triturado se lleva a través del transportador de tornillo junto a todo el contenido de solución ácida para el proceso hidrodinámico de separación de los materiales.
- c) El proceso de separación hidrodinámica se lleva a cabo en dos tanques con una sección del desagüe en alto para el plomo y los productos de los separadores que se asentarán en el fondo del tanque. Como se instalan dos correas transportadoras de tornillo en un plano inclinado esto permite que el agua se drene de vuelta al tanque. El material se descarga en los maxisacos o en bins. Mientras tanto, las virutas ligeras de plástico de polipropileno flotan en la superficie de la solución de ácido posteriormente son trasladados por un transportador de tornillo transversal y son recibidos en bins o maxisacos para ser sometidos a otro proceso.
- d) Los compuestos de plomo pasan por un proceso de almacenamiento y secado para ingresar al horno rotario donde se obtiene plomo bullón. Posteriormente se va a refinación en ollas y se obtiene plomo metálico en lingotes para comercialización.

¹³⁰ RAM, Memoria Técnica: Procesos, Capacidad Autorizada v/s Capacidad Instalada, enero 2015.

Figura 40. Proceso Productivo RAM para el Reciclaje de BFU



Fuente: RAM, Memoria Técnica: Procesos, Capacidad Autorizada v/s Capacidad Instalada, enero 2015.

Finalmente, el plomo reciclado es vendido a diferentes empresas, una de las principales INPPAMET en Chile para la fabricación de ánodos para la minería y un 50% es exportado para la fabricación de nuevas baterías y otros productos.

Por otra parte, los gases provenientes del horno pasan a través de diferentes filtros mangas los que recolectan el material particulado con contenido de plomo, el cual es ingresado nuevamente al horno. Como última etapa del proceso de tratamiento de emisiones gaseosas, estos son lavados por dos filtros scrubber con soda, para neutralizarlos y descargarlos sin riesgo.

En la actualidad, RAM está recibiendo aproximadamente 2.000 ton/mes de baterías fuera de uso, manteniendo capacidad ociosa de procesamiento.

C. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN DE ALU

1. Sistemas de Recolección de ALU

La industria en Chile ha seguido la tendencia internacional, adoptando políticas manejo ambiental responsable y anticipándose a los cambios normativos que está introduciendo la aplicación de la ley REP. Es así como empresas como COPEC implementó en el año 2006, un programa de recolección de aceites lubricantes usados en su red de distribuidores y concesionarios, llamado VIA LIMPIA, garantizando la entrega de los ALU a gestores autorizados para su tratamiento. Vía Limpia ha desarrollado convenios con transportistas en base a volúmenes de entrega en destinos finales, alcanzando niveles importantes de recuperación y reciclaje.

Cuando el ALU es manejado sin control, presenta importantes riesgos para la salud pública y efectos nocivos sobre el medio ambiente. Los principales destinos ilegales son:

- Vertido a la tierra, cursos de agua, alcantarillados, sistemas de drenaje o en residuos domiciliarios, incluidos los embalajes.
- Utilización como “matapolvo” (control de polvo en caminos).
- Control de la maleza.
- Conservación de la madera (mediante pintado).
- Uso como combustible en quemas al aire libre y en general, en combustiones no controladas.
- Instalaciones de eliminación ilegales
- Adulteración para su posterior comercialización.

La Autoridad Sanitaria, SEREMI de Salud, fiscaliza y controla que los aceites usados sean eliminados en instalaciones autorizadas de acuerdo al Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos (DS N° 148/2003).

Los aceites lubricantes vehiculares o industriales usados, cuando son gestionados de forma correcta, son extraídos y transportados a lugares de almacenamiento autorizados para su posterior tratamiento, ya sea a través de regeneración o valorización energética. En relación a los aceites lubricantes generados en el sector minero, parte de ellos es reutilizado como combustible dentro del proceso productivo de la mina, sin embargo el resto es transportado a lugares de almacenamiento autorizados para posterior tratamiento.

En el año 2013 el mercado de Aceites Lubricantes en Chile era de 185 millones litros, de los cuales COPEC estima se consume un 33,8% in situ en el vehículo o maquinaria donde se utiliza. En virtud de esta pérdida, se puede estimar que la generación de ALU el 2013 fue de 122,5 millones de litros, lo cual proyectado al 2016 alcanzaría el volumen total de 129,5 millones de litros o 129.500 m³.

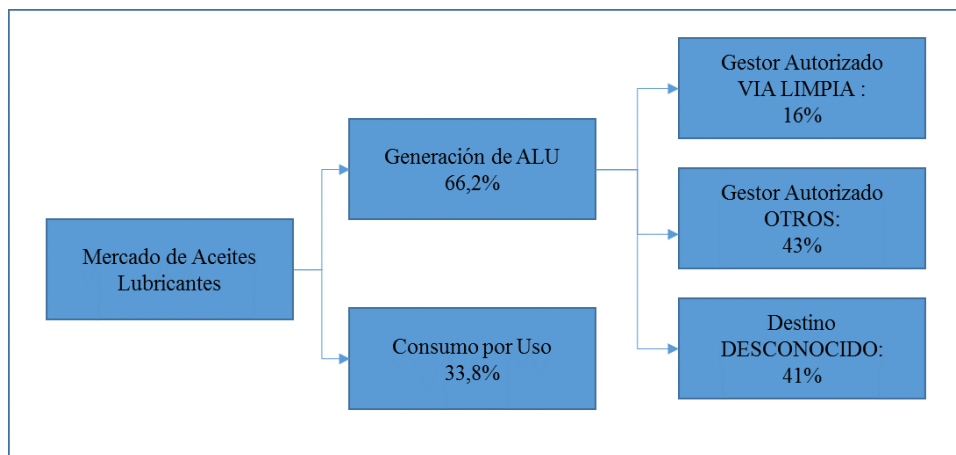
De este volumen, el 59,3% es recolectado y valorizado por empresas autorizadas, mientras que el 40,7% restante se elimina o “valoriza” de manera informal en destinos no autorizados.

En materia de recolección y transporte, VIA LIMPIA de COPEC tiene una participación que alcanza el 27% del volumen total, mientras que el otro 73% es gestionado por otras empresas transportistas autorizadas¹³¹. Es posible observar que en estos últimos cuatro años, se ha venido desarrollando este mercado puesto que en el año 2013 la participación de VIA LIMPIA era de un 33%.

COPEC a través de su gestor de recolección y transporte, VIA LIMPIA, captura de sus clientes el aceite lubricante usado y lo traslada a plantas de tratamiento para su posterior valorización energética o para purificación y utilización como combustible, dependiendo de la zona de almacenamiento:

- Zona NORTE: Se utilizan como combustibles de calcinación en cementeras (INASESA, INACAL).
- Zona CENTRO: Crowan, Bravo Energy y Future Oil para combustible alternativo calderas.
- Zona SUR: Recicladores para aceite de cadenas.

Figura 41. Participación de Mercado en Recolección y Transporte de ALU, año 2016



Fuente: Elaboración propia en base a reunión con Vía Limpia en MMA, 12/9/17, y “Hacia una Ley Marco de Residuos”, COPEC, 25 de julio 2014 y. Ver en: http://www.mma.gob.cl/1304/articulos-55497_REP_COPEC.pdf.

¹³¹ Reunión con el Sr. Francisco Castillo y Celso Álvarez, Jefe de Operaciones de Vía Limpia. MMA, 12/9/2017.

En resumen, hoy en Chile se gestionan aproximadamente 76.796 m³ de ALU, sin embargo, aún existen una importante proporción, cercana a los 52.661 m³ que tiene destino desconocido, representando un grave problema ambiental, al ser comercializados sin un proceso adecuado o vertidos de manera ilegal en vertederos o cursos de agua.

Sin considerar las empresas que reutilizan sus aceites usados generados para actividades propias, la oferta total del mercado para tratamiento autorizado de ALU en el país, independientemente que estos finalmente se destinen a coprocesamiento en plantas cementeras, está representada por las siguientes empresas:

- Bravo Energy
- Castañeda Hnos. Ltda.
- Derquim
- Futuroil
- Hidronor
- Imerys
- Luveoil
- Procesos Industriales Crowan Uno Ltda.
- PTH
- Sterycycle (ex Riltec)

La empresa Polite Oil de los hermanos Castañeda, fue fundada en 1987 en San Bernardo y desde el 2009 opera con una segunda planta en Lampa. Esta empresa se dedica a la importación de aceites lubricantes y a la fabricación de combustibles alternativos a través de una planta de purificación y refinación de aceites usados. De acuerdo a lo señalado en su página web, tendría el 20% del mercado de ALU de la zona sur de Chile.

Por otra parte, en la zona sur de Chile, también existen empresas como PTH dedicadas a la gestión, extracción, transporte y tratamiento de ALU. Esta empresa cuenta con una Planta de Tratamiento de Hidrocarburos en la ciudad de Coronel, donde procesa aguas de sentina y ALU automotriz para la elaboración de combustible alternativo para la industria Pesquera, Naviera, Manufacturera y Forestal, entre otros¹³².

En relación a la valorización en hornos de cemento, existe gran potencial de valorización en este sector, puesto que considerando sólo dos de las tres plantas cementeras existentes en Chile, la capacidad autorizada alcanzaba el año 2015 las 113.850 toneladas y sólo se coprocesaron 44.749 toneladas ese año, es decir, apenas un 39% del potencial autorizado en esas instalaciones¹³³. Es importante señalar que las variables que explican las fluctuaciones de la cantidad demandada de ALU en las cementeras, guarda relación con la disponibilidad de ALU y no con la disponibilidad del horno para coprocesar.

¹³² <http://pth.cl/instalaciones.htm>

¹³³ ECOBAUS, “Diagnóstico Sectorial Aceites Lubricantes”, 2016.

Por otra parte, las plantas que no pertenecen a la industria del cemento, tienen autorizada una capacidad de tratamiento de 97.844 toneladas, lo que representa el 86% de la generación de ALU estimada para el año 2016¹³⁵.

2. Tecnologías de Valorización de ALU

Los aceites lubricantes están constituidos por bases lubricantes y aditivos que han sido desarrollados específicamente para la lubricación y que le dan las características específicas al aceite. Las bases lubricantes son mayoritariamente hidrocarburos, mientras que los aditivos, en un contenido entre el 7% y 20% del total del aceite, contienen compuestos orgánicos derivados del azufre, nitrógeno y que contienen metales.

Cuando este aceite se transforma en ALU, existen dos opciones de valorización, el reciclaje y la valorización energética:

Tabla 63. Tipos de Valorización aplicable al ALU

Reciclaje	Valorización Energética
Aceite Lubricante proveniente de un proceso de re-refinación	Combustible alternativo para cementeras, hornos y calderas (CAL), barcos (MDO).
Aceite de Cadenilla, Impregnante madera	Uso directo como combustible (cementeras)

Según estimaciones del Consorcio formado por Shell, YPF, Total y Petrobras para el APL de Aceites Lubricantes firmado el 2016, el volumen total de ALU valorizado en 2015 y proyectado al 2016, alcanzó las siguientes cifras:

Tabla 64. Valorización de ALU, año 2015 proyectado al 2016

Valorización de los ALU	Cantidad	
	[ton]*	[m3]
Uso Directo como Combustible	42.412	48.305
Purificación para Combustible Alternativo (CAL)	19.650	22.381
Re-Refinación	5.364	6.110
Total Valorización	67.427	76.796

Fuente: ECOBAUS, “Diagnóstico Sectorial Aceites Lubricantes”, 2016

¹³⁵ ECOBAUS, “Diagnóstico Sectorial Aceites Lubricantes”, 2016.

En base a estos volúmenes de valorización, según destino, se estima a continuación la distribución actual en función de la estimación de demanda realizada por COPEC y proyectada de acuerdo al PIB para el 2016.

Tabla 65. Valorización de ALU según Tipo de Tratamiento, año 2016

Destino Final ALU		Distribución x Destino		Valorización
		[%]	[m3]	
Valorización Energética	Uso Directo como Combustible	48.305	37,3%	59,3%
	Combustible Alternativo (CAL,MDO)	22.381	17,3%	
Reciclaje	Aceite Lubricante re-refinado	3.600	2,8%	
	Aceite de Cadenilla, Impregnantes Madera	2.510	1,9%	
Destino Desconocido		52.660	40,7%	40,7%
Valorización total		129.456	100%	100%

Fuente: Elaboración propia en base a proyección de demanda COPEC de aceites lubricantes, proyectada al 2016, cifras de valorización de ECOBAUS y producción de de aceite re-refinado FuturOil.

Es importante notar que entre 2013 y 2015 existiría una disminución de la proporción de ALU con destino desconocido, de 45% a 40.7% del total del ALU generado.

Uso directo como combustible

Esta opción de valorización energética puede o no requerir la eliminación previa de agua y otros contaminantes en el aceite usado, asegurando las concentraciones máximas de metales pesados.

Los usuarios son los hornos de cemento, producción combinada de calor y las centrales eléctricas, siendo los principales rubros y/o empresas proveedoras de este tipo de plantas la Gran Minería y empresas como GESAM, Vía Limpia, CERENOR, AMFFAL, STERICYCLE, PTH, Bravo Energy, Riltec y Cosemar.

Purificación de aceites usados para combustible alternativo (CAL)

Este proceso consiste en la obtención de aceite purificado a partir de aceite usado, mediante la eliminación de contaminantes y aditivos, a través de un proceso de centrifugación y destilación. Como resultado y a partir de distintas mezclas con otros aditivos, se obtiene un aceite combustible de excelente poder calorífico y diseñado para las diversas aplicaciones industriales y marinas. El combustible resultante ya no se considera como residuo y puede ser usado como combustible en cualquier planta para producir energía en hornos y calderas industriales, normalmente reemplazando al Fuel N°6.

Sin embargo, el crecimiento del mercado de este combustible entre las pequeñas y medianas empresas se ha visto seriamente dificultado por la falta de regulación del producto, no obstante que las pruebas realizadas en distintas instalaciones han demostrado que es un buen sustituto del Fuel N°6 en calderas y hornos industriales. Pero, al no estar regulado, genera desconfianza y no se utiliza en mayor proporción, a pesar de presentar un menor precio que oscila entre un 10% y un 20% respecto a ese combustible, lo cual además reduciría de manera importante el gasto en energía de las Pymes¹³⁷.

La creación de una norma técnica que establezca especificaciones físicas y químicas para el CAL sería un gran impulso para el desarrollo de este mercado, haciendo posible promover en forma segura su consumo para la sustitución de hidrocarburos primarios.

Las principales proveedoras de estas plantas de tratamiento son los Lubricentros, Estaciones de Servicio, Concesionarios de marcas, Vía Limpia, Renzo Pereira, Rodrigo Balbontín, Finning, Komatsu, la Minería y la industria en general.

Re- Refinación

Consiste en un refinado del aceite usado para eliminar el agua, sedimentos, aditivos, metales pesados y otros productos de reacción presentes en el residuo, y extraer bases lubricantes para la formulación de nuevos aceites lubricantes, lo que contribuye a un notable ahorro de materias primas en la producción de nuevos aceites industriales. Los hidrocarburos que han sido usados previamente como lubricantes se pueden regenerar a aceite base. En estos casos el contenido de agua no debe ser más de 10%. Las plantas modernas pueden producir aproximadamente 60 litros de aceite base con 100 litros de entrada de aceites usados. El aceite de base se mezcla directamente con diversos aditivos para obtener lubricantes de diferente calidad.

¹³⁷ ECOBAUS, “Diagnóstico Sectorial Aceites Lubricantes”, 2016.

Pese a que esta forma de reciclaje es la mejor alternativa desde el punto de vista ambiental, en Chile es aún reducida, alcanzando sólo el 5% de lo generado. Es la opción que en la legislación europea y también canadiense se ha establecido como preferente. En algunos Estados miembros, entre los ejemplos de mejores prácticas, muestran tasas de regeneración de hasta el 98% de los aceites usados recolectados, tales como en Grecia, Italia, España y Portugal.

Proceso Productivo de Purificación de ALU: Crowan Uno Ltda.

CROWAN es una empresa ubicada en San Antonio dedicada al tratamiento de residuos industriales de naves (sentinas) y aceites usados industriales, con una capacidad de procesamiento aproximada de 10.000 ton/año.

El Puerto de San Antonio moviliza más de 9 millones de toneladas anuales de carga lo que significa gran movimiento de naves, frecuencia y tamaño de naves que recalán en su infraestructura. Sin embargo, también significa que cantidades considerables de aguas de sentina, contaminadas con restos de combustible y desechos propios de la operatividad de los barcos, lleguen hasta nuestro litoral.

Se denomina agua de sentina o “sentina” a la mezcla de agua con hidrocarburos y detergente que se produce en la parte baja del barco (llamada sentina). Esto ocurre cuando se lavan los estanques de la sala de máquinas con petróleo. En general, las sentinas están compuestas en un 70% de agua y 30% de hidrocarburos emulsionados (residuos de aceite, petróleo y cenizas).

Estos líquidos contaminantes, conocidos también como sludge oil, sin el tratamiento adecuado son muy nocivos para el medio ambiente. En la actualidad, la legislación chilena permite a las naves verter sus residuos en el mar, a una distancia determinada de las costas nacionales, mientras que en los principales puertos del mundo está prohibido descargar este tipo de residuos en los mares territoriales.

Tomando en cuenta que la mayoría de las aguas contaminadas están concentradas en el hemisferio sur, Chile y Puerto San Antonio ingresan al círculo de los países que han desarrollado procesos de tratamiento para la industria marítimo- portuaria, ya que CROWAN purifica estas aguas de sentina, evitando grandes cantidades de descargas directas al mar.

Los volúmenes de aguas de sentina que producen los barcos que recalán en Puerto San Antonio pueden variar desde las 100 toneladas mensuales durante la temporada baja y hasta 500 toneladas mensuales en los meses de verano.

Estos residuos son retirados de los barcos y transportados mediante camiones autorizados hasta la planta de tratamiento, donde se realizará un exhaustivo registro de la operación, incluso extrayendo muestras de la carga para el control de calidad, análisis, certificación y archivo.

La carga se deposita en un estanque 1.200 metros cúbicos, el cual mediante calor indirecto de vapor generado por una caldera, logra los niveles adecuados de temperatura y presión, necesarios para el proceso.

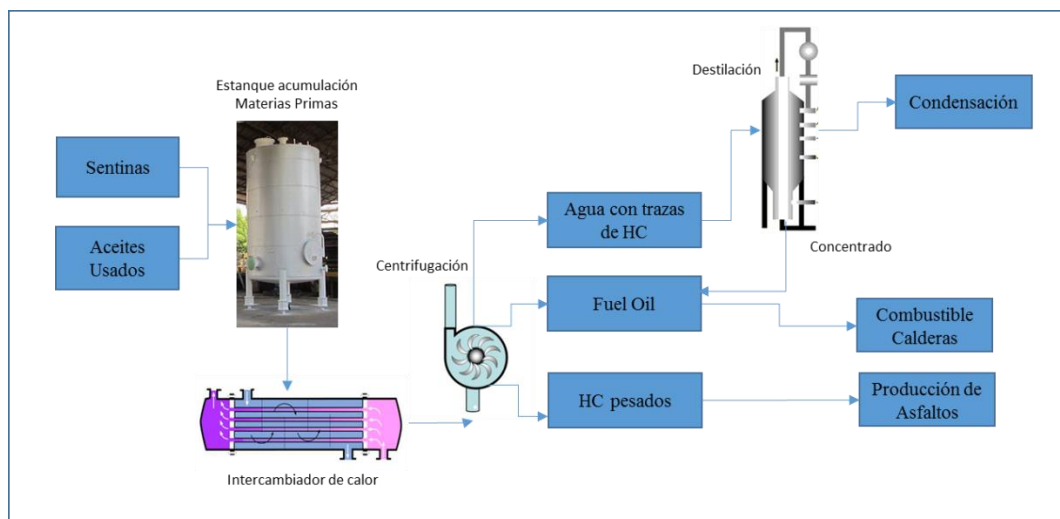
A través de diversos sistemas de bombeo, se hace circular este material mediante dispositivos y sensores de intercambio de calor. Las sentinas ingresan a una máquina separadora, a través de un procedimiento controlado por un sistema de válvulas especiales. El material es separado en tres fases:

- sustancias sólidas
- combustible oleoso
- agua residual

Los residuos sólidos —hidrocarburos pesados— son llevados a una planta para fabricación de asfalto. El combustible secundario puede ser usado en equipos de generación térmica. Los materiales nocivos restantes son almacenados en tanques especiales para su eliminación, y el agua sobrante es procesada y purificada para su evacuación.

El sistema, que utiliza tecnología de punta, es capaz de procesar una tonelada de residuos por hora; es decir un promedio de entre cuatro y ocho camiones por día. El proceso también involucra pruebas de Laboratorio, tanto de materias primas como producto terminado, con el objeto de medir parámetros tales como: humedad, densidad, viscosidad, residuos, punto de inflamación, poder calorífico, etc.

Figura 42. Proceso de Tratamiento de CROWAN para purificación de Sentinas y ALU



Fuente: CROWAN, mayo 2015.

Proceso Productivo de Purificación de ALU: Bravo Energy

BRAVO ENERGY es una compañía que se instala en el Chile en el año 1995, con capitales norteamericanos y chilenos, con el objetivo de entrar en el mercado del manejo de residuos industriales peligrosos. Inicia sus operaciones en 1998 como destinatario de residuos industriales peligrosos, produciendo combustible alternativo líquido (CAL), para incineración en horno cementero y MDO (Marine Diesel Oil) para uso en embarcaciones marinas. La producción total aproximada de Bravo Energy es de 40.000 ton/año¹³⁸.

En la actualidad atiende más de dos mil clientes desde Arica a Punta Arenas, con una importante red logística, que permite entregar un servicio integral de manejo de residuos peligrosos.

En el año 2003 se construye la planta deshumificadora de aceite lubricante usado para mejoramiento de la calidad del petróleo combustible recuperado. A partir de este proceso, se obtiene un combustible fósil convencional denominado MDO.

La obtención de este combustible se realiza mediante el proceso de purificación del Aceite Lubricante Usado (ALU) de acuerdo a la NCh 2286. La materia prima (ALU) es recolectada a nivel nacional desde los generadores y se analiza en el laboratorio Bravo Energy, además es almacenado en estanques dispuestos para su uso.

Las propiedades/atributos que ofrece el MDO versus los combustibles tradicionales (fuel o diesel) se pueden sintetizar como sigue:

- El combustible tiene baja viscosidad que permite su fluidez a temperatura ambiente.
- Tiene bajas concentraciones de azufre. No tiene vanadio.
- Tiene mayor poder calorífico que otros combustibles similares, propiciando la disminución de las emisiones de material particulado y azufre.
- El combustible se analiza en Laboratorio para determinar los parámetros de relevancia operacional y ambiental del combustible.
- Es sometido a procesos de filtración y centrifugación avanzada.
- Además es sometido a cracking térmico, que permite separar los aditivos e impurezas del combustible convencional.

¹³⁸ <http://www.bravoenergy.cl/combustible.html>

Proceso Productivo de Re-Refinación de ALU: Future Oil¹³⁹

La planta de FUTUROIL está ubicada en el Camino Lo Castro-Lampa y tiene más de 20 años de experiencia en el mercado en Re-refinado de ALU automotriz e industrial. La capacidad de tratamiento con que cuenta le permite reciclar más de 600.000 litros de aceite mensuales, equivalentes a 6.300 ton/año.

El proceso de re-refinación permite obtener un nuevo aceite lubricante el que junto a la incorporación de aditivos de primer nivel, posibilita la elaboración de nuevas mezclas para una amplia gama de aceites lubricantes destinados a los mercados automotriz, industrial y forestal, comercializados en Chile bajo las marcas de Futuroil, Lubetrack y Vixon, cumpliendo estrictos estándares de calidad y medioambientales.

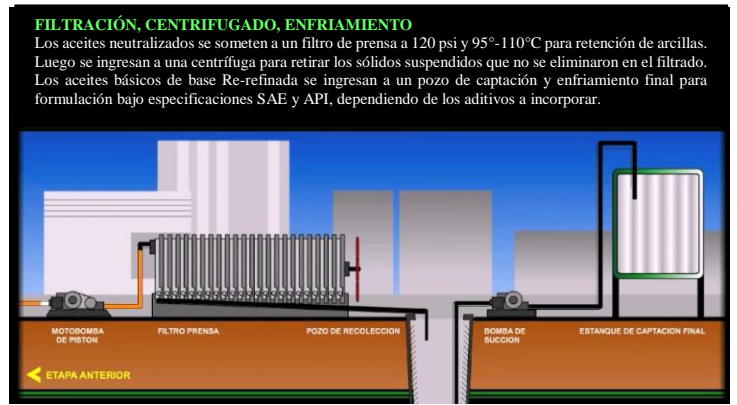
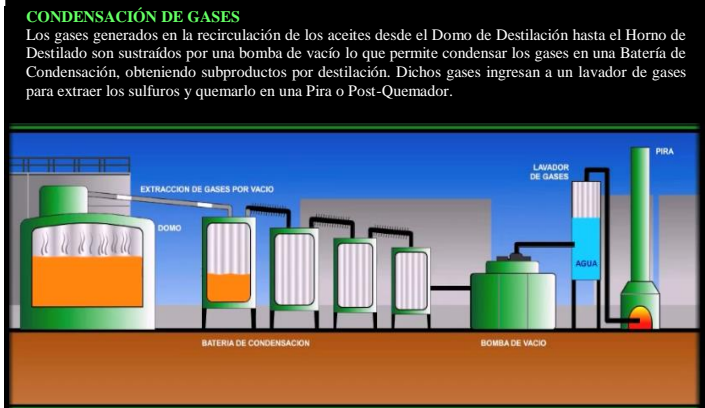
FUTUROIL diseñó la tecnología para reciclar y recuperar estos residuos, donde gracias a un proceso de re-refinación, llamado también de pirólisis o craqueo térmico, se destruye la molécula de aceite carbón, principal agente causante de la contaminación, reemplazándola por una nueva y mejorada, que no es contaminantes y técnicamente superior a la original, ya que no presenta rastros de resinas, gomas y lacas, que son muy sensibles a la oxidación, además de presentar una mayor resistencia a los procesos térmicos.

El proceso se representa como sigue:

Figura 43. Proceso Productivo de RE-refinación FUTUROIL



¹³⁹ <http://www.futuroil.cl/>



Fuente: <http://www.futuroil.cl/proceso/>

Finalmente se presenta una tabla con la distribución regional de valorizadores de ALU en Chile.

Tabla 66. Distribución Regional de Valorizadores Autorizados de ALU en Chile

DIRECCIÓN REGIONAL	INSTALACIÓN AUTORIZADA
XV Región de Arica y Parinacota	Imerys Minerals Arica
I Región de Tarapacá	No hay destinatarios finales ni acopio
II Región de Antofagasta	Aseos Industriales Pablo Enrique Leiva Leó EIRL
	Bravo Energy S.A.
	Cementos Bío Bío S.A. (INACESA)
	Hidronor S.A.
	Soluciones Ambientales del Norte S.A.
	Reciclajes Tecnológicos Ltda.
Active Chemicals	
III Región de Atacama	INACAL
IV Región de Coquimbo	ENAEX S.A.
V Región de Valparaíso	Empresas Melón S.A.
	Procesos Industriales CROWAN Uno Ltda.
	Riltec Ltda.
Región Metropolitana de Santiago	Petroquímica FUTUROIL Ltda.
	Bravo Energy S.A.
	Castañeda Hermanos Ltda.
	Cemento Polpaico S.A.
	Hidronor Chile S.A.
VI Región Del Libertador General Bernardo O'higgins	BÍO BÍO
VII Región Del Maule	GEOBARRA Exins Ltda.
VIII Región Del Bio Bío	Luveoil
	PTH
	Derquim
IX Región de la Araucanía	No hay destinatarios finales
XIV Región de Los Ríos	No hay destinatarios finales
X Región de Los Lagos	No hay información
XI Región de Aysén Del Gral. Carlos Ibañez del Campo	No hay destinatarios finales
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	No hay destinatarios finales

Fuente: SEREMIS Regionales desde ECOBAUS, “Diagnóstico Sectorial Aceites Lubricantes”, 2016.

VI. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN RELACIONADA CON EL MANEJO ACTUAL DE ALU, BFU Y NFU

En los Anexos N°11, N°12 y N°13, se presenta las bases de datos con la información para efectos de conocer los actuales sistemas de recolección y valorización existentes para neumáticos, baterías y aceites lubricantes. Para lo cual, se realizó un levantamiento con una descripción de las empresas u organizaciones dedicadas a esta actividad.

Para lo cual, para cada uno de elementos prioritarios en estudio, se realizó una búsqueda en la web de las empresas dedicadas a su transporte, recolección, valorización, reciclaje, reparación, pretratamiento, entre otros tipos de gestión.

Ya clasificados por tipo de gestión en los residuos, se averiguo en la web por la siguiente información:

- RUT de la empresa
- Dirección
- Página web
- Giro
- Productos (si es que corresponde)

En algunos casos, se requirió información más detallada con respecto a la producción anual y potencial de los productos generados a partir de los residuos de baterías, aceites lubricantes y neumáticos como materia prima, así como también los costos referidos al retiro y traslado de tales residuos. Para lo cual se solicitó información directamente a las empresas involucradas.

VII. ESTRATEGIA DE DESARROLLO PARA LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE ALU, BFU Y NFU

La formulación de una estrategia que permita abordar la gestión futura de los residuos asociados a los PP de Aceites Lubricantes, Baterías y Neumáticos, en distintos escenarios alternativos, implica en primera instancia, identificar los Parámetros, las Variables Críticas y las Variables Independientes asociadas a la gestión de cada uno de ellos.

Para entender el modelo a desarrollar se debe recordar que un Sistema de Gestión es una figura jurídica, creada por uno o más Productores, con el objetivo de articular a los distintos Gestores para organizar la recolección y valorización de los ALU, BFU y NFU, según corresponda, con la misión de dar cumplimiento a las metas que imponga la Autoridad.

Conforme a lo anterior, es posible prever que los Sistemas de Gestión se verán condicionados por factores externos a su propia industria que dichas organizaciones no tendrán posibilidades de alterar; y por factores internos, cuyas estructuras sí serán capaces de modificar en el corto, mediano y largo plazo, porque las mismas forman parte de las reglas de su negocio, aun cuando a su vez, sean dependientes de variables internacionales independientes. Dichos factores internos es lo que configura las Variables Críticas, puesto que condicionan el cumplimiento de las Metas a partir del desarrollo de elementos propios del mercado de cada Producto Prioritario, y que ciertamente son dependientes del desempeño de cada Sistema de Gestión.

Parámetros, Variables Críticas y Variables Independientes

Se entenderá por Parámetro una supra variable cuyos distintos valores configuran los distintos escenarios, por ejemplo, la imposición de una Meta por parte de la Autoridad, la aplicación de Instrumentos de Incentivo por parte del Gobierno, ya sea de regulación, económicos o de persuasión, para orientar cambios de conductas en el mercado; o bien, el desempeño de la economía expresado en la proyección del PIB por parte del Banco Central, puesto que este indicador exhibe una correlación directa con la generación de los residuos que forman parte de este estudio.

Se entenderá por Variables Críticas aquellas variables que condicionan el desempeño de los Sistemas de Gestión para el cumplimiento de las metas, por ejemplo, la infraestructura disponible dentro del AOG para acopiar, recolectar y valorizar los ALU, BFU y NFU generados; el monto de una ecotasa, entendiéndose por tal, el diferencial de precio extra que los productores podrían cobrar para financiar los costos adicionales asociados a la recolección y valorización.

Se entenderá por Variable Independiente aquella que afecta directamente las Variables Críticas al momento de valorar los impactos de los distintos Escenarios evaluados en función de los Parámetros definidos (Metas, Incentivos y PIB). Las Variables Independientes no verán alterados sus valores ni por cambios en los Parámetros ni en las

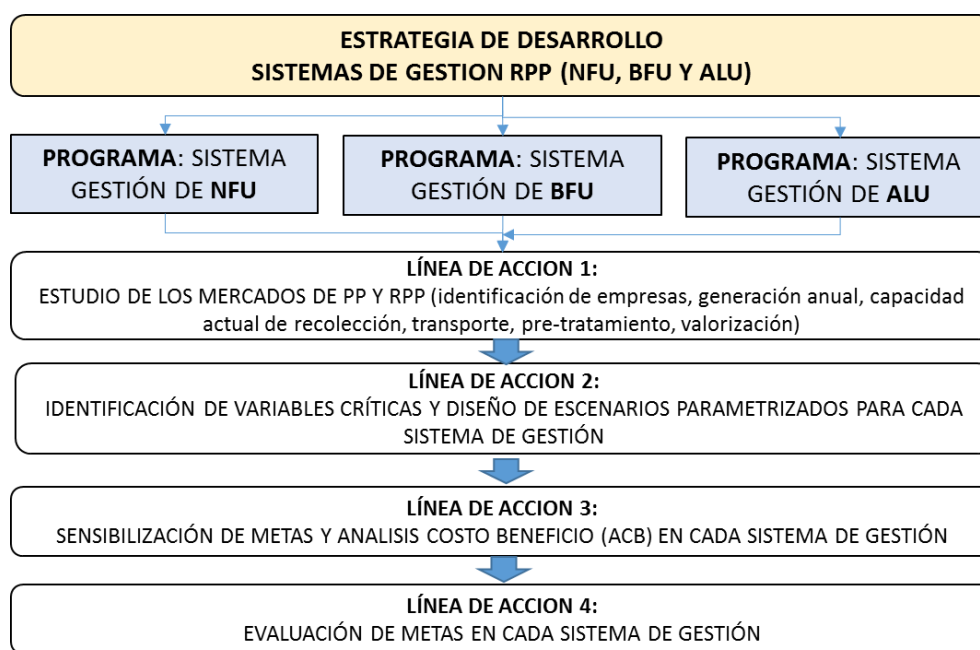
Variables Críticas porque dependen de otras variables independientes. Tal es el caso del precio de transporte (dependiente del precio del diésel, de los salarios, etc.), el precio del petróleo (que condiciona el precio del caucho reciclado, de los aceites lubricantes alternativos, etc.), el precio de la energía eléctrica, el precio de la tonelada de CO₂ equivalente, etc.

En resumen, luego de definir e identificar lo que para efectos de este estudio se entenderá por Parámetro, Variable Crítica y Variable Independiente, se modelarán los distintos escenarios posibles a partir de la definición de Metas, siendo evaluados en base a un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) que permitirá visualizar el impacto que las distintas Metas tendrían sobre los escenarios planteados en función de las Variables Críticas que afectan el desempeño de los Sistemas de Gestión.

Para efectos de poder comparar los distintos escenarios posibles, el AGIES aplica una herramienta objetiva de Análisis Costo Beneficio (ACB), que permite la obtención de un indicador único para cada escenario (razón Beneficio/Costo) lo cual posibilita discernir entre aquellos escenarios más beneficiosos para la sociedad en su conjunto.

En el contexto de un AGIES, se plantea el diseño de la siguiente Estrategia para abordar potenciales Sistemas de Gestión de residuos en el futuro.

Figura 44. Estrategia



Fuente: Elaboración propia.

Durante la primera parte de este estudio se desarrolló la Línea de Acción N°1, con el estudio de los mercados de Aceites Lubricantes, Baterías y Neumáticos y sus respectivos residuos (ALU, BFU y NFU). En el presente capítulo se desarrolla la Línea de Acción N°2 con la identificación de los Parámetros y Variables Críticas de cada Sistema de Gestión.

Posteriormente, las Líneas de Acción N°3 y N°4, se abordan en los capítulos VIII y IX con la propuesta y sensibilización de diferentes metas para cada Sistema de Gestión, posibilitando su valoración a través de un análisis Costo-Beneficio que permita discernir aquella con mayor Beneficio Social Neto.

Dimensión Geográfica: Costos de Transporte

Por otra parte, para efectos de caracterizar la dimensión geográfica de los Sistemas de Gestión y cómo ésta afecta su desempeño, se define el concepto de Área Óptima de Gestión (AOG) como el área geográfica que rodea una planta de valorización y respecto de la cual se movilizan los camiones que transportan BFU, ALU y NFU. Este AOG es una construcción paramétrica definida para efectos de este modelo y determina un radio de 50 km respecto de la ubicación de un Generador y una Planta Valorizadora.

La distancia de 50 km de radio se basa en las dimensiones de la Región Metropolitana que tiene una extensión aproximada de 75 km de ancho por 55 km de alto, por lo tanto este radio abarca comunas tan distantes como Lampa y San Bernardo (47 km), ambas de la Región Metropolitana.

En el caso del transporte de NFU, el costo asociado es de aproximadamente \$50.000/ton. No existe precio de mercado por kilómetro, puesto que en la actualidad sólo se valorizan los NFU de la Región Metropolitana dentro de la misma.

Por otra parte, en la Región Metropolitana se genera el 17% de los residuos peligrosos del país, existe un cobro mínimo para movilizar un camión desde cualquier punto, independiente de la distancia efectiva y el volumen a retirar. En el caso de Hidronor, por ejemplo, el retiro de residuos peligrosos en un camión de 5 toneladas (máximo 4 pallet con 16 tambores de 208 litros), que pueda transitar sin restricción por las calles de una ciudad con su respectiva resolución sanitaria, tiene un costo de 3,87 UF/viaje¹⁴². Sin embargo, existen otras alternativas más económicas que se movilizan dentro de un AOG que, según el estudio de ECOBAUS del 2016, alcanzan en promedio los \$77.000/viaje para residuos peligrosos, incluyendo pallets con tambores de ALU o con BFU.

Por lo tanto, en base a este valor, se establece como este valor como el Precio de Transporte al interior de un AOG (PT^{AOG}). Dentro de este AOG, el precio de transporte es fijo, puesto que los transportistas condicionan su precio en función de su capacidad máxima

¹⁴² Cotización Hidronor, agosto 2017.

de transporte, independiente del volumen o el peso que les soliciten retirar, siendo excepcional la consolidación de carga que permita compartir gastos con otro eventual cliente.

Para estimar el precio del transporte desde un punto fuera del AOG ($PT^{F/AOG}$), se debe incorporar la variable distancia al precio, de modo de parametrizar en función de los kilómetros recorridos. En este contexto, el precio de mercado para un camión con las mismas características de capacidad de carga (5 toneladas), sería de 0,05 UF/km¹⁴³. Sin embargo, para distancias mayores, sí opera en el rubro del transporte, la consolidación de carga para minimizar los costos de bencina y peajes, siendo utilizados camiones de mayor envergadura que maximizan la capacidad de transporte a menor costo.

En la actualidad, la distancia entre las plantas valorizadoras y los centros generadores se ha resuelto a través del precio de compra de los residuos, y esto funciona a cabalidad para las baterías fuera de uso que tienen asociado un valor económico intrínseco. Por ejemplo, el precio de compra de una BFU es distinto a si se recolecta en Calama o Concepción, en función del costo de transporte entre el generador y en este caso, RAM, la planta valorizadora. Esto es:

Tabla 67. Precios de compra de BFU, diferenciados por origen

Centros de Compra y Acopio	Precio de Compra [\$/kg]
Calama	286
Santiago	184
Concepción	170
Puerto Montt	140
Retiro Capilar	26

Fuente: RECIMAT, julio 2017.

Es importante señalar que el retiro capilar corresponde al realizado por camiones de pequeños recolectores, con resolución sanitaria, que retiran desde talleres o empresas al interior de los pueblos y ciudades que rodean un centro de acopio RECIMAT. Utilizando esta modalidad de cobro que aplica para cualquier gestor que entregue BFU a RECIMAT, hoy en día se alcanza una tasa de reciclaje estimada de 77,5%, sin aplicación de ecotasa por parte de los productores.

En el caso de los ALU, el precio de compra del residuo cumple con todas las modalidades posibles:

- Empresa lo retira en forma gratuita
- Empresa cobra por retirar. Esto ocurre en zonas alejadas o cuando el ALU está contaminado con un 5% o más de agua.

¹⁴³ Ibid.

- Empresa gestora paga por retirar, entre 30 y 70 \$/kg.

En este caso, se estima que una vez que se apliquen las metas de la REP y se formalice aún más el mercado de valorización de ALU en base a las metas que imponga la autoridad, se intensificará la modalidad de consolidación de carga en lugares retirados para reducir los costos de transporte y de esta manera ser competitivos para transportar los residuos a los centros valorizadores en pos del cumplimiento de las metas.

En este caso sin embargo, los centros valorizadores son bastantes más que en el caso de las BFU, existiendo varios en la zona norte (cementeras) que pueden absorber sin problema la generación de ALU regional. Es importante señalar que la falta de estabilidad en la oferta de ALU es un factor importante que no permite afianzar los mercados, problema que tendería a resolverse una vez que se establezcan las metas y se exija una mayor valorización.

Como resultado de este análisis se puede observar que el único residuo donde el transporte no está resuelto es para el caso de los neumáticos, principalmente porque a la fecha no existe incentivo económico para su valorización.

En este caso aplicaría resolver el tema del transporte a través de un modelo de distancias relativas a centros valorizadores, sin embargo este Consultor estima que un modelo de este tipo no aportaría demasiado a resolver con precisión las soluciones empíricas que en el mercado resolverá en su momento, cuando se cree la necesidad. Esto porque en la actualidad, la única planta valorizadora se encuentra en la Región Metropolitana, la cual concentra el 30% de los NFU del país, por lo tanto, por una lógica de eficiencia, los costos de transporte corresponden a los del AOG (\$50.000/kg), puesto que de acuerdo a la capacidad de la empresa, nunca requerirá más materia prima que el que se encuentra disponible en sus proximidades (50 km a la redonda). Por otra parte, acaba de instalarse en 2017 una planta de pirólisis en la zona de Talcahuano y se proyecta instalar otra en la ciudad de San Fernando, abarcando una gran extensión de la zona centro sur y cubriendo parte de las necesidades de valorización de la zona, donde nuevamente el costo de transporte del AOG es válido porque la generación en el área supera ampliamente la capacidad de valorización instalada durante los próximos años.

El problema se presenta en aquellas regiones donde la distancia es un impedimento para alcanzar las plantas valorizadoras y mientras esta situación se mantenga, la solución será la consolidación de carga que permita rebajar los costos de transporte en camiones de mayor envergadura. Otra solución que se advierte podrá viabilizar esta dificultad es la aplicación de una ecotasa por parte de los productores que permita financiar el transporte desde zonas lejanas a las plantas valorizadoras.

A. SISTEMAS DE GESTIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO

Para efectos de modelar los futuros Sistemas de Gestión de Neumáticos Fuera de Uso en función de distintas metas que pueda fijar la Autoridad, en primer lugar se identificarán las Variables Críticas para la recolección y valorización de estos residuos.

Los actores formales en la cadena económica del neumático antes de convertirse en residuo son los productores (fabricantes e importadores), distribuidores/comercializadores y finalmente el usuario del neumático que luego de usarlo, se transforma en el generador del residuo, en este caso, un NFU proveniente del sector transporte o industrial, o bien, un NMFU que tiene por origen el sector minero y que, debido a sus características físicas y alta concentración en ciertos lugares del país, requieren un análisis particular puesto que los Sistemas de Gestión que deberán hacerse cargo de estos residuos no son necesariamente compatibles con los asociados al sector transporte e industria en general.

En relación a los NFU del sector transporte, una vez generado, éste se elimina de manera informal con destino desconocido o bien se recolecta y valoriza a través de la preparación para la reutilización (recauchaje de NFU de camiones y buses), reciclaje o valorización energética.

Con respecto a los NMFU, las diferencias de gestión en relación a los NFU del transporte y la industria resultan evidentes cuando se observan las diferencias de tamaño y la importancia estratégica de este insumo en la minería así como su alto costo. Estas características obliga a las compañías a adoptar políticas estrictas de mantención y cuidado de sus neumáticos, lo cual se traduce en que la mayoría de las faenas mineras del país tiene incorporado entre sus prácticas el recauchaje, lo que permite duplicar y hasta triplicar la vida útil de los neumáticos mineros generando importantes ahorros para la compañía.

Sin embargo, una vez que el neumático se transforma en residuo porque inevitablemente llega al fin de su vida útil, éste se elimina al interior de las faenas, disponiéndolo sobre superficie o en zanjales de manera indefinida.

En virtud de lo anterior, y a pesar de las diferencias entre los NFU y los NMFU, los parámetros y variables críticas de los Sistemas de Gestión respectivos son los mismos, pero con distintos énfasis a la hora de evaluar el impacto de estas variables sobre los escenarios alternativos.

Los parámetros son:

- Metas (impone distintas configuraciones de infraestructura para una misma meta, dando origen a distintos escenarios)
- Instrumentos de Regulación, Instrumentos Económicos y Mecanismos de Persuasión para modificar el comportamiento de productores y generadores.

- PIB (condiciona la proyección en la generación de residuos y por ende impacta en los Sistemas de Gestión futuros según sea la meta).

Las variables críticas identificadas son:

- Generación bruta NFU y NMFU (previo a cualquier proceso de valorización).
- Capacidad de Transporte y Acopio temporal
- Capacidad de Recauchaje en el Área Óptima de Gestión.
- Capacidad de Reciclaje en el Área Óptima de Gestión.
- Capacidad de Valorización Energética en el Área Óptima de Gestión.
- Ecotasa determinada por cada Sistema de Gestión para financiar los sistemas de recolección y valorización deficitarios en términos privados. Esta ecotasa debiera ser de carácter variable, permitiendo el desarrollo sostenible del mercado de recolección y valorización, en sintonía con el incremento gradual de las metas establecidas por la Autoridad.

Las variables independientes son:

- Costos de Recolección y Transporte
- Precio del petróleo (afecta el costo del transporte, el precio de los productos derivados, etc.)
- Precio de la energía (afecta los costos operacionales de la infraestructura de valorización)
- Precio del CO2 equivalente (afecta la valorización del impacto ambiental de las diversas opciones de valorización)
- Precio las materias primas recicladas
- Precio de las materias primas vírgenes
- Precio de los NFU/NMFU recauchados
- Precio de los NFU/NMFU nuevos

1. Parámetros y Variables Críticas del Escenario Base NFU y NMFU

En función de la identificación de los Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión futuros para los neumáticos fuera de uso, se define como Escenario Base aquel que representa la situación del año base, año 2016, en términos de generación de NFU y NMFU, infraestructura de recolección y valorización; y se proyecta a partir del mismo sin considerar la implementación de la REP.

Los Parámetros del Escenario Base son los siguientes:

Tabla 68. Parámetros Escenario Base NFU y NMFU, año 2016

Tipo de Residuo	PIB	META	Instrumentos Aplicados Escenario Base		
			Regulación	Económico	Persuasión
NFU	1,6%	0,0%	Normativa débil y fiscalización compleja	No hay	No hay
NMFU		0,0%	Normativa clara y fácil fiscalización	No hay	No hay

Fuente: Elaboración propia

La Tabla a continuación refleja las Variables Críticas asociadas al Escenario Base.

Tabla 69. Escenario Base NFU y NMFU en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0

ESCENARIO BASE (2016)	CATEGORÍA NFU: Vehicular e Industrial NMFU: Minero	GENERACIÓN BRUTA	Reutilización Directa	Prep. Reutilización (Recauchaje)	Reciclaje (polvo y gránulo)	Valorización Energética	RECOLECCIÓN	VALORIZACIÓN
		[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
TOTAL PAÍS	NFU	94.695	100	11.674	7.349	651	19.774	19.774
	NMFU	50.361	0	2.500	960	0	50.361	3.460
	TOTAL NFU + NMFU	145.055	100	14.174	8.309	651	70.135	23.234
	TOTAL							48%

Fuente: Elaboración propia

Para efectos de establecer la dimensión geográfica del Escenario Base, se presenta la distribución de la generación de residuos y la capacidad de valorización en cada región del país. En el caso de recauchaje de vehículos de transporte, la distribución de la valorización está dada por la generación regional de NFU de buses y camiones, puesto que en este caso hay cobertura en todo Chile. En el caso minero, las plantas de BAILAC se localizan fundamentalmente en el norte, Iquique, Antofagasta y Copiapó, más la Región Metropolitana, lo cual coincide con la localización de las faenas mineras.

En el caso del reciclaje, la distribución tiene relación con la localización de las plantas valorizadoras, que en el caso de Polambiente es la RM (Lampa) y en el caso de BAILAC, reciclaje de NFU mineros, se ubica en su planta de Nogales, V Región.

En relación a la valorización energética, Cementos Melón se ubica en la Región Metropolitana.

Tabla 70. Escenario Base Regional NFU en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0

ESCENARIO BASE (2016)	CATEGORÍA NFU: Vehicular e Industrial NMFU: Minero	GENERACIÓN BRUTA	Reutilización Directa	Prep. Reutilización (Recauchaje)	Reciclaje (polvo y gránulo)	Valorización Energética	VALORIZACIÓN	
		[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[%]
I de Tarapacá	NFU	2.262	2	556	0	0	558	25%
	NMFU	2.051	0	102	0	0	102	5%
II de Antofagasta	NFU	4.458	3	625	0	0	629	14%
	NMFU	11.000	0	546	0	0	546	5%
III de Atacama	NFU	3.041	2	0	0	0	2	0%
	NMFU	31.297	0	1.554	0	0	1.554	5%
IV de Coquimbo	NFU	4.015	4	486	0	0	491	12%
	NMFU	1.798	0	89	0	0	89	5%
V de Valparaíso	NFU	9.485	10	1.668	0	0	1.678	18%
	NMFU	1.045	0	52	960	0	1.012	97%
VI de O'Higgins	NFU	6.028	5	0	0	0	5	0%
	NMFU	1.724	0	86	0	0	86	5%
VII del Maule	NFU	7.391	6	486	0	0	492	7%
	NMFU	0	0	0	0	0	0	5%
VIII del Biobío	NFU	11.245	12	1.737	0	0	1.749	16%
	NMFU	0	0	0	0	0	0	0%
IX de La Araucanía	NFU	4.790	5	695	0	0	700	15%
	NMFU	0	0	0	0	0	0	0%
X de Los Lagos	NFU	5.033	5	0	0	0	5	0%
	NMFU	0	0	0	0	0	0	0%
XI de Aysén	NFU	798	1	0	0	0	1	0%
	NMFU	3	0	0,1	0	0	0	5%
XII de Magall. y Antártica	NFU	1.312	1	0	0	0	1	0%
	NMFU	0	0	0	0	0	0	0%
XIII Metropolitana	NFU	31.428	41	5.211	7.349	651	13.252	42%
	NMFU	1.422	0	71	0	0	71	5%
XIV de Los Ríos	NFU	2.028	2	0	0	0	2	0%
	NMFU	0	0	0	0	0	0	0%
XV de Arica y Parinacota	NFU	1.381	1	208	0	0	210	15%
	NMFU	21	0	1	0	0	1	5%
Total País	NFU	94.695	100	11.673	7.349	651	19.773	21%
	NMFU	50.361	0	2.500	960	0	3.460	7%
	TOTAL NFU/NMFU	145.055	100	14.173	8.309	651	23.233	16,0%

Fuente: Elaboración propia.

2. Proyección de Variables Críticas para Sistemas de Gestión Futuros

En base a la estimación del PIB del Banco Central, se proyecta la generación actual bruta de NFU y NMFU (Escenario Base) por un período de diez años, previo a cualquier proceso de valorización (recauchaje, reciclaje, etc). Esta proyección del Escenario Base tiene por objeto determinar el status de las Variables Críticas en un escenario sin implementación de la REP, evaluando sus costos y beneficios.

Posteriormente, se evaluarán los costos y beneficios de Escenarios alternativos al Escenario Base, post implementación de la REP, con la posibilidad de simular metas parciales de valorización, que se cumplen al cabo de cada quinquenio, coincidiendo con el plazo de cinco años establecido por la Autoridad para la revisión de metas.

Generación de NFU y NMFU

En virtud de lo anterior, se proyecta la generación actual de NFU y NMFU hasta el año 2022, considerando que el año 2018 se implementaría la REP, para efectos de analizar la disponibilidad actual y potencial de infraestructura de valorización, la cual es una variable crítica de los Sistemas Futuros de Gestión que debe ser prevista para efectos del cumplimiento de metas.

Tabla 71. Proyección Bruta Generación NFU y NMFU [ton/año]

Origen	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Agrícola, forestal, construcción e industrial	2.430	2.472	2.553	2.642	2.728	2.818	2.911	3.007	3.106	3.209	3.315	3.424
Autos y camionetas	29.743	30.263	31.247	32.340	33.391	34.493	35.631	36.807	38.022	39.277	40.573	41.912
Camión y buses	62.522	63.616	65.684	67.983	70.192	72.509	74.901	77.373	79.927	82.564	85.289	88.103
Minería	50.361	51.242	52.908	54.759	56.539	58.405	60.332	62.323	64.380	66.504	68.699	70.966
Generación NFU y NMFU	145.055	147.594	152.391	157.724	162.850	168.225	173.776	179.511	185.434	191.554	197.875	204.405

Fuente: Elaboración propia y proyección en base al PIB e IPOM del Banco Central.

En base a la identificación de las variables críticas para los Sistemas de Gestión que deberán operar en el futuro, se plantea una proyección de las mismas en un escenario potencial, en donde se expone su capacidad máxima de asimilación de demanda. Cualquier escenario que supere la capacidad potencial de procesamiento del mercado, obligará a invertir en mayor infraestructura con impacto en los costos privados.

Capacidad de Transporte y Acopio Temporal

Respecto a la Variable Crítica asociada a la capacidad de Transporte se asume que existe disponibilidad suficiente para satisfacer cualquier escenario que se evalúe, puesto que según lo señalado por estudios del sector, en virtud de las grandes distancias que deben recorrer los vehículos a lo largo de la geografía de Chile, sólo aquellos que logran consolidar carga, es decir, transportar para diferentes clientes en el mismo viaje, logran rentabilizar su negocio.

Esto ocurre porque deben recorrer grandes trechos, sobre todo de retorno, con un buen porcentaje de su capacidad de carga disponible¹⁴⁴, lo que permite suponer que en la medida que crezca el país, este sector crecerá junto con la generación de residuos y el transporte de éstos será una oportunidad para los pequeños y medianos transportistas de rentabilizar su negocio.

En relación a la capacidad de acopio temporal, también se asume como disponible en cualquier escenario que se evalúe, puesto que los NFU son residuos no peligrosos que en la actualidad, de igual forma se generan y almacenan de manera temporal en los distintos talleres y servitecas a lo largo de todo el país. Estos residuos son retirados con la frecuencia requerida, según se agote la capacidad disponible. La única diferencia será que estos NFU, en vez de ser transportados a lugares de eliminación desconocidos, ahora serán transportados a las empresas valorizadoras correspondientes.

En relación con los NMFU, las faenas mineras cuentan con patios autorizados de eliminación de este tipo de residuos, por lo que esta infraestructura se encuentra prevista y garantizada.

Capacidad de Preparación para la Reutilización

En relación a la alternativa de Preparación para la Reutilización, el Recauchaje es una excelente opción de valorización para los neumáticos de Buses y Camiones, siendo creciente esta tendencia en países desarrollados donde la relación entre un neumático nuevo y uno recauchado es de 1/1,5; mientras que en Chile la tendencia es decreciente, siendo el 2016 de 1/0.21, es decir, por cada neumático nuevo hay 0.21 recauchado.

La producción de neumáticos recauchados del sector transporte en 2016 fue de 201.600 unidades, equivalente a 11.673 toneladas (peso promedio de neumático aro 22,5 es de 57,9 kg), sin embargo, la capacidad máxima potencial es de 302.400 unidades, es decir, 17.509 toneladas, pudiendo ampliarse al doble al cabo de dos años, realizando inversiones en infraestructura que no superan los US\$200.000 por planta, con aumento de turnos de trabajo¹⁴⁵.

¹⁴⁴ Véase en: <http://www.transportestrc.cl/intermediacion-de-transporte-de-carga-en-chile.html>

¹⁴⁵ Información proporcionada por Eduardo Acosta, Gerente General ARNEC, agosto 2017.

En cuanto a su distribución regional, existen múltiples plantas de recauchaje desde Arica a Temuco, sin embargo, la infraestructura hoy disponible permite una cobertura in situ hasta la X Región de Los Lagos y parte de la XI Región de Aysén (ver A.2 del capítulo IV).

Tabla 72. Capacidad Regional de Recauchaje de NFU [ton/año]

Regiones	Producción Mensual	Producción Anual	Capacidad Instalada
XV de Arica y Parinacota	17,4	208,4	312,7
I de Tarapacá	46,3	555,8	833,8
II de Antofagasta	52,1	625,3	938,0
III de Atacama	0,0	0,0	0,0
IV de Coquimbo	40,5	486,4	729,5
V de Valparaíso	139,0	1.667,5	2.501,3
XIII Metropolitana	434,3	5.211,0	7.816,5
VII del Maule	40,5	486,4	729,5
VIII del Biobío	144,8	1.737,0	2.605,5
IX de La Araucanía	57,9	694,8	1.042,2
TOTAL	973	11.673	17.509

Fuente: ARNEC, 2017.

Si comparamos la proyección de la generación de NFU del sector transporte de carga y pasajeros con la capacidad actual y potencial de recauchaje hasta el 2022, se observa que la tasa de valorización por esta vía podría alcanzar el 47%, lo cual es una cifra muy significativa, teniendo en cuenta que este tipo de neumáticos representa el 38% en peso de los NFU generados.

En relación al sector minero, la empresa líder en este sector es BAILAC, la cual dispone de cinco plantas ubicadas estratégicamente en Iquique, Antofagasta, Copiapó, Santiago y Concepción con infraestructura de 8 equipos autoclave gigantes y 400 especialistas y técnicos altamente calificados. Las tasas de recauchaje son variables dependiendo del tipo de neumático. En el caso de neumáticos de cargador frontal, aro 57", BAILAC recaucha aproximadamente un tercio de todos los neumáticos que ingresan al país de esta categoría, porque cada recauchaje implica incrementar en un 100% la vida útil del neumático y se pueden recauchar entre tres y cuatro veces. En relación a los neumáticos de motoniveladoras y neumáticos menores, aro 25", se recaucha casi un 70%. Los neumáticos de camiones aro 63" se recauchan en un porcentaje menor porque aún es una técnica nueva que recién se está aplicando en el mercado, sin embargo BAILAC durante el 2016, recauchó aproximadamente 350 de estos neumáticos. En resumen, por efectos del recauchaje en minería, se estima se evita la generación de un 5% en peso de NMFU, aproximadamente 2.500 toneladas/año.

El recauchaje de neumáticos mineros si bien podría aumentar su participación, las políticas particulares de seguridad y medio ambiente de cada compañía minera se basan en estándares bien estudiados de eficiencia y riesgo, por lo tanto las tasas de recauchaje crecerán exclusivamente por la acción de fuertes incentivos económicos que afecten a la industria, como por ejemplo otra crisis de escasez de neumáticos como la vivida en el año 2004; o en respuesta a instrumentos de incentivo económico o de regulación que imponga la autoridad.

A continuación un resumen de lo señalado, donde el Escenario Base (2016) de recauchaje se proyecta hasta el año 2027, con las cifras actuales y potenciales sin la instalación de nuevas plantas, sólo ajustes menores de infraestructura y ajuste de turnos del personal operativo.

Tabla 73. Proyección de la Capacidad Potencial de Recauchaje de NFU y NMFU [ton/año]

Variable Crítica: Recauchaje NFU y NMFU	2016 (Base)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad Potencial NFU	11.674	11.674	17.509	26.263	35.018	35.018	35.018	35.018	35.018	35.018	35.018	35.018
Capacidad Potencial NMFU	2.500	2.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Generación NFU+NMFU	145.055	147.594	152.391	157.724	162.850	168.225	173.776	179.511	185.434	191.554	197.875	204.405
Valorización Potencial por Recauchaje	10%	10%	16%	21%	26%	25%	24%	24%	23%	22%	21%	21%

Fuente: Elaboración propia en base a cifras de ARNEC, agosto 2017.

Por otra parte, si el crecimiento del mercado hiciera necesario la construcción de nuevas plantas de recauchaje para el sector transporte en el mediano plazo, la inversión promedio estimada para una planta nueva con una producción de 800 neumáticos/mes, alcanzaría un monto aproximado de US\$1.5 millones¹⁴⁶.

En el caso del recauchaje minero, si BAILAC u otra empresa requiriera instalar una nueva planta con capacidad de 8 neumáticos gigantes/día, debería invertir unos US\$4 millones en galpones y maquinaria¹⁴⁷.

Capacidad de Reciclaje

En relación a la alternativa de valorización vía reciclaje, la situación actual es que POLAMBIENTE recicla 8.000 ton/año de NFU del sector transporte, entregando parte de su producción de gránulo a Cementos Melón (651 ton/año) quien lo valoriza energéticamente en sus hornos. Sin embargo, POLAMBIENTE tiene una capacidad potencial actual de 15.000 toneladas/año sólo con incremento en los turnos de producción. De la caracterización del mercado se desprende que el 100% de la capacidad

¹⁴⁶ Información proporcionada por Eduardo Acosta, Gerente General ARNEC, agosto 2017.

¹⁴⁷ Información proporcionada por Eduardo Bailac, Gerente Recauchajes BAILAC, octubre 2017.

de reciclaje de NFU del transporte se ubica en la Región Metropolitana, específicamente en Lampa, comuna donde se ubica la planta de POLAMBIENTE.

En relación al sector minero, BAILAC es la única empresa que recicla NMFU transformando en gránulo y polvo los neumáticos gigantes de este sector. En la actualidad tiene una producción de 960 ton/año, pudiendo ser su capacidad potencial de 1.920 ton/año sin inversiones adicionales.

En virtud de lo anterior, su capacidad actual y potencial es la siguiente:

Tabla 74. Proyección de la Capacidad Potencial de Reciclaje de NFU y NMFU

Variable Crítica: Reciclaje NFU y NMFU	2016 (Base)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad Potencial Reciclaje NFU	7.349	7.349	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Capacidad Potencial Reciclaje NMFU	960	960	1.920	1.920	1.920	1.920	1.920	1.920	1.920	1.920	1.920	1.920
Generación NFU+NMFU	145.055	147.594	152.391	157.724	162.850	168.225	173.776	179.511	185.434	191.554	197.875	204.405
Valorización Potencial por Reciclaje	6%	6%	11%	11%	10%	10%	10%	9%	9%	9%	9%	8%

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad de Valorización Energética

En relación a la proyección de la valorización energética, tal como se señaló en el punto A.2 del capítulo IV, Cementos Melón tiene autorizada la combustión de hasta 15.616 ton/año de NFU en sus procesos industriales, aun cuando en la actualidad apenas hace uso del 6% de esa cifra (651 ton/año). Por lo tanto, para efectos de proyectar la capacidad potencial existente, se considerará el total autorizado a la cementera.

Por otra parte, el ingreso al mercado chileno de tecnología de pirólisis para valorización energética de neumáticos a través de la empresa KONA Fuel, ofrece una alternativa que a final del 2017 alcanzará las 20 ton/día, la cual se duplicará con la instalación de una nueva planta en San Fernando a mediados del 2018.

Tabla 75. Proyección de la Capacidad Potencial de Valorización Energética de NFU y NMFU [ton/año]

Variable Crítica: Valorización Energética NFU y NMFU	2016 (Base)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad Potencial Cementeras	651	651	15.616	15.616	15.616	15.616	15.616	15.616	15.616	15.616	15.616	15.616
Capacidad Potencial Pirólisis	0	3.600	10.900	14.600	14.600	14.600	14.600	14.600	14.600	14.600	14.600	14.600
Generación NFU+NMFU	145.055	147.594	152.391	157.724	162.850	168.225	173.776	179.511	185.434	191.554	197.875	204.405
Valorización Potencial por Valorización Energética	0,4%	3%	17%	19%	19%	18%	17%	17%	16%	16%	15%	15%

Fuente: Elaboración propia en base a información de mercado.

Por lo tanto, considerando la proyección de la generación de residuos de neumáticos, NFU y NMFU, y las capacidades potenciales de valorización basadas en la capacidad instalada actual, la tasa global de valorización podría ser la siguiente al cabo de 10 años de implementada la REP:

Tabla 76. Proyección de la Generación y la Capacidad Potencial de Valorización, año 2027

ESCENARIO POTENCIAL (AÑO 2027)	TIPO	Generación Bruta	Reutilización Directa	Prep. Reutilización (Recauchaje)	Reciclaje (polvo y gránulo)	Valorización Energética	VALORIZACIÓN Total
		[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
TOTAL PAÍS	NFU	113.444	100	35.018	15.000	15.616	65.734
	NMFU	60.332	0	7.500	1.920	14.600	24.020
	TOTAL	173.776	100	42.518	16.920	30.216	89.754
	TOTAL						

Fuente: Elaboración propia.

En función de los resultados de la Tabla anterior, es posible observar que existe en la actualidad la infraestructura necesaria para abordar un escenario de mayor recolección y valorización que podría alcanzar hasta el 52% de la generación bruta, versus el 16% que alcanza hoy (Escenario Base, año 2016).

No obstante lo anterior, para que la valorización alcance este nivel no sólo basta que técnicamente sea posible sino que debe ser necesario, y para ello debe desarrollarse en paralelo, una demanda sostenible por los productos derivados de los procesos de valorización, esto es neumáticos recauchados, gránulo y polvo de caucho y pyro-oil.

Finalmente, cualquier meta de valorización que supere este 52% exigirá niveles de inversión privada que involucre la construcción de nuevas plantas valorizadoras de NFU o NMFU.

B. SISTEMAS DE GESTIÓN DE BATERÍAS FUERA DE USO

Los Sistemas de Gestión de BFU cuentan con una importante ventaja respecto de los otros residuos, puesto que a nivel nacional, ya existe un completo sistema de recolección, transporte, acopio y valorización de BFU provenientes de talleres mecánicos, servitecas, venta de repuestos, grandes cadenas de retail y complejos industriales.

Para efectos de modelar los futuros Sistemas de Gestión de Baterías Fuera de Uso en función de distintas metas que pueda fijar la Autoridad, se identificarán las Variables Críticas para la recolección y valorización de estos residuos.

Los actores formales en la cadena económica de una batería, antes de convertirse en residuo, son los productores (fabricantes e importadores), distribuidores/comercializadores y finalmente el usuario de la batería que luego de finalizada su vida útil, la reemplaza generando un residuo. Si el origen de la batería fue un vehículo de transporte, la BFU normalmente es capturada por un taller mecánico o serviteca, centralizando su localización. Si el usuario de la batería fue un vehículo industrial (a tracción), normalmente quien las recolecta son las que empresas que realizan la mantención de estos vehículos y que luego las venden a empresas como RECIMAT o ECOVALOR, especializadas en su compra y retiro a domicilio. Si la BFU proviene de un equipo industrial (de tipo estacionaria), ocurre algo similar que con las de tracción, son retiradas a domicilio por empresas que las compran por kilo o gestionadas por las empresas de mantención industriales quienes a su vez las venden a estas empresas.

Tal como se observa, los Sistemas de Gestión de baterías vehiculares e industriales presentan diferencias importantes que son abordadas por los Sistemas de Gestión actuales y que deberán ser perfeccionados por los futuros. Estas diferencias tienen que ver con el carácter centralizado que presenta la generación de baterías vehiculares además de la frecuencia de generación, su tamaño y peso, que va en el rango de los 2 kilos para motos, 8 a 17 kilos para vehículos livianos y un promedio de 34 kilos para los vehículos de transporte de pasajeros y carga. Las BFU industriales en cambio, presentan una frecuencia mucho menor de generación puesto que su vida útil varía entre los 12 y los 20 años; mientras que su peso presenta un rango de variación que va entre los 8 y los 170 kg.

Las empresas que se encargan de su compra y retiro in situ, las transportan a lugares de acopio temporal hasta consolidar carga suficiente para venderlas por kilo a grandes empresa gestoras de recolección y transporte que consolidan volumen para su envío a RAM en Calama, única planta en Chile con autorización de reciclar plomo.

En virtud de lo anterior, y a pesar de las diferencias entre las BFU vehiculares e industriales, los parámetros, las variables críticas y variables independientes de los Sistemas de Gestión respectivos son las mismas, pero con distintos énfasis a la hora de evaluar el impacto de estas variables sobre los escenarios alternativos.

Los parámetros son:

- Metas (impone distintas configuraciones de infraestructura para una misma meta, dando origen a distintos escenarios)
- Instrumentos de Incentivo (Regulación/Económicos/Persuasión para modificar la orientación de productores y/o generadores)
- PIB (condiciona la proyección en la generación de residuos y por ende impacta en los Sistemas de Gestión futuros según sea la meta).

Las variables críticas identificadas son:

- Generación bruta BFU vehicular e industrial
- Capacidad de Transporte y Acopio temporal
- Capacidad de Preparación para la Reutilización dentro del Área Óptima de Gestión.
- Capacidad de Reciclaje en el Área Óptima de Gestión.
- Capacidad de Valorización Energética en el Área Óptima de Gestión.
- Ecotasa determinada por cada Sistema de Gestión para financiar los sistemas de recolección y valorización deficitarios en términos privados. Esta ecotasa debiera ser de carácter variable, permitiendo el desarrollo sostenible del mercado de recolección y valorización, en sintonía con el incremento gradual de las metas establecidas por la Autoridad.

Las variables independientes son:

- Costos de Recolección y Transporte (dependiente del precio del diésel, de los salarios, etc.)
- Precio del petróleo (afecta el costo del transporte)
- Precio de la energía (afecta los costos operacionales de la infraestructura de valorización)
- Precio del CO₂ equivalente (afecta la valorización del impacto ambiental de las diversas opciones de valorización)
- Precio del plomo reciclado
- Precio del plomo virgen
- Precio del pellet de polipropileno reciclado
- Precio del polipropileno virgen

1. Parámetros y Variables Críticas del Escenario Base BFU

En función de la identificación de los Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión futuros para las baterías fuera de uso, se define como Escenario Base el correspondiente al año 2016, el cual se caracteriza por la generación de BFU de ese año y la infraestructura actual de recolección y valorización, antes de la implementación de la REP.

Los Parámetros del Escenario Base (año 2016) son los siguientes:

Tabla 77. Parámetros Escenario Base BFU, año 2016

Tipo de Residuo	PIB	META	Instrumentos de Incentivos Escenario Base		
			Regulación	Económico	Disuasión
BFUV	1,6%	0,0%	Normativa clara con débil fiscalización	No hay	No hay
BFUI		0,0%		No hay	No hay

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla a continuación refleja las Variables Críticas asociadas al Escenario Base, en función de dichos Parámetros:

Tabla 78. Escenario Base de BFU en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0

ESCENARIO BASE (2016)	TIPO	GENERACIÓN BRUTA	Prep. Reutilización (Regeneración)	Reciclaje (plomo)	Valorización Energética	RECOLECCIÓN FORMAL	VALORIZACIÓN
		[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
TOTAL PAÍS	BFU Vehicular	23.749	0	25.920	0	25.920	25.920
	BFU Minería	2.446	0	(*)	0		
	BFU Industrial	10.972	0	2.880	0	2.880	2.880
	TOTAL	37.167	0	28.800	0	28.800	28.800
TOTAL						77%	77%

(*) La cifra de reciclaje vehicular incluye una proporción no determinada de BFU que RAM contabiliza como vehicular porque pertenecen a camiones de uso minero (arranque o tracción), pero no estacionarias que es lo que las distingue como Industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de establecer la dimensión geográfica del Escenario Base, se presenta la distribución de la generación de residuos y la capacidad de valorización en cada región del país. La distribución de las BFU de tipo vehicular se distribuyen de acuerdo al parque automotriz, las de origen minero se distribuyen de acuerdo a la localización de las faenas mineras y su producción de TMF, mientras que las de tipo industrial se distribuyen

arbitrariamente entre los tres principales polos industriales del país, Región Metropolitana (50%), VIII Región (30%) y V Región (20%), por falta de información precisa al respecto.

Tabla 79. Escenario Base BFU Regional en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0

ESCENARIO BASE (2016)	CATEGORÍA	GENERACIÓN BRUTA	Prep. Reutilización (Regeneración)	Reciclaje (plomo)	Valorización Energética	VALORIZACIÓN	
		[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[%]
I de Tarapacá	BFU (V)	555	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	107	s/l	0	0	0	0%
II de Antofagasta	BFU (V)	855	0	25.920	0	25.920	3031%
	BFU (I+M)	557	s/l	2.880	0	2.880	517%
III de Atacama	BFU (V)	517	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	1.537	s/l	0	0	0	0%
IV de Coquimbo	BFU (V)	996	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	104	s/l	0	0	0	0%
V de Valparaíso	BFU (V)	2.405	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	2.279	s/l	0	0	0	0%
VI de O'Higgins	BFU (V)	1.342	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	126	s/l	0	0	0	0%
VII del Maule	BFU (V)	1.651	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	66	s/l	0	0	0	0%
VIII del Biobío	BFU (V)	2.609	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	3.374	s/l	0	0	0	0%
IX de La Araucanía	BFU (V)	1.123	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	42	s/l	0	0	0	0%
X de Los Lagos	BFU (V)	1.105	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	37	s/l	0	0	0	0%
XI de Aysén	BFU (V)	192	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	4	s/l	0	0	0	0%
XII de Magall. y Antártica	BFU (V)	317	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	13	s/l	0	0	0	0%
XIII Metropolitana	BFU (V)	8.757	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	5.676	s/l	0	0	0	0%
XIV de Los Ríos	BFU (V)	452	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	19	s/l	0	0	0	0%
XV de Arica y Parinacota	BFU (V)	341	0	0	0	0	0%
	BFU (I+M)	9	s/l	0	0	0	0%
Total País	BFU (V)	23.217	0	25.920	0	25.920	112%
	BFU (I+M)	13.950	s/l	2.880	0	2.880	21%
	TOTAL BFU	37.167	0	28.800	0	28.800	77%

Fuente: Elaboración propia.

2. Proyección de Variables Críticas para Sistemas de Gestión BFU Futuros

En base a la estimación del PIB del Banco Central, se proyecta la generación actual de BFU por un período de diez años. Esta proyección del Escenario Base tiene por objeto determinar el status de las Variables Críticas en un escenario sin implementación de la REP, evaluando sus costos y beneficios.

Posteriormente, se evaluarán los costos y beneficios de Escenarios alternativos al Escenario Base, post implementación de la REP, con la posibilidad de simular metas parciales de valorización, que se cumplen al cabo de cada quinquenio, coincidiendo con el plazo de cinco años establecido por la Autoridad para la revisión de metas.

Generación de BFU

En virtud de lo anterior, se proyecta la generación actual de BFU hasta el año 2022, considerando que el año 2018 se implementaría la REP, para efectos de analizar la disponibilidad actual y potencial de infraestructura de valorización, la cual es una variable crítica de los Sistemas Futuros de Gestión que debe ser prevista para efectos del cumplimiento de metas.

Tabla 80. Proyección Generación BFU [ton/año]

Origen BFU	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Autos y camionetas	18.964	19.296	19.923	20.621	21.291	21.993	22.719	23.469	24.243	25.044	25.870	26.724
Camión y buses	4.253	4.327	4.468	4.624	4.774	4.932	5.095	5.263	5.437	5.616	5.801	5.993
Vehículos Agrícolas y Otros	532	541	559	579	597	617	638	659	680	703	726	750
Minería	2.446	2.489	2.570	2.660	2.746	2.837	2.930	3.027	3.127	3.230	3.337	3.447
Industrial	10.972	11.164	11.527	11.930	12.318	12.725	13.144	13.578	14.026	14.489	14.967	15.461
Generación Total BFU	37.167	37.818	39.047	40.413	41.727	43.104	44.526	45.996	47.513	49.081	50.701	52.374

Fuente: Elaboración propia y proyección en base al PIB e IPOM del Banco Central.

En base a la identificación de las variables críticas para los Sistemas de Gestión que deberán operar en el futuro, se plantea una proyección de las mismas en un escenario potencial, en donde se expone su capacidad máxima de asimilación de demanda. Cualquier escenario que supere la capacidad potencial de procesamiento del mercado, obligará a invertir en mayor infraestructura con impacto en los costos privados.

Capacidad de Transporte y Acopio Temporal

Respecto a la Variable Crítica asociada a la capacidad de Transporte se asume que existe disponibilidad suficiente para asumir cualquier escenario que se evalúe, puesto que según lo señalado por estudios del sector, en virtud de las grandes distancias que deben recorrer los

vehículos a lo largo de la geografía de Chile, sólo aquellos que logran consolidar carga, es decir, transportar para diferentes clientes en el mismo viaje, logran rentabilizar su negocio¹⁴⁸.

Esto ocurre porque deben recorrer grandes trechos, sobre todo de retorno, con un buen porcentaje de su capacidad de carga disponible¹⁴⁹, lo que permite suponer que en la medida que crezca el país, este sector crecerá junto con la generación de residuos y el transporte de éstos será una oportunidad para los pequeños y medianos transportistas de rentabilizar su negocio.

Por otra parte, de acuerdo a un estudio del Colegio de Ingenieros la oferta de servicios en esta industria se encuentra fuertemente atomizada, siendo más de 39.000 los proveedores de servicios, con un promedio de flota de 2,8 vehículos por proveedor. En la industria se distinguen claramente dos grandes grupos de operadores, aquellos con un nivel de formalidad, estructura y organización administrativa que se puede caracterizar como empresa, que serían unas 800 en el país (aprox. un 2% del total), pero que representarían más del 50% del volumen de negocios y más del 60% del empleo del sector. El 98% restante de los proveedores de transporte por carretera, unos 38.200, son pequeños y micro operadores, llamados dueños de camiones o camioneros.

Este estudio también señala la necesidad de un sistema logístico integral, puesto que uno de los principales problemas que afectan al sector, es la baja tasa de utilización de los camiones, ya sea por transitar vacíos en parte de los servicios, o por ser utilizados como bodega, dada la baja eficiencia de los terminales de recogidas y entregas de mercancías¹⁵⁰.

En relación a la capacidad de acopio temporal, también se asume como disponible en cualquier escenario que se evalúe, puesto que se trata de residuos valiosos que en la actualidad ya se valorizan en una alta proporción (85%). En virtud de lo anterior y del interés de los gestores por recolectar y valorizar este residuo, se estima que la práctica actual de acopio temporal en los distintos talleres y servitecas a lo largo de todo el país, se mantendrá y evolucionará junto con el crecimiento del país y los residuos, para absorber su generación. Estos residuos son retirados con la frecuencia requerida por cada lugar de acopio, según su propia capacidad disponible para ser transportados a los Centros de Acopio de RECIMAT en cualquiera de sus locaciones en Calama, Santiago, Concepción o Puerto Montt, punto donde se consolida la carga y se transporta a la Planta Valorizadora de RAM en Calama.

No existe diferencia en el acopio y transporte de BFU Vehicular e Industrial, por cuanto lo que único que las diferencia es el tamaño y el peso, sin que estas diferencias sean tales que implique una logística diferente como ocurre en el caso de los neumáticos.

¹⁴⁸ Ministerio Transporte y Telecomunicaciones, “Análisis de Costos y Competitividad de Modos de Transporte Terrestre de Carga Interurbana”, 2011, Op.Cit.

¹⁴⁹ Véase en: <http://www.transportestrc.cl/intermediacion-de-transporte-de-carga-en-chile.html>

¹⁵⁰ Colegio de Ingenieros de Chile, “Transporte 2016”, Junio de 2016. Véase en: <http://www.ingenieros.cl/wp-content/uploads/2016/08/AQUI4.pdf>

Capacidad de Preparación para la Reutilización

En relación a la alternativa de Preparación para la Reutilización, la Regeneración de baterías industriales, la única planta que desarrollaba este proceso en Chile, llamada Ruta Andina con tecnología canadiense, dejó de operar. Sin embargo, en el año 2010 su capacidad de producción era de 300 ton/año, lo que equivalía a menos del 1% de la generación anual, por lo tanto no se considerará como una opción de valorización en los escenarios futuros a evaluar por su falta de desarrollo en el país.

Capacidad de Reciclaje

En relación a la alternativa de valorización vía reciclaje, la situación actual es que la única Planta autorizada a reciclar baterías en Chile es RAM, ubicada en Calama, tiene una capacidad de 49.476 toneladas/año¹⁵¹, en razón de lo cual excede en un 33% la generación del Escenario Base, siendo necesario recién en el año 2026, una nueva planta de reciclaje de plomo o la ampliación de la existente, tal como se muestra en la Tabla a continuación.

Tabla 81. Proyección de la Capacidad Potencial de Reciclaje

Variable Crítica: Reciclaje BFU	2016 (Base)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad Potencial Reciclaje BFU	49.476	49.476	49.476	49.476	49.476	49.476	49.476	49.476	49.476	49.476	49.476	49.476
Generación BFU	37.167	37.818	39.047	40.413	41.727	43.104	44.526	45.996	47.513	49.081	50.701	52.374
Valorización Potencial por Reciclaje	133%	131%	127%	122%	119%	115%	111%	108%	104%	101%	98%	94%

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad de Valorización Energética

Este tipo de valorización no aplica en el caso de las Baterías Fuera de Uso.

Por lo tanto, considerando la proyección de la generación de residuos de BFU, tanto vehicular como industrial, y la capacidad potencial de valorización en base a la infraestructura actual, la tasa global de valorización podría ser la siguiente:

¹⁵¹ Resolución Exenta N° 8862 de 18/12/2015 de la SEREMI de Salud de Antofagasta

Tabla 82. Proyección de Generación y Capacidad Potencial de Valorización BFU, año 2027

ESCENARIO POTENCIAL (AÑO 2027)	TIPO	Generación Bruta	Reciclaje
TOTAL PAÍS	BFU	52.374	49.476
	TOTAL VALORIZACIÓN		94%

Fuente: Elaboración propia.

En función de los resultados de las Tablas anteriores, es posible observar que existe en la actualidad la infraestructura suficiente para abordar un escenario de mayor recolección y valorización hasta el año 2025, generándose un déficit el 2026 y que 2027 alcanzaría el 6%.

C. SISTEMA DE GESTIÓN DE ACEITE LUBRICANTE USADO

Los actores formales en la cadena económica del aceite lubricante son los productores (importadores), distribuidores/comercializadores y finalmente el consumidor del aceite lubricante que al momento de reemplazarlo por haber cumplido su vida útil, genera ALU.

Cuando el ALU proviene del sector vehicular, por lo general se deposita temporalmente en un taller mecánico o lubricentro. Si proviene de la industria o minería, se deposita temporalmente en lugares de acopio de la propia planta hasta que se solita su retiro.

De todo el volumen de ALU generado, poco más del 40% tiene destino final desconocido, lo que equivale a 52.660 m³ de un residuo tóxico peligroso.

En relación con los Sistemas de Gestión que deberán desarrollarse para garantizar su manejo, los ALU presentan como característica su homogeneidad, facilitando su gestión, puesto que todos los aceites lubricantes usados pueden mezclarse sin afectar de manera crítica los procesos a los que serán sometidos. Sin embargo, una clasificación en origen respecto del grado de contaminación, permite obtener productos de mayor calidad minimizando los costos de tratamiento.

En virtud de lo anterior, se señalan a continuación, los parámetros y variables críticas de los Sistemas de Gestión de ALU futuros.

Los parámetros son:

- Metas (impone distintas configuraciones de infraestructura para una misma meta, dando origen a distintos escenarios)
- Instrumentos de Incentivo (Regulación/Económicos/Persuasión para modificar la orientación de productores y/o generadores)
- PIB (condiciona la proyección en la generación de residuos y por ende impacta en los Sistemas de Gestión futuros según sea la meta).

Las variables críticas identificadas son:

- Generación ALU.
- Capacidad de Transporte y Acopio temporal
- Capacidad de Reciclaje en el Área Óptima de Gestión.
- Capacidad de Valorización Energética en el Área Óptima de Gestión.
- Ecotasa determinada por cada Sistema de Gestión para financiar los sistemas de recolección y valorización deficitarios en términos privados. Esta ecotasa debiera ser de carácter variable, permitiendo el desarrollo sostenible del mercado de recolección y valorización, en sintonía con el incremento gradual de las metas establecidas por la Autoridad.

Las variables independientes son:

- Costos de Recolección y Transporte
- Precio del petróleo (afecta costo de transporte y de productos derivados, etc.)
- Precio de la energía (afecta costos operacionales de infraestructura de valorización)
- Precio del CO2 equivalente (afecta el impacto ambiental de las diversas opciones de valorización)
- Precio las materias primas recicladas
- Precio de las materias primas vírgenes
- Precio del Aceite Lubricante virgen

1. Parámetros y Variables Críticas del Escenario Base ALU

En función de la identificación de los Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión futuros para los aceites lubricantes usados, se define como Año Base el año 2016, el cual será la referencia respecto de la generación y la infraestructura de recolección y valorización, antes de la implementación de la REP.

Los Parámetros del Año Base (2016) son los siguientes:

Tabla 83. Parámetros Escenario Base ALU, año 2016

Tipo de Residuo	PIB	META	Instrumentos de Incentivos		
			Escenario Base		
			Regulación	Económico	Disuasión
ALU	1,6%	0,0%	Normativa clara	No hay	No hay

La Tabla a continuación refleja las Variables Críticas asociadas al Año Base, en función de dichos Parámetros:

Tabla 84. Valorización de ALU Año Base, en función de Variables Críticas, Ecotasa = \$0

AÑO BASE (2016)	ORIGEN	Generación	Reciclaje		Valorización Energética		Recolección Formal	Total Valorización
			Aceite Lubricante	Aceite Cadenillas, Impregnantes	Producción de CAL, MDO	Uso Directo como Combustible		
TOTAL PAÍS	ALU Vehicular e Industrial	104.912	3.600	2.510	22.381	48.305	76.796	76.796
	ALU Minero	24.545						
	TOTAL ALU	129.456	3.600	2.510	22.381	48.305	76.796	76.796
	TOTAL							59,3%

Fuente: Elaboración propia

Para efectos de establecer la dimensión geográfica del Escenario Base, se presenta la distribución de la generación de residuos y la capacidad de valorización estimada en cada región del país.

Tabla 85. Escenario Base Regional ALU, en función de Variables Críticas,, Ecotasa = \$0

ESCENARIO BASE (2016)	ORIGEN	GENERACIÓN BRUTA	RE-Refinación	Reciclaje (CAL, MDO, impregnante)	Uso Directo como Combustible	VALORIZACIÓN	
		[m3/año]				[m3/año]	[m3/año]
I de Tarapacá	ALU Veh/Ind	2.589				0	0%
	ALU Minería	93					
II de Antofagasta	ALU Veh/Ind	4.161			48.305	48.305	1161%
	ALU Minería	2.666					
III de Atacama	ALU Veh/Ind	2.553				0	0%
	ALU Minería	21.581					
IV de Coquimbo	ALU Veh/Ind	4.428				0	0%
	ALU Minería	71					
V de Valparaíso	ALU Veh/Ind	10.786		7.973		7.973	74%
	ALU Minería	24					
VI de O'Higgins	ALU Veh/Ind	6.189				0	0%
	ALU Minería	65					
VII del Maule	ALU Veh/Ind	7.504				0	0%
	ALU Minería	0					
VIII del Biobío	ALU Veh/Ind	11.746				0	0%
	ALU Minería	0					
IX de La Araucanía	ALU Veh/Ind	4.991				0	0%
	ALU Minería						
X de Los Lagos	ALU Veh/Ind	5.056				0	0%
	ALU Minería						
XI de Aysén	ALU Veh/Ind	835				0	0%
	ALU Minería	0					
XII de Magall. y Antártica	ALU Veh/Ind	1.493				0	0%
	ALU Minería	0					
XIII Metropolitana	ALU Veh/Ind	38.879	6.110	14.408		20.518	53%
	ALU Minería	45					
XIV de Los Ríos	ALU Veh/Ind	2.079				0	0%
	ALU Minería	0					
XV de Arica y Parinacota	ALU Veh/Ind	1.621				0	0%
	ALU Minería	0					
Total País	TOTAL ALUV	129.456	6.110	22.381	48.305	76.796	59,3%

Fuente: Elaboración propia

2. Proyección de Variables Críticas para Sistemas de Gestión Futuros

En base a la estimación del PIB del Banco Central, se proyecta la generación actual de ALU por un período de diez años. Esta proyección del Escenario Base tiene por objeto determinar el estatus de las Variables Críticas en un escenario sin implementación de la REP, evaluando sus costos y beneficios.

Posteriormente, se evaluarán los costos y beneficios de Escenarios alternativos al Escenario Base, post implementación de la REP, con la posibilidad de simular metas parciales de valorización, que se cumplen al cabo de cada quinquenio, coincidiendo con el plazo de cinco años establecido por la Autoridad para la revisión de metas.

Generación de ALU

En virtud de lo anterior, se proyecta la generación actual hasta el año 2027, suponiendo que la REP se implemente en 2018, para efectos de analizar la disponibilidad actual y potencial de infraestructura de valorización de ALU, la cual es una variable crítica de los Sistemas de Gestión futuros que debe ser prevista para efectos del cumplimiento de metas.

Tabla 86. Proyección Generación ALU [m3/año]

Origen ALU	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Autos y camionetas	50.162	51.040	52.699	54.543	56.316	58.174	60.094	62.077	64.126	66.242	68.428	70.686
Camiones y buses	21.109	21.479	22.177	22.953	23.699	24.481	25.289	26.123	26.986	27.876	28.796	29.746
Sector Agrícola, Forestal	1.958,3	1.993	2.057	2.129	2.199	2.271	2.346	2.423	2.503	2.586	2.671	2.759
Sector Minero	24.545	24.974	25.786	26.688	27.556	28.465	29.404	30.375	31.377	32.413	33.482	34.587
Sector Industrial	31.682	32.236	33.284	34.449	35.569	36.742	37.955	39.207	40.501	41.838	43.218	44.645
Generación Total	129.456	131.722	136.003	140.763	145.338	150.134	155.088	160.206	165.493	170.954	176.596	182.423

Fuente: Elaboración propia y proyección en base al PIB e IPOM del Banco Central.

En base a la identificación de las variables críticas para los Sistemas de Gestión que deberán operar en el futuro, se plantea una proyección de las mismas en un escenario potencial, en donde se expone su capacidad máxima de asimilación de demanda. Cualquier escenario que supere la capacidad potencial de procesamiento del mercado, obligará a invertir en mayor infraestructura con impacto en los costos privados.

Capacidad de Transporte y Acopio Temporal

Respecto a la Variable Crítica asociada a la capacidad de Transporte se asume que existe disponibilidad suficiente para asumir cualquier escenario que se evalúe, puesto que según lo señalado por estudios del sector, en virtud de las grandes distancias que deben recorrer los

vehículos a lo largo de la geografía de Chile, sólo aquellos que logran consolidar carga, es decir, transportar para diferentes clientes en el mismo viaje, logran rentabilizar su negocio.

Esto ocurre porque deben recorrer grandes trechos, sobre todo de retorno, con un buen porcentaje de su capacidad de carga disponible¹⁵², lo que permite suponer que en la medida que crezca el país y la generación de ALU, este sector verá fortalecida su capacidad de consolidar carga sobre todo para el traslado de carga en distancias mayores, siendo una oportunidad para los pequeños y medianos empresarios del rubro.

Por otra parte, de acuerdo a un estudio del Colegio de Ingenieros, tal como se señaló en el punto B.2 de este mismo capítulo, existe una baja tasa de utilización de carga en los camiones, ya sea por transitar vacíos en parte de los servicios, o por ser utilizados como bodega, dada la baja eficiencia de los terminales de recogidas y entregas de mercancías¹⁵³.

En relación a la capacidad de acopio temporal, también se asume como disponible en cualquier escenario que se evalúe, puesto que se trata de residuos peligrosos que en la actualidad, de igual forma se generan y almacenan de manera temporal en los distintos talleres, servitecas y bodegas de plantas industriales a lo largo de todo el país. Estos residuos son retirados con la frecuencia requerida, según la propia capacidad disponible de los generadores. La única diferencia será que luego de la implementación de la REP, los ALU en vez de ser transportados a lugares de eliminación desconocidos, serán transportados a las empresas valorizadoras correspondientes.

Capacidad de Preparación para la Reutilización

En el caso del ALU, no aplica esta modalidad de valorización.

Capacidad de Reciclaje

El reciclaje de ALU corresponde al proceso de re-refinación que permite obtener un aceite lubricante de las mismas o mejores características de la mezcla de ALU original. En la actualidad, la única empresa que re-refina en Chile es FuturOil, con capacidad de procesamiento de 3.600 m³/año¹⁵⁴, pero con capacidad instalada para producir 8.000 m³/año aproximadamente.

En virtud de lo anterior, la capacidad actual y potencial de reciclaje de ALU por re-refinación es la siguiente:

¹⁵² Op.Cit. Véase en: <http://www.transportestrc.cl/intermediacion-de-transporte-de-carga-en-chile.html>

¹⁵³ Colegio de Ingenieros de Chile, “Transporte 2016”, Op.Cit.

¹⁵⁴ <http://www.futuroil.cl/empresa-2/empresa/>. Revisada en octubre 2017.

Tabla 87. Proyección de la Capacidad Potencial de Reciclaje de ALU [m3/año]

Variable Crítica: Reciclaje ALU	2016 (Base)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad Potencial Re-Refinación (aceite lubricante)	3.600	3.600	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Capacidad Potencial Producción Aceite cadenillas, impregnante madera	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510
Generación ALU	129.456	131.722	136.003	140.763	145.338	150.134	155.088	160.206	165.493	170.954	176.596	182.423
Valorización Potencial por Reciclaje	2,8%	2,7%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	4%

Fuente: Elaboración propia en base a cifras de mercado.

Capacidad de Valorización Energética

En el caso de la Valorización Energética de ALU se pueden distinguir tres tipos, aquella que tienen asociada previamente un proceso de purificación para su uso en plantas industriales con caldera, la que se realiza directamente en hornos cementeros y la fabricación de explosivos del tipo agente de tronadura, utilizado en faenas mineras en reemplazo del petróleo diésel N° 2¹⁵⁶.

Por su elevada capacidad calorífica, el aceite usado es uno de los residuos con mayor potencial para ser empleado como combustible alternativo. Un metro cúbico de aceite usado contiene un valor energético de 40.000 KJ o 9.500 Kcal.

Para el proceso de purificación del ALU, tal como se describió en el punto C.2 del capítulo V, existen varias tecnologías a partir de las cuales se obtienen distintos productos para diferentes aplicaciones.

La situación actual es que la mayor empresa valorizadora con este tipo de procesos es Bravo Energy con 40.000 ton/año, equivalente a 45.558 m³. De este volumen, existe una parte que se valoriza como CAL, MDO y otros productos derivados y otra parte que se envía a valorización energética directa a plantas cementeras.

Las otras plantas que participan de este negocio con volúmenes relevantes en el mercado son CROWAN, 10.000 ton/año equivalente a 11.390 m³/año¹⁵⁷ de aceites ALU, sentinas sludge oils, etc. Polite Oil y otros de menor tamaño, aun cuando para estos últimos no fue posible conocer su volumen de producción. Entre todas ellas el volumen de valorización actual alcanza la 22.381 m³/año, mientras que su capacidad potencial

¹⁵⁶ECOING-MMA, “Evaluación de Impactos Económicos, Ambientales y Sociales de la Implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor en Chile”, 2010.

¹⁵⁷ www.anir.cl/sector/aceite. Revisada en octubre 2017.

actual podría incrementarse en 10.000 m³ adicionales, sólo con infraestructura existente y sin modificar turnos de trabajo.

Sin embargo, la capacidad potencial autorizada para uso de combustible alternativo en plantas industriales, no cementeras, es de 97.844 toneladas, lo que representa el 76% de la generación de ALU estimada para el año 2016¹⁵⁸, lo que da cuenta que existiría demanda insatisfecha.

Sin embargo, el principal destino de los ALU al ser utilizados como combustibles son los hornos de cemento. Estos hornos tienen varias características que los convierten en instalaciones ideales donde los aceites pueden ser valorados sin riesgo. El uso de este combustible alternativo no genera incrementos significativos de las emisiones de partículas, o componentes orgánicos como ácido clorhídrico u otros contaminantes. La alta temperatura en estos hornos, hasta 2.000°C por un tiempo de 6 a 8 segundos, asegura la transformación de todos los compuestos combustibles en sustancias no peligrosas.

En relación a la proyección de la valorización energética, existe gran potencial de valorización en este sector, puesto que considerando sólo dos de las tres plantas cementeras existentes en Chile, la capacidad autorizada alcanzaba el año 2015 las 113.850 toneladas y sólo se co-procesaron 48.305 toneladas aproximadamente en 2016, es decir, apenas un 42% del potencial autorizado en esas instalaciones¹⁵⁹.

Tabla 88. Proyección de la Capacidad Potencial de Valorización Energética ALU [m³/año]

Variable Crítica: Valorización Energética ALU	2016 (Base)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad Potencial Re-Refinación (aceite lubricante)	3.600	3.600	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Capacidad Potencial Producción Aceite cadenillas, impregnante madera	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510
Capacidad Potencial Producción CAL,MDO	22.381	22.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381
Capacidad Potencial Uso Directo como Combustible	48.305	48.305	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850
Generación ALU	129.456	131.722	136.003	140.763	145.338	150.134	155.088	160.206	165.493	170.954	176.596	182.423
Valorización Potencial por Valorización Energética	59,3%	58%	115%	111%	108%	104%	101%	98%	95%	92%	89%	86%

Fuente: Elaboración propia en base a cifras de mercado.

Por lo tanto, considerando la proyección de la generación de residuos de aceites lubricantes y las capacidades potenciales de valorización en base a la infraestructura actual, la tasa global de valorización al cabo de 10 años sin realizar inversiones mayores, podría ser la siguiente:

¹⁵⁸ ECOBAUS, “Diagnóstico Sectorial Aceites Lubricantes”, 2016.

¹⁵⁹ Ibid.

Tabla 89. Proyección Generación y Capacidad Potencial de Valorización ALU, año 2027

ESCENARIO POTENCIAL (AÑO 2027)	Generación Bruta	Reciclaje		Valorización Energética		VALORIZACIÓN Total
		Aceite Lubricante	Aceite Cadenilla, Impregnante madera	Uso Directo (Cementeras)	Combustible Alternativo (CAL,MDO)	
TOTAL PAÍS	182.423	8.000	2.510	113.850	32.381	156.741
	TOTAL					86%

Fuente: Elaboración propia.

En función de los resultados de la Tabla anterior, que están basados en la información disponible a la fecha, es posible señalar que la capacidad actual y potencial existente permite valorizar hasta un 86% de la generación de ALU en un plazo de 10 años, sin necesidad de hacer inversiones, sólo haciendo uso de la capacidad instalada y autorizada, como es el caso de las cementeras que no usan más ALU como combustible porque hoy en día no es posible asegurar un flujo contante que garantice estabilidad en sus procesos.

VIII. METODOLOGÍA GENERAL DE APLICACIÓN DE UN AGIES A METAS REP PARA ALU, BFU Y NFU

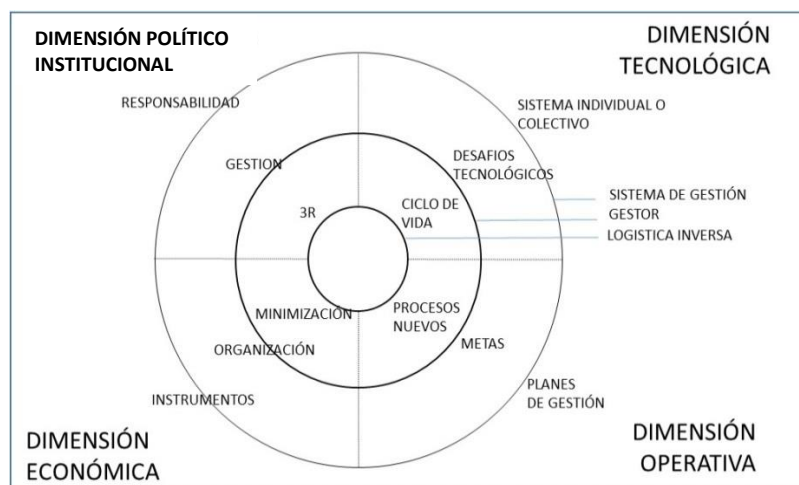
El estado del arte de las evaluaciones de Programas REP en el mundo forma parte de una investigación de dos décadas que la OECD ha venido realizando. Las primeras iniciativas surgen a mediados de los 90' asociadas a sistematizar las nuevas normativas emergentes (ej.: Envases y Embalajes en Alemania) en relación una forma nueva de enfrentar el tema de la gestión de residuos por medio de extender la responsabilidad a los productores obligando a la implementación de sistemas de logística inversa (sistemas *take-back*) para desviar los residuos de su disposición.

Los sistemas REP tienen por objetivo cubrir parcial o totalmente los costos netos de la gestión de los residuos de productos prioritarios, esto es, los costos de recolección y tratamiento menos los ingresos procedentes de la venta de los materiales recuperados, así como los costos de administración, información y de comunicación en relación con el funcionamiento de los Sistemas de Gestión. Para algunas corrientes de residuos, las operaciones se autofinancian, lo que significa que los ingresos por ventas de los materiales de reciclaje cubren totalmente los costos de recogida, transporte y tratamiento.

La sistematización de experiencias muestra que las soluciones son contextuales, es decir, dependen caso a caso de diversos factores que se mueven en dimensiones distintas pero que deben funcionar de manera armónica entre sí. Aparentemente, no existe un esquema REP “único” o “general” a aplicar, sin embargo, la investigación sobre la evaluación de estos esquemas muestran ciertos aspectos comunes en las implementaciones efectivas en el mundo.

Los aspectos comunes corresponden a la dimensión tecnológica asociada a los requerimientos de infraestructura y equipamiento para la implementación de las cadenas de logística inversa y valorización. La dimensión económica, en relación a los distintos tipos de instrumentos posibles de incorporar para apoyar el desempeño de los Sistemas de Gestión (ej.: ecotasa) y que en algunos casos puede condicionar el desempeño de los gestores. La dimensión político-institucional en relación a la nueva figura del productor y su responsabilidad en la gestión de los residuos asociados a los productos que coloca en el mercado. Finalmente, la dimensión operativa, que traduce todo lo anterior en Planes de Gestión que serán evaluados por la Autoridad en función del cumplimiento de las metas fijadas.

Figura 45. Dimensiones del contexto de la Ley REP



3R: Reducir- Reutilizar- Reciclar

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el ciclo completo de un proceso de implementación de un esquema REP debe observarse desde la etapa actual de evaluación ex ante en base a un AGIES para la evaluación de potenciales metas, y cómo éstas van condicionando los Planes de Gestión que permitan finalmente la implementación exitosa del proceso.

En este contexto de implementación de la Ley REP, el objetivo de esta etapa del estudio es desarrollar una propuesta metodológica para la evaluación económica y social de metas de recolección y valorización de neumáticos, baterías y aceites lubricantes, lo cual se llevará a cabo a través de la realización de un AGIES para cada uno de dichos residuos.

De acuerdo al documento de la OCDE, “Analytical Framework for Evaluating the Costs and Benefits of EPR Programmes”, ya citado, se establecen las cuatro etapas a considerar en el análisis general:

- a. **Definición de Alcance** (contextualización del problema) basado en la definición de un escenario base, el que debe ser establecido como referencia de la evaluación. Para los tres PP, el Escenario Base o referencial es el escenario actual en términos de infraestructura y sistemas productivos en operación.
- b. **Identificación de costos y beneficios** que puedan ser identificados, tanto para el escenario referencial como para los escenarios alternativos que se proyecten.
- c. **Cuantificación de costos y beneficios**, el que será realizado utilizando la herramienta Análisis Costo Beneficio (ACB). Un ACB sirve para comparar los costos y los beneficios de ejecutar programas o políticas, intentando identificar, cuantificar y valorizar todos los impactos. Conceptualmente el ACB se utiliza para priorizar alternativas según el beneficio neto social atribuible a cada una de ellas.

Los costos deben referirse a los costos económicos totales relacionados con la pérdida de bienestar debido a la implementación de cada alternativa. Esto implica la inclusión de costos directos, de financiamiento, de operación y administración de las medidas adicionales.

Los beneficios se refieren a los aumentos de bienestar producto de la implementación de las metas de recolección y valorización de ALU, BFU y ALU, en este caso.

Al respecto, es importante considerar que los efectos de estas medidas pueden generar fluctuaciones en los valores de mercado como también en otros aspectos que no son de mercado¹⁶¹.

- d. **Determinación de alternativa** más beneficiosa para la sociedad, el Beneficio Social Neto, lo que corresponde a una síntesis del análisis realizado.

El objetivo es analizar el ajuste de los parámetros y variables críticas requeridas para el diseño de una matriz de evaluación ad-hoc a cada caso y que permita establecer los beneficios netos sociales de cada alternativa.

En lo que sigue se explica la heurística que surge de la sistematización del proceso realizado y que se establece a través del siguiente cuadro, donde se sintetizan sus resultados en atención a las diversas fases metodológicas genéricas que se han utilizado en consideración a la referencia OCDE señalada.

¹⁶¹ MMA, “Guía Metodológica Para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire”, 2015.

Figura 46. Etapas de Desarrollo de un AGIES para ALU, BFU y NFU

Fase	Características de cada Fase	Metodología	Información requerida
Definición del alcance	<p>Se define en el contexto de un problema de mercado y de la capacidad del sistema actual para alcanzar una determinada meta de recolección-transporte y valorización.</p> <p>Esto permite entender las opciones de desarrollo tecnológico y por lo tanto el desarrollo y proyección de los posibles escenarios futuros.</p>	<p>Establecimiento de línea de base y su proyección: los antecedentes entregados en los capítulos anteriores permiten entender la configuración actual en el que se da la generación de residuos de cada uno de los PP y su proyección en el tiempo.</p> <p>Establecimiento de escenarios: para el desarrollo de este punto, se ha utilizado como criterio la generación de escenarios, definiendo los parámetros y variables críticas de cada escenario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generación de residuos • Alternativas de Valorización: <ul style="list-style-type: none"> - preparación para la reutilización - reciclaje - valorización energética. 	<p>Definición de Alcance</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Definir el alcance geográfico y temporal: <ul style="list-style-type: none"> • Definir cuáles son los límites geográficos del análisis • Definir el alcance temporal: Horizonte de tiempo, Periodo o resolución de análisis b. Definir los contaminantes a considerar c. Identificar los tipos de fuentes generadoras d. Identificar la población y/o receptores afectados e. Definir los efectos a considerar: salud, otros f. Definir los escenarios de análisis <p>Caracterización del Residuo</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Definir Categorías b. Caracterización de Fuentes Generadoras <ul style="list-style-type: none"> • Estimar el factor de generación • Calcular la generación de cada fuente para el periodo de análisis. • Proyección Generación período de análisis <p>Identificación y Caracterización de Parámetros y Variables Críticas para Definición de Escenarios</p> <p>Se identifican y caracterizan los Parámetros o supra variables que condicionan a las variables críticas que condicionan los Sistemas de Gestión para la definición del Escenario Base o referencial y la parametrización de los escenarios alternativos.</p>

<p>Identificación de costos y beneficios</p> <p>Cuantificación de costos y beneficios</p> <p>Evaluación de las alternativas</p>	<p>Considerando escenarios definidos en base a las alternativas tecnológicas existentes, se identifican los impactos y los beneficios y costos de su realización.</p> <p>La matriz de valorización de costos normalmente considera una planilla Excel con los parámetros y variables críticas de cada escenario.</p>	<p>Beneficios: generación, recolección, transporte y valorización</p> <p>Costos: generación, recolección, transporte y valorización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Precios sociales • Tasa de descuento social 	<ol style="list-style-type: none"> a. Identificar los impactos asociados a los contaminantes a evaluar. b. Cuantificar el cambio de incidencia de los impactos producto de la reducción de la generación de residuos. <ul style="list-style-type: none"> Los Impactos a analizar son de tres tipos: <ul style="list-style-type: none"> • Impacto Ambiental • Impacto Social • Impacto Económico c. Valorización de los impactos producto de la aplicación de metas de recolección y valorización de residuos <ul style="list-style-type: none"> • Calcular costos Estimar los costos de implementar las medidas. • Calcular los Beneficios <ul style="list-style-type: none"> - Valorizar socialmente los impactos en términos monetarios. - Agregar los beneficios asociados a los diferentes impactos evaluados. d. Análisis Económico <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar la tasa de descuento que se utilizará para los flujos futuros (tasa social). • Agregar el beneficio social. • Agregar los costos. • Calcular los indicadores de rentabilidad social. • Realizar un análisis de sensibilidad en parámetros relevantes.
--	--	--	---

En resumen, la aplicación de esta herramienta permitirá:

- Estimar los costos y beneficios que tiene para la sociedad la aplicación de distintas metas para la recolección y valorización de los residuos de PP objeto de este estudio, en función de la identificación y parametrización de variables críticas.
- Lo anterior implica la identificación, cuantificación y valorización de externalidades asociadas a cada escenario.

Para efectos de evaluar los impactos económicos, ambientales y sociales de la aplicación de las metas de recolección y valorización, se deben considerar los aspectos económicos más relevantes y los impactos ambientales asociados. Esto es:

- Para efectos de simplificación del modelo, asumiremos que las metas de recolección serán idénticas a las de valorización, es decir, no se acumulará stock a la espera de ser valorizado, sino que se evaluará un avance gradual de aplicación de metas que permita que todo aquello que se recolecte sea valorizado, en virtud de la aplicación de estrategias de desarrollo de los Sistemas de Gestión presentada en el Capítulo VII. Este supuesto se sustenta en las altas tasas de actuales de valorización de las BFU y el ALU que, además por tratarse de RESPEL, no pueden ser almacenados por más de 6 meses. Por otra parte, al ser residuos con valor intrínseco, lo cual se verá potenciado con la implementación de la REP, no se estima necesario independizar las metas puesto que existe un incentivo explícito por valorizar y vender. El acopio de estos residuos sin valorizar no tiene sentido económico, pues el mercado tiene capacidad ociosa de procesamiento.

Una situación diferente ocurre con los NFU puesto que no existe en la actualidad demanda por los productos provenientes de su valorización. Sin embargo, acopiarlos a la espera de que esta demanda crezca, podría ocasionar riesgos innecesarios puesto que una gran cantidad de NFU almacenados es un foco activo de vectores de todo tipo y de incendios inextinguibles, como el caso del incendio en 2016 en la ciudad de Seseña en España, a 50 km de Madrid, generando una nube tóxica que obligó la evacuación de 9.000 personas y demoró más de una semana en poder extinguirlo. Es más, sin ir tan lejos, un incendio de grandes proporciones ocurrió en los vertederos autorizados de NMFU de la Mina Los Bronces de Anglo American en Chile durante el 2014.

Finalmente, este Consultor no recomienda esta opción pues, si no existe capacidad de valorización que aporte beneficios concretos de tipo económico, social y ambiental, claramente esta opción tendrá una relación B/C muy negativa que estimamos no vale la pena modelar.

- Si a consecuencia de la aplicación de las medidas se recuperan residuos potencialmente valorizables que hoy desaparecen en destinos desconocidos, las cuales pueden ser incorporados a nuevos procesos productivos como materia prima secundaria o valorizados energéticamente.
- Si se ahorra energía y materias primas vírgenes en forma directa por valorización de residuos e indirectamente a través de la elaboración de nuevos productos con materias primas recicladas.
- La reducción de los gases de efecto invernadero en forma directa por disminución de quema de residuos e indirecta por la producción de nuevos productos con materiales reciclados.

Si se reduce una serie de otros impactos ambientales, como los asociados a microbasurales, proliferación de vectores, riesgo de incendios, impacto a suelo, aguas, paisaje, vegetación y fauna, olores, humos tóxicos asociado a la quema indebida y riesgos a la salud de las personas.

D. METODOLOGÍA GENERAL PARA APLICACIÓN DE UN AGIES PARA ALU, BFU Y NFU

1. Definición del alcance

a. Alcance geográfico y temporal

Alcance Geográfico:

Se debe definir el alcance geográfico del análisis y con qué nivel de detalle se requiere la información, a nivel regional y/o comunal. Esto determinará el nivel de información requerido en el Escenario Base y en la proyección de los Escenarios Futuros a evaluar.

Alcance temporal:

Se debe definir el período de análisis temporal, es decir, a cuántos años plazo se realizará el análisis. Para esta definición se debe tener en cuenta el plazo establecido por la Autoridad para la revisión de metas. Se recomienda aplicar un AGIES cada vez que se realice una revisión de metas, puesto que de esa manera se trabaja sobre datos de generación y proyección de residuos más cercanos a la realidad, incorporando cada vez las mejoras tecnológicas de cada período de análisis, que pudieran tener un cambio sustantivo en las proyecciones originales.

El Alcance Temporal en este caso serán diez años, con períodos de evaluación parcial de cinco años, de acuerdo a lo establecido en la ley para la revisión de metas REP.

Identificación de contaminantes

Se deben identificar la composición del residuo y sus elementos contaminantes. También se deben señalar las características que hacen que esos elementos o compuestos representen un problema al ser descargados o depositados sin control en el medio ambiente.

b. Tipos de fuentes generadoras

Se identifica el tipo de fuente que genera el residuo:

TIPO	EJEMPLO
Fijas	Sector Industrial/Minero
Móviles	Vehicular/Marítimo
Difusas	Quemas incontroladas, vertimiento al alcantarillado

c. Población y/o receptores afectados

Se deben identificar los receptores del medio ambiente que son directamente afectados por la acción y agente de daño. Estos receptores corresponden a los componentes específicos del medio ambiente que se ordenan según su nivel de organización biológica (NOB) y corresponden a población, comunidad, ecosistema¹⁶⁴ y paisaje. Los niveles superiores incluyen a los inferiores debido a que los sistemas biológicos muestran una estructura jerárquica anidada, donde un conjunto de elementos o entidades en un determinado nivel conforman un elemento del nivel superior¹⁶⁵.

Figura 47. Componentes del Medio Ambiente según NOB

Nivel de Organización Biológica (NOB)	Receptores Afectados
Poblaciones (Abundancia del nº de individuos, biomasa, cobertura, etc.); estructura de edades y sexos; diversidad y composición genética)	Organismos
Comunidades (Abundancia comunitaria; composición y diversidad taxonómica de especies, de rasgos y filogenética; abundancia/presencia de especies clave, endémicas, exóticas o amenazadas.	Flora Fauna
Ecosistemas (Número y diversidad de fuentes y reservorios de materia y energía; composición y diversidad de la biota; abundancia/presencia de especies clave e ingenieras)	Terrestre Acuático
Paisaje (Composición, diversidad y cobertura relativa de tipos de ecosistemas; estado de conservación de los ecosistemas; uso y cobertura del suelo; superficie de áreas con figura de protección)	Hábitat Relieve (Geomorfología) Cuencas (Hidrología)

Fuente: GreenLabUC, “Manual para la Valoración Económica de Medidas de Reparación de Daño Ambiental”, 2016.

¹⁶⁴ Los ecosistemas pueden ser de dos tipos: terrestres (bosques, selvas, sabanas, desiertos, polos, etc.) y acuáticos (comprenden desde un charco hasta los océanos, mares, lagos, lagunas, manglares, arrecifes coralinos, etc.). Revisar MMA, “Propuesta sobre Marco Conceptual, definición y clasificación de servicios ecosistémicos para el Ministerio del Medio Ambiente”, División de Información y Economía Ambiental, 1.0, 1–13, 2014.

¹⁶⁵ GreenLabUC, “Manual para la Valoración Económica de Medidas de Reparación de Daño Ambiental”, 2016.

d. Efectos a considerar

Se debe describir y ejemplificar cómo el residuo en estudio tiene efectos sobre la contaminación del aire, del agua y/o del suelo.

- Contaminación del aire
- Contaminación del agua
- Contaminación del suelo

e. Escenarios de Análisis

Los escenarios de análisis que se deben identificar y analizar pueden ser de tipo:

Parámetros. Se relacionan con elementos exógenos, fuera del control de los Sistemas de Gestión, por ejemplo, la fijación de una meta de recolección y valorización por parte de la Autoridad, o la aplicación de instrumentos de incentivo, regulación o persuasión por parte del Estado para apoyar el desarrollo de los mercados que hagan viable el logro de las metas en los plazos previstos.

Variables Críticas. Se relacionan con elementos endógenos, es decir, variables que sí dependen de los Sistemas de Gestión, tales como nuevos eslabonamientos productivos que permitan al mercado abordar nuevos escenarios de recolección y valorización, convenios entre empresas, joint ventures, etc.

2. Caracterización de los Residuos

a. Definición de Categorías de Residuos

Los residuos se deben clasificar según Categorías relevantes para efectos de configurar los Sistemas de Gestión.

Las categorías relevantes dependerán del tipo de gestión que sea adecuada para ellos, y de la compatibilidad que tengan para una gestión común. Por lo tanto, el tipo de fuente generadora es una variable relevante para categorizar un residuo pues define en gran medida el lugar donde se genera, donde se deposita, si existe un lugar común de generación, el tamaño, las características de peligrosidad, etc.

En el caso de los residuos de ALU, BFU o NFU se pueden establecer categorías según tipo de Fuente Generadora y según el tipo de gestión que requiera. También puede estar asociada a lugares comunes de depósito temporal (talleres mecánicos o empresas de mantenimiento) y a características físicas del residuo que condicione su gestión (tamaño, peso, descentralización, etc.)

PP	CATEGORÍA según Origen	
	Categoría 1	Categoría 2
NFU	Sector Transporte (NFU provenientes de vehículos livianos, de transporte de carga y pasajeros e industriales)	Sector Minería (NMFU proveniente de vehículos y maquinaria minera)
BFU	Sector Transporte y Minero (BFU proveniente de vehículos y maquinaria que funcionan con baterías de arranque y de tracción)	Sector Industrial (BFU estacionaria provenientes de maquinaria industrial, generadores eléctricos, equipos médicos, etc.)
ALU	Sector Transporte (ALU proveniente de vehículos)	Sector Industrial y Minero (ALU proveniente de maquinaria industrial y minera)

Fuente: Elaboración propia.

b. Caracterización de cada Fuente Generadora

Factor de Generación por Origen del Residuo

Para efectos de determinar un Factor de Generación del Sector Transporte se utiliza la base de datos del Parque Automotriz que es una Encuesta Anual del INE en función del pago de permisos municipales. Esta encuesta cuantifica y caracteriza los vehículos a nivel regional y hasta comunal, según su tipo y actividad, lo cual permite establecer los factores de generación de residuos correspondientes, a saber:

- Automóviles Livianos (Transporte Particular, Transporte Laboral)
- Vehículos para Transporte de Personas
- Vehículos para Transporte de Carga
- Vehículos Industriales (Agrícolas, Construcción y Otros especializados)

Esta clasificación permite asociar a cada uno de ellos un tipo y cantidad de neumáticos, un tipo de batería y un volumen de aceite lubricante, todo lo cual requiere reemplazo con una frecuencia determinada, dependiendo de variables propias de cada tipo de vehículo y actividad que desarrolla (particular, laboral).

Para efectos de estimar la generación industrial de estos residuos se utilizarán fuentes indirectas que permiten estimar generación a través de balance de masas. El sector industrial al estar constituido por múltiples empresas a lo largo de todo Chile, y de características muy disímiles, hace muy complejo obtener un factor de generación por categoría de empresa, por lo tanto, conociendo la generación total de residuos que, en todos los casos es estimable a partir de las importaciones anuales puesto que todos estos productos provienen casi

íntegramente del extranjero, la generación industrial se estima como un porcentaje de las importaciones totales (valor conocido por los principales actores del mercado) o bien por balance de masa, rebajando de la generación total, la asociada al sector vehicular que se obtuvo a partir de los factores de generación vehicular y minero, según corresponda.

Con el sector minero ocurre algo parecido, calculándose los NFU como un Factor de Generación por TMF producido; para el caso de las BFU como un porcentaje de las importaciones totales; o para el caso de los ALU, realizando un balance de masas entre la generación total y lo generado por el sector vehicular y minero estimado en base a Factores de Generación.

En resumen, los Factores de Generación a utilizar son:

Tabla 90. Factores Generación ALU, Sector Vehicular, Industrial y Minero

Tipo de Vehículo	Volumen ALU/año (considerando pérdida 33,8%)
	[lt/año]
Vehículos Livianos Uso Particular	10,34
Vehículos Livianos Uso Laboral	30,12
Vehículos Transporte Pasajeros	97,91
Vehículos de Transporte de Carga	80,67
Vehículo Agrícola-Forestal (horas)	69,92
Sector Minería	0,0039
Sector Industrial (Balance de Masa)	ALU Industrial = ALU Total - ALU Vehicular - ALU Minería

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91. Factores Generación BFU, Sector Vehicular, Industrial y Minero

Tipo de Vehículo	Factor Generación
	[kg/año]
Vehículos Livianos Uso Particular (Caja 42)	3,50
Vehículos Livianos Uso Particular (Caja 27)	5,67
Vehículos Livianos Uso Laboral (Caja 42)	5,25
Vehículos Livianos Uso Laboral (Caja 27)	8,50
Vehículos Transporte Pasajeros	17,00
Vehículos de Transporte de Carga	17,00
Tractor, vehículos a tracción	19,00
Minería	10,3%
Industrial (estacionaria)	46,2%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 92. Factores Generación NFU, Sector Vehicular, Industrial y Minero

Tipo de Vehículo	Factor NFU Neto POST-RECAUCHAJE	Factor NFU Bruto PRE-RECAUCHAJE
	[kg NFU/año]	[kg NFU/año]
Vehículo Liviano Transporte Particular: Automóvil, SW, camionetas, jeep	6,23	6,23
Vehículo Liviano Transporte Colectivo: Taxis	13,94	13,94
Vehículo Liviano Transporte Colectivo: Furgón, Minibus	17,32	17,32
Vehículos Transporte Pasajeros	223,93	270,60
Vehículos Transporte Carga, Pequeño y Mediano	105,57	130,51
Vehículos Transporte Carga, TractoCamión	523,78	647,50
Vehículos Agrícola, Forestal e Industrial	86,75	86,75
Vehículos y Maquinaria Minera	0,002833	0,002981

Fuente: Elaboración propia.

Estimación de la Generación por Tipo de Fuente

Para los distintos residuos, ALU, BFU y NFU se aplicarán los Factores de Generación correspondientes, tanto para el Sector Transporte, Industrial y Minero.

Proyección de la Generación por Tipo de Fuente

En función de los factores de generación precedentes se estima que la generación de residuos y se proyecta en el plazo definido en el Alcance Temporal, en este caso, diez años, separados por dos períodos de cinco años, que es el período de revisión de metas REP. La proyección de los residuos del sector transporte e industrial, según todos los actores del mercado consultados, tiene una correlación directa con el PIB en ambos casos.

El crecimiento del parque industrial no es relevante para estos efectos, puesto que no sigue la misma tendencia que la generación de residuos, según se explicó en el punto 8 de la letra A del capítulo IV, de este estudio.

La proyección debe llevarse a cabo para todas las fuentes generadoras que se agrupan en las categorías relevantes para efectos de los Sistemas de Gestión.

3. Identificación de Parámetros, Variables Críticas y Variables Independientes

Se identifican los **Parámetros, Variables Críticas y Variables Independientes** que afectan el o los Sistemas de Gestión respectivos, dependiendo del residuo que se trate. Ver detalle de estos conceptos en el capítulo VII.

4. Caracterización de Variables Críticas de los Sistemas de Gestión para ALU, BFU y NFU

La caracterización de las Variables Críticas puede ser a nivel nacional, pero también puede considerar la dimensión geográfica que permita determinar los déficits de infraestructura existentes que debieran ser abordados por los Sistemas de Gestión.

Por lo tanto, la Variable Crítica generación de residuos, que ya fue desarrollada en el acápite anterior, debe considerar la aplicación de Factores de Generación a nivel regional y/o comunal, según sea necesario, aplicando dichos factores al parque automotriz de cada región y/o comuna. Para efectos de este estudio se hará a nivel regional.

Para la caracterización de Variables Críticas asociadas a la infraestructura de gestión disponible, se debe realizar un estudio del mercado de manera de poder determinar la infraestructura actual disponible a nivel regional, esto es, capacidad de recolección-transporte, acopio y valorización, actual y potencial, distinguiendo la infraestructura en:

- **Preparación para la reutilización.** Catastro de empresas en el mercado dedicadas a esta actividad, Identificación, RUT, ubicación geográfica, capacidad productiva actual y potencial, tecnología empleada, productos finales, etc.
- **Reciclaje.** Ídem
- **Valorización Energética.** Ídem.

Finalmente la Variable Crítica asociada a una Ecotasa, es una variable que se debe evaluar una vez concluida la valorización de impactos privados asociados a los distintos escenarios a evaluar. Si el beneficio neto privado es deficitario, debiera estudiarse el monto de una ecotasa que logre revertir esta situación, financiando las operaciones necesarias para hacer viable económicamente el sistema de manera de poder cumplir las metas impuestas por la Autoridad. Si el beneficio neto es positivo, la aplicación de una ecotasa no se justifica, puesto que significa que el valor intrínseco de los residuos valorizados, es capaz de financiar la cadena completa de gestión, resultando rentable para los gestores dedicados a esta actividad en la actualidad.

En este último caso, imponer una ecotasa sólo resultaría perjudicial para los consumidores quienes deberían soportar un alza en los precios de manera injustificada, puesto que el sistema estaría financiado sin este monto extra, el cual de aplicarse, sólo iría en beneficio de los productores.

De aquí también podría desprenderse que el monto de una ecotasa debiera determinarse por cada Sistema de Gestión de forma independiente, a modo de generar competencia entre Sistemas que hagan eficiente la gestión de cada uno para competir vía precio frente a los consumidores.

5. Definición de Escenarios

Escenario Base

El Escenario Base estará definido por la caracterización y proyección de las Variables Críticas a partir del año base o referencial, esto es, antes de la aplicación de la política pública a evaluar, en este caso las Metas REP. Se debe recordar que las Variables Críticas son la generación de residuos, y la infraestructura de recolección y transporte, acopio y valorización de los mismos.

Por lo tanto, al aplicar los Factores de Generación a la última Encuesta Anual del Parque Automotriz del INE, permite estimar la generación de ALU, BFU y NFU del sector transporte, asociado al Año Base. Para determinar la generación industrial y minera, se aplican los factores respectivos de igual forma.

Una vez determinada la generación de residuos del Año Base, se proyecta la generación durante todo el período definido en el Alcance Temporal, es decir diez años, de manera de configurar el Escenario Base que permitirá compararlo con Escenarios Alternativos posibles, post implementación de la ley REP.

Es importante destacar que los valores de generación que se deben considerar corresponden a la Generación Bruta, es decir, previa a cualquier proceso de valorización, como lo es el recauchaje en los neumáticos o la regeneración en las baterías industriales, puesto que son procesos que evitan que se genere el residuo, actuando justo cuando concluye la vida útil del producto pero antes de convertirse en residuo, es decir, pasando directamente a un proceso de Preparación para la Reutilización, que permite duplicar y hasta triplicar su vida útil. Por lo tanto, la Generación Bruta debe considerar, además de los residuos efectivamente generados a través de los Factores de Generación, los residuos evitados producto de un proceso de valorización previa (recauchaje, por ejemplo).

En relación con la proyección de la infraestructura de acopio, transporte y valorización, se procede de igual forma, caracterizando el Año Base y proyectando a diez años en función de su capacidad potencial instalada, sin necesidad de incurrir en inversiones significativas.

Escenarios Alternativos

En función de las distintas opciones de valorización y las distintas metas que pudieran evaluarse, se plantean los escenarios alternativos en base a los Parámetros y Variables Críticas identificadas.

Los escenarios pueden ser múltiples para efectos de una misma meta, dependiendo de donde se ponga el énfasis para el logro de la misma, por ejemplo, en prevención del residuo a través de incentivar mayor participación de los procesos de Preparación para la Reutilización (recauchaje, por ejemplo) o través de mayor reciclaje, o bien a través de mayor Valorización Energética. Cualquiera de estas tres Variables Críticas de los Sistemas de Gestión son conducentes en distintas combinaciones al logro de una meta dada, pero cada una de ellas tiene un impacto diferente. La valorización de estos impactos mediante un Análisis Costo Beneficio es lo que permitirá visualizar aquel escenario-meta con mejor Beneficio Neto Social.

6. Impactos asociados a los Escenarios de Análisis

La identificación y caracterización de los impactos permitirá identificar, cuantificar y valorizar las alteraciones (impactos ambientales) de las acciones asociadas al Escenario Base versus los Escenarios Alternativos originados a partir de la imposición de Metas por parte de la Autoridad. Estas Metas obligarán a los Sistemas de Gestión a movilizar recursos y gestionar una determinada cantidad de residuos que permita dar cumplimiento a las metas.

El impacto del Escenario Base y el de los Escenarios potenciales debe identificarse, cuantificarse y posteriormente valorizarse para efectos de poder evaluar cuál es aquél con mayor razón Beneficio/Costo.

Los Impactos a analizar son de tres tipos:

- Impacto Ambiental
- Impacto Social
- Impacto Económico

Impactos Ambientales

Los impactos ambientales pueden ser de compleja valoración pues existen muchas variables a considerar, sin embargo, para los efectos de esta metodología se considerará los siguientes:

- Reducción indirecta en la emisión de los Gases Efecto Invernadero al producir desde materiales reciclados [ton CO₂ equivalente]. Esta variable ambiental representa el impacto local y global en el medio ambiente que una determinada acción genera respecto de otra.
- Recuperación de materias primas [toneladas]
- Ahorro indirecto de energía al producir un producto a partir de materias primas recicladas [GJ/ton]
- Impactos positivos no cuantificables (reducción de vertederos ilegales, reducción de los impactos en agua, suelo o aire, flora, fauna, paisaje, riesgos a la salud.
- Impactos negativos no cuantificables.

Impacto Social

Los diferentes escenarios evaluados pueden tener efectos sociales de creación de nuevas fuentes de trabajo o pérdida de las mismas, por ejemplo si se deciden optar con una clase de valorización u otra, la decisión de exportar residuos dejando sin materia prima a una empresa o a la industria nacional, etc.

En este ámbito además existen otros impactos difíciles de valorizar, tales como el cambio de mentalidad y hábitos del consumidor al verse incentivados a elegir productos eco-etiquetados, a realizar el reemplazo de su aceite lubricante, batería o neumáticos en un servicentro en convenio con empresas valorizadoras, por ejemplo.

Estos cambios en la cultura ciudadana, para que avancen con la rapidez requerida, deben ser impulsados por la Autoridad a través de programas de difusión que permitan instalar esta conciencia ambiental en la comunidad.

Otros impactos relevantes en el ámbito de lo social es la mejora en la **calidad de vida de las personas** y de **desarrollo local**, dada la ampliación de la cadena de valor para los

residuos y la disminución del depósito ilegal de estos residuos al ecosistema, la imagen país, etc.

Los impactos negativos de una política de este tipo se pueden describir desde su aspecto socioeconómico tal como los costos en difusión y capacitación ambiental, dependencia del mercado de materiales recuperados, riesgos financieros de nuevas inversiones, etc.

Impacto Económico

El impacto económico de cada meta está asociado a las inversiones necesarias del sector para cubrir los respectivos aumentos de demanda por los servicios requeridos para satisfacer una mayor valorización, los costos en los que deberá incurrir el gestor en transportar, acopiar y valorizar las toneladas de residuos adicionales requeridos para cumplir las metas respectivas.

Por otra parte, también se considera el impacto económico de la recuperación de materias primas provenientes del reciclaje, así como también los beneficios económicos asociados al ahorro de energía, de combustible, en emisiones de CO₂ (colaborando así con el logro de las metas comprometidas por Chile) y los beneficios asociados al mayor empleo que el crecimiento de la industria de la valorización generaría.

Otro impacto económico valorizable es el aporte al PIB de este crecimiento industria, sin embargo, no se estimará para efectos de este estudio, puesto que aun cuando se cuenta con algunos antecedentes como el Valor Presente de los excedentes privados y sociales que esta actividad de mayor valorización generaría, se carece de otros necesarios para establecer esta cifra.

7. Análisis Económico

La valorización de los impactos recién señalados permite realizar un análisis económico objetivo de cada Escenario en relación con el Escenario Base, comparando el Beneficio Neto Social de las distintas combinaciones de alternativas de valorización, cada una de ellas orientada al logro de las metas de recolección y valorización.

Los supuestos de la evaluación son:

- Al consumidor (generador de residuos) no se le cobra por recibir sus residuos (art. 33, N°2 de la ley N°20.920).
- El distribuidor/comercializador debe entregar sin costo al Sistema de Gestión los residuos recibidos de los consumidores residuos (art. 33, N°3 de la ley N°20.920).
- La evaluación es de tipo marginal, es decir, sólo se consideran y valorizan los impactos nuevos respecto del Escenario Base o Referencial, tanto en capacidad de acopio, recolección-transporte y valorización.

- Sólo se consideran nuevas inversiones en infraestructura cuando las plantas existentes no tienen suficiente capacidad potencial para valorizar los residuos necesarios para dar cumplimiento de las metas en el plazo de evaluación planteado.

Cabe destacar que la elección de los impactos a valorizar depende por una parte, de si son susceptibles de cuantificar físicamente y por otra, si tienen mercados operando y por lo tanto, precios de compraventa. Desde un punto de vista metodológico es también importante señalar que teniendo en cuenta la limitación que representa la posibilidad de estimar todos los costos o beneficios basados en un número restringido de impactos, existe la posibilidad de realizar un análisis de costo-efectividad que obvia dichas limitaciones por la vía de comparar los costos de las alternativas a evaluar considerando que todas ellas llegan a un mismo resultado y, por lo tanto, tienen los mismos beneficios. Así, es posible ordenar las alternativas en función de sus costos decidiendo por aquella de menor costo (tomando de todos modos en cuenta las consideraciones cualitativas existentes por el lado de los beneficios).

Dado que en este caso se trata de evaluar alternativas de metas de valorización y, por definición, de evaluar alternativas que tienen resultados diferentes, se hace prácticamente indispensable la incorporación de beneficios cuantificables. Los beneficios identificados, de carácter global y socialmente relevantes, como la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) y los ahorros en el consumo de energía y combustibles, por su importancia presente, constituyen indicadores significativos para efectos de evaluación.

Como beneficios de carácter privado, también se ha identificado e incorporado al análisis la recuperación de materiales (caucho y acero) y su incorporación a las cadenas de creación de valor que, de lo contrario se desecharían depositados en lugares – con toda seguridad – inadecuados.

Dado que existen actividades de valorización que se supone crecen al ritmo del crecimiento del PIB (en ausencia de políticas y metas asociadas a la Ley REP), es importante estimar los impactos identificados para la situación del escenario base ya que, luego, en la evaluación de metas alternativas, se debe considerar los impactos netos asociados a dichas metas.

Para efectos de valorizar los impactos y determinar los indicadores de rentabilidad social y la relación Beneficio/Costo (B/C) de cada escenario propuesto, los parámetros base utilizados serán los siguientes:

Tabla 93. Precios Sociales para Valorización de Impactos

PRECIOS SOCIALES			
CO2	Precio Social del CO2 (GEI)	CLP/ton	21.687
DIVISA, Dólar Norteamericano	Tipo de Cambio social	CLP/USD	674
DIESEL	Precio Social del Petróleo Diesel	CLP/Lt	319
NEGRO DE HUMO	Precio Social del Negro de Humo	CLP/ton NEGRO DE HUMO	539.178
		CLP/ton NFU pirolizado	65.887
CAUCHO GRANULADO	Precio Social del caucho granulado	CLP/ton CAUCHO	206.142
		CLP/ton NFU recidado	94.825
ACERO RECICLADO	Precio Social del Acero recidado	CLP/ton ACERO	111.660
		CLP/ton NFU recidado	18.965
TASA DE INTERES	Tasa Social de Descuento	%	6,00
ENERGIA	Precio de la Energía Eléctrica	CLP/kWh	112
	Precio de la Energía (Fuerza)	CLP/Gj	31.211
TRABAJO HUMANO (Precio Social)	Remuneración trabajador calificado	CLP/trabajador año	36.946.000
	Remuneración trabajador semi-calificaado	CLP/trabajador año	8.166.800
	Remuneración trabajador no calificado	CLP/trabajador año	3.875.000

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los parámetros anteriores, se debe obtener el Beneficio Social Neto de cada Escenario-Meta a evaluar, considerando que cada uno puede implicar montos de Inversión para hacer frente a un mayor volumen de valorización de residuos, generando Costos adicionales para la gestión de ese mayor volumen y generando Beneficios asociados a la valorización de esos residuos.

Para efectos de esta evaluación se utilizarán los Precios Sociales determinados por el Ministerio de Desarrollo Social.

Por lo tanto, el flujo a construir está constituido por los siguientes ítems:

FLUJO

INVERSION

Inversión, al inicio del proyecto y las reinversiones que sean necesarias a lo largo del período de evaluación

Depreciación. En general se aplica depreciación lineal en función de la vida útil de la inversión.

Valor residual de la inversión, en función del período de evaluación.

COSTOS OPERACIONALES (marginales, Escenario-Meta evaluado versus Escenario Base)

Transporte adicional

Acopio adicional

Costo valorización adicional por mayor volumen (preparación para la reutilización, reciclaje, valorización energética)

Pérdida de empleos por exportación de residuos más allá del Escenario Base, existiendo capacidad instalada de valorización.

BENEFICIOS por concepto de:

Recuperación Materias Primas Recicladas

Ahorro de materias primas vírgenes por Valorización de residuos

Ahorro por menor precio de productos provenientes de un proceso de Valorización

Ahorro energía en la obtención de materia prima reciclada versus materia prima virgen

Ahorro huella carbono por elaboración de productos en base a materias primas recicladas versus vírgenes

Generación de empleos por mayor valorización de residuos en relación con Escenario Base

Este flujo se proyecta a un plazo de 10 años o al plazo que sea pertinente de acuerdo al escenario evaluado, con el objeto de obtener el Valor Actual Neto del Beneficio Social.

El Beneficio Social Neto del Escenario evaluado está dado por la diferencia entre el valor actual de los Beneficios netos y el valor actual de la Inversión, es decir,

Beneficio Social Neto

$$= \text{VAN (Beneficios - Costos Operacionales)} - \text{VAN (Inversión Neta)}$$

Donde el VAN de cualquier flujo se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \left(\frac{\text{Flujo Neto período } t}{(1 + \text{tasa social de descuento})^t} \right)$$

Aquel Escenario con mayor Beneficio Social Neto representa el más beneficioso para la sociedad en su conjunto.

Por otra parte, tenemos la Razón Beneficio/Costo que a diferencia del VAN que expresa sus resultados en términos absolutos, este indicador financiero expresa la rentabilidad en términos relativos¹⁶⁹. Dado que este indicador (B/C) deriva del VAN, también requiere la existencia de una tasa de descuento para su cálculo, que en este caso corresponde a la Tasa de Descuento Social.

La fórmula de la relación Beneficio / Costo de un proyecto se expresa de la siguiente forma:

$$B/C = \frac{\text{VAN (Beneficios)}}{\text{VAN (Inversión + Costos Operacionales)}}$$

Este indicador se construye como la razón entre el valor presente de todos los ingresos del proyecto sobre el valor presente de todos los egresos del proyecto, y se utiliza frecuentemente en estudios de proyectos públicos de inversión.

Su interpretación es la siguiente¹⁷⁰:

¹⁶⁹ a) Miranda Miranda, J. J.: “Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera – económica –social –ambiental”. 5ª. ed. Bogotá. MM editores, 2005.

b) SapagChainN., SapagChainR.: “Preparación y Evaluación de Proyectos”. McGraw-Hill, 2000.

c) Nassir Sapag Chain : “Criterios De Evaluacion De Proyectos. Como Medir La Rentabilidad De Las Inversiones”. - Mc Graw Hill, 1993

¹⁷⁰ Ibid

$B/C > I$: los beneficios son superiores a los costos. El proyecto es viable porque genera aportes económicos y sociales a la comunidad independientemente de que el VAN sea negativo o igual a cero porque el impacto de la inversión es social y no toma en cuenta la rentabilidad.

$B/C = I$: los beneficios son iguales a los costos. Es indiferente realizar o no la inversión desde el punto de vista financiero. El proyecto es auto sostenible, concepto que se aplica a los proyectos sociales para que su desarrollo sea ideal.

E. BUENAS PRÁCTICAS EN LA REALIZACIÓN DE UN AGIES

Dado que el ACB es el método más completo y preferido para la elaboración de un AGIES, cobra relevancia identificar buenas prácticas para su elaboración de manera de obtener mejores resultados y apoyar la toma de decisiones de forma apropiada. Según Toman y Farrow (1998), las buenas prácticas que se deben considerar para la elaboración de un ACB, se resumen en la siguiente tabla.

Figura 48. Buenas Prácticas en la Elaboración de un AGIES

Problema	Debe estar claro el problema que se desea resolver con la herramienta que se está evaluando
Situación base	La situación o Línea Base debe estar establecida bajo criterios lógicos y consistentes.
Integración	Se debe proveer información clara acerca de los efectos que generan los costos y beneficios, como por ejemplo: casos evitados (salud), toneladas de contaminante abatido, etc. Esto para no sólo publicar los resultados en valores monetarios y aumentar así la transparencia.
Valorización	Los efectos directos e indirectos de los costos y beneficios deben ser valorados extensivamente mediante métodos consistentes.
Equidad	El ACB debe contar con un análisis de equidad para identificar quiénes incurren en costos y perciben los beneficios.
Datos	Es recomendable verificar la consistencia y credibilidad de los datos usados en el análisis.
Incertidumbre	Un ACB debe contar con un análisis de incertidumbre. La incertidumbre puede ser enfrentada mediante un análisis de sensibilidad.
Descuento	Debe existir lógica y consistencia en el descuento de costos y beneficios.
Comunicación	Presentar los resultados bajo un formato estándar (indicadores y tablas) de manera transparente.

Fuente: Greenlab (2012a) a partir de Toman y Farrow (1998).

IX. DETALLE DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

En base a la metodología general propuesta, sus etapas constitutivas y los alcances generales descritos, a continuación se propone una metodología de aplicación de un AGIES para los residuos objeto de este estudio, esto es, aceites lubricantes, baterías y neumáticos.

A. APLICACIÓN DE UN AGIES A LOS ALU

Los aceites lubricantes usados son una mezcla muy compleja de productos diversos, siendo clasificados como residuos tóxicos peligrosos.

En la práctica, el aceite usado es un líquido más o menos viscoso de color negro que puede servir de vehículo o medio idóneo para enmascarar, disueltos en él, muchos residuos tóxicos y peligrosos.

Para determinar la peligrosidad de un lubricante, hay que tener en cuenta varios aspectos:

- Biodegradabilidad
- Bioacumulación
- Toxicidad
- Ecotoxicidad
- Emisión de gases
- Degradación química
- Tiempo requerido para ser eliminado del agua

1. Definición del alcance

a. Alcance geográfico y temporal

Límites geográficos del análisis: Todo el país, con división regional.

Alcance temporal: A partir de la dictación de los reglamentos, se establece un período de 10 años, con revisión de metas cada 5 años, según el plazo establecido por la Ley.

b. Identificación de contaminantes

Los aceites lubricantes usados están compuestos fundamentalmente de aceite reutilizable/reciclable y una pequeña proporción de contaminantes, como se aprecia en la siguiente Tabla.

Tabla 94. Composición Porcentual ALU

Elemento	Composición
Aceite	94%
Agua	5%
Otros residuos	1%

Fuente: MMA, “Evaluación de Impactos Económicos, Ambientales y Sociales de la Implementación de la REP en Chile”, 2010.

Un lubricante está compuesto por una mezcla de base mineral o sintética con aditivos que durante su uso se contamina con distintas sustancias, tales como productos orgánicos de oxidación y otros que reduce su calidad. Cuando la cantidad de estos contaminantes es excesiva, el lubricante ya no cumple su función y debe ser reemplazado¹⁷¹.

Los contaminantes pueden ser elementos tales como:

- Agua
- Partículas metálicas ocasionadas por el desgaste de piezas en movimiento y fricción
- Compuestos organometálicos
- Ácidos orgánicos o inorgánicos de la oxidación o del azufre de los combustibles
- Compuestos de azufre
- Restos de aditivos: fenoles, compuestos de cinc, cloro y fósforo
- Compuestos clorados: Disolventes, PCBs y PCTs
- Hidrocarburos polinucleares aromáticos (PNA)

Los PCB's y PCT's provienen de fluidos dieléctricos y fluidos térmicos de seguridad que han venido siendo utilizados en la industria durante muchos años. Algunos de los componentes del aceite usado tienen los siguientes efectos:

Gases que contienen aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos y CO₂, son irritantes y actúan sobre el tejido respiratorio superior, provocando ahogos, asma, bronquitis, efectos mutantes, cáncer.

Elementos como Cloro, NO₂, SH₂, Sb (antimonio), Cr (cromo), Ni (níquel), Cd (cadmio), Mn (manganeso), Cu (cobre) actúan sobre el tejido respiratorio superior y tejido pulmonar.

Otros elementos como CO, disolventes halogenados, SH₂ producen:

¹⁷¹ Depuroil S.A., “Riesgos Medio Ambientales de los Aceites Industriales”. Véase en <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>.

- Efectos asfixiantes, impiden el transporte de oxígeno y por tanto la respiración de la célula.
- Los disolventes halogenados tienen efectos anestésicos y narcóticos se acumulan en el hígado con posibles efectos cancerígenos.

Metales como Pb (plomo), Cd (cadmio), Mn (manganeso), tienen efectos tóxicos sobre el riñón, el cadmio además efectos cancerígenos sobre la próstata y el cromo sobre el pulmón.

Compuestos aromáticos como tolueno, benceno, pueden llegar a provocar leucemias, otros hidrocarburos más ligeros se acumulan en la sangre y podrían llegar a producir parálisis.

c. Clases de fuentes generadoras

- Fijas: Sector Industrial/Minero
- Móviles: Sector Vehicular
- Difusas: N/A

d. Población y/o receptores afectados

En el caso de la disposición inadecuada de ALU, los receptores o componentes potencialmente afectados son el ecosistema terrestre y el acuático. Esta afectación, por ende, tiene impacto en las Comunidades y en las Poblaciones respectivas.

e. Efectos a considerar

Contaminación del aire

La eliminación del aceite usado sin tratar a través de combustión directa o mezclado con fuel-oil, origina graves problemas de contaminación atmosférica, a menos que se adopten severas medidas para depurar los gases resultantes. Los compuestos de cloro, fósforo, azufre, presentes en el aceite usado dan origen a gases de combustión tóxicos que deben ser depurados por vía húmeda.

Si se quema un volumen de 5 litros de aceite usado, solo o con fuel, se contamina un volumen de aire equivalente al que respira un adulto a lo largo de 3 años de su vida. Por tanto, las instalaciones donde se queme aceite usado, deberían estar dotados de un eficaz, pero muy costoso sistema depurador de gases o antes de su combustión deberá someterse al aceite usado a un tratamiento químico de refinado para eliminar previamente sus contaminantes.

Contaminación del agua

Los aceites lubricantes usados contienen hidrocarburos saturados que no son biodegradables, por lo tanto no se disuelven en el agua, formando películas impermeables que impiden el paso del oxígeno y matan la vida tanto en el agua como en tierra, esparciendo productos tóxicos que pueden ser ingeridos por los seres humanos de forma directa o indirecta.

El aceite usado altera notablemente el sabor del agua potable. Según el doctor K. Reimann, del Instituto Biológico Experimental Bavoro de Munich, concentraciones de aceite usado en agua de 1 mg/lt la hacen impropia para el consumo humano. El doctor J. Holluta establece un valor límite de 0,44 mg/l para alterar considerablemente el sabor del agua potable, mientras que el doctor Knorr ha constatado valores inferiores. Sin embargo, todos los sujetos sometidos a un test de prueba, detectaron alteración del sabor para concentraciones de 0,01 mg/lt.

Además, y lo más importante, es el riesgo que significa la ingesta de las sustancias tóxicas contenidas en los aceites usados vertidos en el agua por parte del hombre o los animales. Dichas sustancias tóxicas provienen de los aditivos añadidos al aceite y corresponden a diversos grupos de compuestos tales como: fenoles, aminas aromáticas, terpenos fosfatados y sulfonados di-alquil-ditiofosfato de cinc, detergentes, poliisobutilenos, poliésteres, que durante el uso del aceite a temperaturas elevadas forman peróxidos intermedios que son muy tóxicos.

Contaminación del suelo

Los aceites usados vertidos en suelos producen la destrucción del humus y contaminación de aguas superficiales y subterráneas. La eliminación por vertido de los ALU origina graves problemas de contaminación de suelo, ríos y mares. En efecto, los hidrocarburos saturados que contiene el aceite usado no son degradables biológicamente, recubriendo el suelo de una película impermeable que destruye el humus vegetal, afectando gravemente la fertilidad del suelo.

f. Escenarios de Análisis

Los escenarios a analizar serán del tipo Exógeno pues se relacionan con la fijación de metas producto de la aplicación de la ley REP, lo cual incentivará al mercado a modificar sus estructuras actuales para adaptarse a las nuevas exigencias que impondrá la ley. Esto, junto al diseño y aplicación de instrumentos de incentivo, regulación y persuasión por parte del Estado, apoyarán el desarrollo de los mercados que hagan viable el logro de las metas en los plazos previstos.

En este contexto, se tiene como referencia el Escenario Base correspondiente al año 2016, asumiendo este escenario como representativo de la situación actual, sin implementación de la ley REP. Los escenarios futuros a evaluar corresponden todos a escenarios con ley REP en vigencia con metas de recolección y valorización establecidas.

Para estos efectos, no se evaluarán escenarios de mitigación de impactos ambientales negativos que la inadecuada disposición de ALU pudo haber tenido en el pasado.

2. Caracterización de los ALU

a. Categorías

En virtud de la homogeneidad de su composición, los ALU pueden ser tratados indistintamente sin importar de qué fuente generadora provienen. Sin embargo, se categorizan según su origen sólo por las diferencias de gestión que existen entre el sector transporte que concentra el acopio temporal en talleres y lubricentros; y las plantas industriales y las faenas mineras que requieren una lógica distinta de recolección y transporte, por su dispersión en el caso de la industria o concentración en lugares alejados como es el caso de la minería.

b. Tipos de Fuente Generadora

- Sector Transporte: Vehículos Livianos (citycar, sedán, station wagon, camionetas, etc.), Vehículos de Transporte de Carga y Pasajeros (camiones y buses), Vehículos especializados (agrícolas, forestales, a tracción y otros)
- Sector Minero
- Sector Industrial (industria manufacturera, servicios, generación, termoeléctrico etc.)

c. Caracterización de la Fuente Generadora

- Factor de Generación por Tipo de Fuente.

Los factores de generación del sector automotriz se desarrollaron en el capítulo IV de este Informe y se basan en la generación de ALU por tipo de vehículo y actividad. Las del sector minero se basan en las declaraciones de generación de varias faenas mineras las cuales fueron correlacionadas con las TMF (toneladas métricas de cobre fino), obteniéndose un factor de generación de ALU minero.

No existen factores para estimar la generación de ALU del sector industrial. Sin embargo, la generación global de este sector se obtiene a partir de la diferencia entre la generación total de ALU (todos los sectores) y la generación del sector automotriz y minero, la cual se estima a partir de los factores desarrollados para estos efectos y que se presentan a continuación.

Tabla 95. Factores Generación ALU

Tipo de Vehículo	Unidad	Factor Generación ALU
Vehículos Livianos Uso Particular	lt/año x vehículo	10,34
Vehículos Livianos Uso Laboral	lt/año x vehículo	30,12
Vehículos Transporte Pasajeros	lt/año x vehículo	97,91
Vehículos de Transporte de Carga	lt/año x vehículo	80,67
Vehículo Agrícola-Forestal (horas)	lt/año x vehículo	69,92
Sector Minería	m3/TMF (ton Material Fino)	0,0039
Sector Industrial	Balance de Masa = ALU Total - ALU Vehicular - ALU Minería	

Fuente: Elaboración propia.

- **Generación por Tipo de Fuente y Proyección Período de Análisis**

En función de lo factores de generación precedentes se estima que la generación de ALU y su proyección al año 2029.

Tabla 96. Generación de ALU 2016 y proyección 2017-2027, por Sector [m³/año]

Origen ALU	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Autos y camionetas	50.162	51.040	52.699	54.543	56.316	58.174	60.094	62.077	64.126	66.242	68.428	70.686
Camiones y buses	21.109	21.479	22.177	22.953	23.699	24.481	25.289	26.123	26.986	27.876	28.796	29.746
Sector Agrícola, Forestal	1.958,3	1.993	2.057	2.129	2.199	2.271	2.346	2.423	2.503	2.586	2.671	2.759
Sector Minero	24.545	24.974	25.786	26.688	27.556	28.465	29.404	30.375	31.377	32.413	33.482	34.587
Sector Industrial	31.682	32.236	33.284	34.449	35.569	36.742	37.955	39.207	40.501	41.838	43.218	44.645
Generación Total	129.456	131.722	136.003	140.763	145.338	150.134	155.088	160.206	165.493	170.954	176.596	182.423

Fuente: Elaboración propia. Proyección en base al PIB del Banco Central.

3. Caracterización de Variables Críticas de los Sistemas de Gestión para ALU

La Variable Crítica, Generación de Residuos, que ya fue desarrollada en un acápite anterior, y considera la aplicación de Factores de Generación al Parque Automotriz de cada Región.

Para la caracterización de Variables Críticas asociadas a la infraestructura de gestión disponible, se realizó un estudio del mercado para determinar la infraestructura actual disponible a nivel regional, esto es, capacidad de recolección-transporte, acopio y valorización, actual y potencial, en:

- **Preparación para la reutilización.** Catastro de empresas en el mercado dedicadas a esta actividad, Identificación, RUT, ubicación geográfica, capacidad productiva actual y potencial, tecnología empleada, productos finales, etc.
- **Reciclaje.** Ídem
- **Valorización Energética.** Ídem.

Finalmente la Variable Crítica asociada a una Ecotasa, es una variable que se determinará una vez concluido la valorización de impactos privados asociados a los distintos escenarios a evaluar.

4. Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión de ALU

Los **Parámetros** de los Sistemas de Gestión de ALU son:

- Las Meta fijadas por la Autoridad
- La aplicación de Instrumentos de Incentivo por parte del Gobierno, ya sea de regulación, económicos o de persuasión, para orientar cambios de conductas en el mercado
- El desempeño de la economía expresado en la proyección del PIB por parte del Banco Central, puesto que este indicador exhibe una correlación directa con la generación de los residuos que forman parte de este estudio.

Las **Variables Críticas** de los Sistemas de Gestión de ALU son:

- Generación de ALU
- Infraestructura disponible para acopiar, recolectar y valorizar ALU
- Monto de una ecotasa para financiar los costos adicionales asociados a la recolección y valorización.

5. Definición de Escenarios

Se considera como Año Base el año 2016 que corresponde a la última Encuesta del Parque Automotriz disponible, en base a la cual se estimó la generación de ALU aplicando factores por tipo de vehículo y actividad. La caracterización del mercado actual indica que un 59,3% de la generación de ALU se recolecta y valoriza por gestores autorizados, mientras que el 40,7% restante tendría eliminación ilegal¹⁷², es decir, 158.255 m³, en base a proyección de la demanda realizada por COPEC en 2015, pero en base a las cifras de valorización disponibles en el Diagnóstico Sectorial de 2016 del APL Lubricantes.

Por otra parte, también configuran el Escenario Base las actuales tasas de valorización asociadas al Uso Directo del ALU como combustible, particularmente en cementeras, fabricación de Combustible Alternativo (CAL) para uso en hornos industriales y calderas, y fabricación de aceite de cadenilla y nuevos aceites lubricantes en base a re-refinación.

A continuación se presenta el Escenario Base de generación de ALU, proyectado en función del PIB a partir del Año Base, sin realizar inversiones y sin implementación de la REP.

Tabla 97. Escenario Base: Generación y Valorización Potencial ALU, año 2017-2027

Variable Crítica: Capacidad Potencial Valorización ALU	2016 (Base)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Generación ALU	129.456	131.722	136.003	140.763	145.338	150.134	155.088	160.206	165.493	170.954	176.596	182.423
Re-Refinación (aceite lubricante)	3.600	3.600	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Producción Aceite cadenillas, impregnante madera	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510	2.510
Producción CAL,MDO	22.381	22.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381	32.381
Uso Directo como Combustible	48.305	48.305	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850	113.850
Valorización Potencial por Valorización Energética	59,3%	58%	115%	111%	108%	104%	101%	98%	95%	92%	89%	86%

Fuente: Elaboración propia.

La reducción en la cantidad de ALU generado sin destino conocido tendrá un impacto ambiental positivo al evitar que éste llegue a cursos de agua, se vierta en el suelo o se venda informalmente mezclado con virgen, elevando la contaminación atmosférica. Este impacto ambiental, difícil de cuantificar, debe además sumarse al impacto económico que una mayor valorización tendrá sobre la industria, potenciando el mercado de un combustible alternativo,

¹⁷² CONAMA-GTZ, “Estudio de Evaluación de Impactos Económicos, Ambientales y Sociales de la Implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor en Chile. Informe Final”, 2010.

más económico y con el mismo poder calorífico que el diésel o bien, ampliando el mercado para aceites lubricantes re-refinados, con las mismas características técnicas de uno virgen.

En virtud de lo anterior, es posible diseñar escenarios alternativos al Escenario Base en función de modificar la participación de las distintas alternativas de valorización existentes, es decir, más o menos, Reciclaje o Valorización energética.

6. Impactos asociados a los Escenarios de Análisis

A continuación se identifican y valorizan económicamente los impactos asociados a los Escenarios de Análisis, tomando en consideración que en Chile ya existe un sistema de retiro, transporte y almacenamiento de ALU que tiene su origen en talleres mecánicos, servitecas y lubricentros. También los grandes generadores de ALU con talleres propios, por ejemplo empresas de transporte público o de carga o instituciones del Estado, mineras y la gran industria, con centros de acopio temporales que, luego de consolidar volumen, solicitan su retiro vía gestores autorizados que los trasladan a plantas de tratamiento y/o valorización.

En este sentido, se estima que los costos de quienes actúan cumpliendo la normativa no cambiarán significativamente, sin embargo, el incremento en transporte de ALU en función de las metas de la REP, aumentará proporcionalmente los costos lo que permitirá visibilizar algunos al formalizar el transporte con gestores autorizados.

En Chile existen 629 camiones autorizados para transportar ALU, de acuerdo a información solicitada al MMA por Transparencia, mediante consulta realizada el 20/11/17. En función de este antecedente y supuestos tales como un viaje al día y una capacidad de transporte promedio de 5 toneladas, es posible estimar que la capacidad de transporte total diaria potencial es de 3.145 toneladas, equivalente a 1.311.914 m³/año, lo cual sólo permite dimensionar una cifra potencial, puesto que no se puede suponer que estos camiones realizan transporte exclusivo de este residuo pero si permite dimensionar que la capacidad actual potencial es capaz de transportar siete veces la generación anual de ALU correspondiente al año 2027.

No se considera infraestructura adicional de acopio porque se estima que la que existe sería suficiente pensando que los déficits podrían suplirse con mayor frecuencia de retiro y transporte.

Considerando los precios actuales de mercado, se tiene entonces lo siguiente:

Tabla 98. Costo de Transporte ALU

Servicios	\$
Precio promedio Transporte [\$/m3 ALU]	77.000

Fuente: precios de mercado, agosto 2017.

a. Impactos Ambientales

Los principales impactos ambientales, en cuanto a generación de GEI y uso de energía, se generan en la etapa de uso de los ALU, aun cuando existen impactos negativos en los ecosistemas terrestre y acuático en la etapa de eliminación, si no se realiza de manera adecuada.

El aceite re-refinado, es un recurso renovable que está diseñado para reducir el impacto ambiental de aceites usados por conservar los recursos valiosos de petróleo. El re-refinamiento de aceites usados es un método de gestión energético eficiente y ambientalmente beneficioso. Menos energía es necesaria para recuperar un galón de aceite base re-refinado que un galón de aceite base del petróleo crudo. El aceite re-refinado utiliza alrededor de un tercio menos que la energía de la refinación del petróleo crudo para aceites base de calidad. En lugar de usar el aceite una vez, el re-refinamiento extiende la vida útil de un recurso agotable por convertirlo en un material utilizable que puede ser recuperado y utilizado indefinidamente¹⁷⁴.

Tabla 99. Reducción de GEI por Valorización ALU

Item	CO ² Emitido [ton]	Energía [GJ/m3]
Aceite Lubricante de petróleo	3,0	3,0
Aceite Lubricante a partir de ALU	1,0	1,0

Fuente: MMA, "Evaluación Económica, Ambiental y Social de la Implementación de la REP en Chile", 2011.

¹⁷⁴ Véase en:

<https://static1.squarespace.com/static/5581e276e4b0f09e12086847/t/55e49c6be4b0c23616847da8/1441045611814/PReguntas+Frecuentes+esp.pdf>

b. Impacto Socio-Económico

En términos sociales, existen impactos difíciles de valorizar, tales como el cambio de mentalidad y hábitos del consumidor al verse incentivados a elegir productos eco-etiquetados, a realizar sus cambios de aceite en servicentros con convenio con empresas valorizadoras, por ejemplo.

Por otra parte, este cambio de mentalidad lo debe impulsar la Autoridad a través de programas de capacitación a fiscalizadores y charlas informativas a proveedores del Estado para que conozcan los alcances de la REP y su importancia. Lo mismo debe hacer con el público en general, a través de campañas de difusión que permita instalar el tema en la agenda pública y en los medios de comunicación masivos.

Finalmente, un tema fundamental será cambiar la mentalidad de grupos empresariales para crear compromiso con la sustentabilidad, incentivando el cumplimiento de metas REP, reducción de GEI, etc.

Otros impactos relevantes en el ámbito de lo social es la mejora en la **calidad de vida de las personas** y de **desarrollo local**, dada la ampliación de la cadena de valor para los ALU y la disminución de los vertidos ilegales de estos residuos al ecosistema.

c. Impacto Económico

El impacto económico de cada meta está asociado a las inversiones necesarias del sector para cubrir los respectivos aumentos de demanda por los servicios requeridos para satisfacer una mayor valorización, los costos en los que deberá incurrir el gestor en transportar, acopiar y valorizar el volumen adicional de ALU para cumplir las metas respectivas.

Por otra parte, también se considera el impacto económico de la recuperación de materias primas provenientes del reciclaje, en este caso, combustible alternativo o aceite base reciclado para la elaboración de nuevos aceites lubricantes, de igual calidad que uno virgen. Así como también los beneficios económicos asociados al ahorro de energía, de combustible, en emisiones de CO₂ (colaborando así con el logro de las metas comprometidas por Chile) y los beneficios asociados al mayor empleo generados por el crecimiento de esta industria.

7. Análisis Económico

A continuación, se elabora el flujo de Inversión, Beneficios y Costos en base a los impactos y calcular el Beneficio Social Neto de cada Escenario evaluado y determinar la Relación Beneficio/Costo para determinar cuál escenario es el que entrega el mayor beneficio neto a la sociedad.

Los parámetros utilizados para valorizar cada Impacto en términos económicos, son los siguientes:

Tabla 100. Parámetro Valorización de Impactos- ALU

Parámetro	Precio	Fuente
Precio Carbono en Chile [US\$/ton]	5,0	http://www.precioalcarbonochile.cl/
Precio dólar [\$]	650,0	11-08-2017
Tasa Social de Descuento	6%	MIDESO, 2017
Vida Útil Inversiones [años]	15,0	
Precio actual de compra ALU en planta generador [\$/kg]	50,0	Ecobaus
Precio Lubricante [\$/m3]	5.000.000	
Costo transporte ALU [\$/m3]	77.000	
Precio diesel [\$/lt]	488,0	Promedio 2017
Precio diesel [\$/m3]	488.000	
Precio diesel [\$/ton]	488.293	
Densidad diesel [kg/m3]	999,4	
Precio compra de ALU procesado en Cementeras (10% diesel)	48.800	
Precio compra de CAL en plantas industriales	195.200,0	43% diesel
Precio kWh [\$/hr]	112,4	ENEL, 11-08-2017
1 kWh	0,0	GJ
1 GJ	277,8	kWh
1 GJ [\$/hr]	31.211,1	

Fuente: Elaboración propia.

B. APLICACIÓN DE UN AGIES A LAS BFU

Una batería o acumulador eléctrico es un dispositivo que permite, mediante un proceso electroquímico, almacenar energía eléctrica en forma de energía química y liberarla cuando se conecta con un circuito de consumo externo. Las reacciones químicas que tienen lugar son reversibles y pueden ser recargadas cuando se conectan los terminales a una fuente de energía externa, pero con polaridad invertida. Cuando una batería ha llegado al final de su vida útil debe ser reemplazada y se transforma en un residuo o BFU¹⁷⁵.

La batería gastada, debido a su contenido de plomo y ácido sulfúrico, es un residuo peligroso y no puede descartarse como cualquier residuo domiciliario, debiendo ser gestionada según los procedimientos especificados en la normativa correspondiente. Por otra parte, una batería de plomo-ácido es un producto cuyos materiales pueden ser reciclados en su totalidad.

Cabe recordar que una sola batería de plomo fuera de uso contiene unos 10 kg de plomo, cerca de dos kilos de disolución de ácido sulfúrico y una cantidad considerable de plásticos contaminantes, por lo que el daño ecológico que una pequeña cantidad de baterías mal gestionada puede provocar es enorme.

El negro historial medioambiental de muchas fundiciones recuperadoras de plomo, el derramamiento del ácido en el alcantarillado o en suelos, las operaciones clandestinas de desarme o trituración o las exportaciones masivas e incontroladas de toneladas de baterías de plomo fuera de uso a países en vías de desarrollo sin producción primaria, son costumbres extendidas que convierten a la batería de plomo fuera de uso en un residuo especial cuya gestión debe ser optimizada, minimizando la disposición incontrolada.

1. Definición del alcance

a. Alcance geográfico y temporal:

Límites geográficos del análisis: Todo el país, con división regional.

Alcance temporal: A partir de la dictación de los reglamentos, se establece un período de 10 años, con revisión de metas cada 5 años, según el plazo establecido por la Ley.

¹⁷⁵ <http://www.renobat.eu/es/comunicacion/articulos/290-el-reciclado-de-baterias>

b. Identificación de contaminantes

La batería de plomo ácido es el tipo de acumulador más usado en la actualidad y es por eso importante centrarse en sus componentes:

- **Electrolito:** Solución diluida de ácido sulfúrico en agua (33,5% aproximadamente) que puede encontrarse en tres estados: líquido, gelificado¹⁷⁶ o absorbido¹⁷⁷.
- **Placas o electrodos:** Estas se componen de la materia activa y la rejilla. La materia activa que rellena las rejillas de las placas positivas es dióxido de plomo, en tanto la materia activa de las placas negativas es plomo esponjoso. En estas últimas también se emplean pequeñas cantidades de sustancias tales como sulfato de bario, negro de humo y lignina.
- **Rejillas:** La rejilla es el elemento estructural que soporta la materia activa. Su construcción es a base de una aleación de plomo con algún agente endurecedor como el antimonio o el calcio. Otros metales como el arsénico, el estaño, el selenio y la plata son también utilizados en pequeñas cantidades en las aleaciones. Las rejillas se fabrican en forma plana o tubular.
- **Separadores:** Los separadores son elementos de material microporoso que se colocan entre las placas de polaridad opuesta para evitar un corto circuito. Entre los materiales utilizados en los separadores tipo hoja se encuentran los celulósicos, los de fibra de vidrio y los de PVC. Los materiales utilizados en los separadores tipo sobre son poliméricos siendo el más utilizado el PE.
- **Carcasa:** Es fabricada generalmente de polipropileno (PP) y en algunos casos de ebonita (caucho endurecido); en algunas baterías estacionarias se utiliza el estireno acrilonitrilo (SAN) que es transparente y permite ver el nivel del electrolito. En el fondo de la carcasa o caja hay un espacio vacío que actúa como cámara colectora de materia activa que se desprende de las placas.
- **Conectores:** Piezas destinadas a conectar eléctricamente los elementos internos de una batería; están hechos con aleaciones de plomo-antimonio o plomo-cobre.

Como se puede observar, las baterías poseen dos sustancias peligrosas: el electrolito ácido y el plomo. El electrolito ácido es corrosivo, tiene alto contenido de plomo disuelto en forma de partículas, y puede causar quemaduras en la piel y los ojos. Por su parte, el plomo y sus compuestos (dióxido de plomo y sulfato de plomo entre otros) son altamente tóxicos para la salud humana, ingresan al organismo por ingestión o inhalación y se transportan por la corriente sanguínea acumulándose en todos los órganos, especialmente en los huesos. La exposición prolongada puede afectar el sistema nervioso central, cuyos efectos van desde sutiles cambios psicológicos y de comportamiento, hasta graves efectos neurológicos, siendo los niños la población en mayor riesgo. Cuando el plomo entra al medio ambiente no se

¹⁷⁶ Electrolito gelificado mediante la adición de óxido de silicio.

¹⁷⁷ Electrolito absorbido por separadores de fibra de vidrio microporosa.

degrada, pero los compuestos de plomo son transformados por la luz natural, el aire y el agua, pudiendo permanecer adherido a partículas del suelo o de sedimento en el agua durante muchos años.

c. Clases de fuentes generadoras afectadas:

- Fijas: Sector Industrial/Minero
- Móviles: Sector Vehicular

d. Receptores afectados

Tal como ya se ha señalado, los receptores corresponden a los componentes específicos del medio ambiente que son directamente afectados por la acción y agente de daño¹⁷⁸.

En el caso de la disposición inadecuada de BFU, los receptores o componentes potencialmente afectados son nuevamente los ecosistemas, terrestre y acuático, teniendo sin duda impacto en las Comunidades y en las Poblaciones respectivas.

El plomo está presente de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones presentes en el ambiente son debido a los seres humanos y la industrialización de las sociedades.

El plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y terrestres. Los crustáceos son altamente vulnerables al plomo, incluso con pequeñas concentraciones pueden presentar grandes daños en su salud. Por otra parte, se ha demostrado que las funciones en el fitoplancton pueden ser perturbados tras interferir con el plomo, siendo este organismo una fuente muy importante de producción de oxígeno en los océanos y es el alimento de muchas especies marinas¹⁷⁹.

Las funciones del suelo son alteradas por la intervención del plomo, especialmente las zonas de cultivo cercanas a la industria relacionada, donde concentraciones extremas pueden estar presentes. Los organismos del suelo también sufren envenenamiento tras la propagación de las partículas, las cuales se acumulan primariamente en las hojas por deposición atmosférica. El plomo presente en la hoja rompe la cutícula y pasa al interior de la misma, se acumula en las vesículas y puede originar efectos como:

- Inhibición de la mitosis y por tanto del crecimiento de la planta.
- Inhibición de la síntesis del ATP y del rendimiento energético.
- Disminución de la viabilidad de las semillas

¹⁷⁸ GreenLabUC, “Manual para la Valoración Económica de Medidas de Reparación de Daño Ambiental”, 2016.

¹⁷⁹ Véase en: <http://saluddelplanetatierra.weebly.com/efectos-ambientales-del-plomo.html>

En la actualidad, la fuente de exposición al plomo más directa de la población es a través de los acumuladores eléctricos o baterías y particularmente aquellas en desuso dispuestas informalmente o durante un proceso de tratamiento o reciclaje, sin las medidas de seguridad necesarias.

En este caso, los efectos directos sobre las personas que pueden tener el plomo y también el ácido sulfúrico presente en una batería, son los siguientes:

Figura 49. Impactos de los componentes de la BFU en la Población

Impacto en la Población	Ácido sulfúrico	Compuestos de plomo
Inhalación	Respirar vapores o niebla de ácido sulfúrico puede causar irritación en las vías respiratorias.	La inhalación del polvo o vapores puede causar irritación en vías respiratorias y pulmones.
Ingestión	Puede causar una irritación severa en boca, garganta, esófago y estómago.	Su ingestión puede causar severo dolor abdominal, náusea, vómito, diarrea y calambres. La ingestión aguda puede llevar rápidamente a toxicidad sistémica.
Contacto con la piel:	El ácido sulfúrico causa quemaduras, úlceras e irritación severa.	No se absorben por la piel.
Contacto con los ojos	Causa irritación severa, quemaduras, daño a las córneas y ceguera.	Pueden causar irritación.
Exposición crónica (largo plazo)	Posible erosión del esmalte de los dientes, inflamación de nariz, garganta y tubos bronquiales.	Anemia, neuropatía, particularmente de los nervios motores, caída de la muñeca; daño a los riñones y cambios reproductivos en hombres y mujeres.

Fuente: CONAMA-GTZ, “Guía Técnica sobre Manejo de Baterías de Plomo Ácido Usadas”, 2009.

e. Efectos a considerar

Contaminación del aire

Las emisiones de plomo a la atmósfera se producen en forma de partículas y como compuestos gaseosos. La inhalación de partículas de plomo generadas por la combustión de materiales que contienen este metal (por ejemplo, durante actividades de fundición, reciclaje en condiciones no seguras o decapado de pintura con plomo, o al utilizar gasolina con plomo).

La mayor parte del plomo en la atmósfera se encuentra en forma de partículas pequeñas (diámetro inferior a 1 micrón). Es muy peligroso para el medio ambiente debido a su gran toxicidad y porque no sufre ni degradación química ni biológica, haciendo que permanezca en el medio durante largos períodos de tiempo, afectando

gravemente a las cadenas alimenticias, por la acumulación de plomo en los organismos de los seres vivos, es decir la bioacumulación¹⁸⁰.

Contaminación del agua

En condiciones normales el plomo no reacciona con el agua. Sin embargo, cuando el plomo se pone en contacto con aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta¹⁸¹.

El plomo presente en el agua tiene su origen cuando este elemento se usaba como material de fontanería en épocas pasadas, sin embargo, todavía está presente en construcciones antiguas. El plomo de las tuberías puede disolverse parcialmente en el agua que se utiliza a diario, particularmente en agua caliente, sin embargo en agua dura se une al carbonato, por lo tanto inferiores cantidades de plomo se disuelven en ella, formando al interior de las tuberías una capa de carbonato de plomo apenas soluble.

Contaminación del suelo

Se produce contaminación de suelo y aguas subterráneas por el ácido derramado al vaciar los acumuladores y otras prácticas inadecuadas.

Con respecto al plomo, éste se encuentra de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones que son encontradas son el resultado de las actividades humanas. Alto contenido de plomo en el suelo puede promover el desarrollo de comunidad microbiológica como hongos y bacterias, alterándose los parámetros del suelo para su adecuado y sano uso para uso de las especies vegetales¹⁸².

f. Definir los escenarios de análisis

Los escenarios a analizar serán del tipo Exógeno pues se relacionan con la fijación de metas producto de la aplicación de la ley REP, lo cual incentivará al mercado a modificar sus estructuras actuales para adaptarse a las nuevas exigencias que impondrá la ley. Esto, junto al diseño y aplicación de instrumentos de incentivo, regulación y persuasión por parte del Estado, apoyarán el desarrollo de los mercados que hagan viable el logro de las metas en los plazos previstos.

Para estos efectos, no se evaluarán escenarios de mitigación de los impactos ambientales negativos que la inadecuada disposición de BFU pudo haber tenido en el pasado.

¹⁸⁰ Véase en: <http://saluddelplanetatierra.weebly.com/fuentes-antropogeacutenicas-del-plomo-en-la-atmosfera.html>

¹⁸¹ <http://www.lenntech.es/plomo-y-agua.htm>

¹⁸² http://www.fq.uh.cu/webeco/efectos_ambientales.htm

2. Caracterización de las BFU

a. Categorías

- Contiene plomo
- No contiene plomo.

Por la importancia relativa de las que contienen plomo, el análisis se centrará sobre estas, puesto que el resto es proporcionalmente marginal.

Para estos efectos las BFU de plomo se clasifican en la Subcategoría:

- Arranque/Tracción que corresponde a las BFU del Sector Transporte/Minería
- Estacionaria correspondiente al Sector Industrial.

b. Tipo de Fuentes Generadoras

- Sector Vehicular: Vehículos livianos (citycar, sedán, station wagon, camionetas, etc.), Vehículos de Transporte de carga y pasajeros (camiones y buses), Vehículos especializados (agrícolas, forestales, a tracción y otros)
- Sector Minero (vehículos y maquinaria minera)
- Sector Industrial (industria manufacturera, servicios, generación, termoeléctrico etc.)

c. Caracterización de Fuentes Generadoras

- Estimar el factor de generación y su proyección en el tiempo.

Los factores de generación del sector automotriz y minero se desarrollaron en el capítulo IV de este Informe en base al estudio desarrollado por GESCAM para el Consejo de Producción Limpia en 2015, “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes”, los cuales han sido perfeccionados en base a nuevos antecedentes que se han tenido a la vista para este estudio.

No se dispone de factores de generación para el sector industrial en virtud de lo cual se utiliza el promedio entre estimaciones de AMPHOS21 basadas en los registros de importación y datos de producción de RAM-RECIMAT.

Los factores de generación se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 101. Factores Generación BFU

Tipo de Vehículo	Baterías por Vehículo	Plazo Duración	Factor Generación	Peso promedio	Factor Generación
	[unidades]	[años]	[BFU/año]	[kg]	[kg/año]
Vehículos Livianos Uso Particular (Caja 42)	1	3,0	0,33	10,5	3,50
Vehículos Livianos Uso Particular (Caja 27)	1	3,0	0,33	17	5,67
Vehículos Livianos Uso Laboral (Caja 42)	1	2,0	0,50	10,5	5,25
Vehículos Livianos Uso Laboral (Caja 27)	1	2,0	0,50	17	8,50
Vehículos Transporte Pasajeros	1	2,0	0,50	34	17,00
Vehículos de Transporte de Carga	1	2,0	0,50	34	17,00
Tractor, vehículos a tracción	1	2	0,5	38	19,00
Minería	Porcentaje de la generación de BFU vehicular			20	10,3%
Industrial (estacionaria)	Porcentaje de la generación de BFU vehicular (32%-60%)			8-120	46,2%

Fuente: Elaboración propia

- **Generación por Tipo de Fuente y Proyección Período de Análisis**

En función de los factores de generación precedentes se estima que la generación de BFU y su proyección al año 2027.

La generación del parque vehicular se estimará aplicando los factores de la Tabla anterior al parque automotriz del año 2016.

Para efectos de determinar la generación del sector minero, se van a utilizar las cifras de importaciones que señalan que un 7% de las unidades importadas corresponde a este segmento. En base al estudio de AMPHOS21 que señala que durante el 2014 se habrían consumido 1.684.186 unidades, asignándole un peso promedio de 20 kilos por unidad y proyectándolo al 2016, se tiene que ese año se habrían generado 2.446 toneladas de BFU asociado al sector minero, lo cual se ha representado en relación a la generación del parque vehicular.

Respecto al sector industrial, GESCAM no ha desarrollado a la fecha un factor de generación para este sector, por lo tanto, se utilizará el promedio entre la estimación realizada por AMPHOS21 en el informe contratado por ECOVALOR de la empresa Derco-Gildemeister y las estadísticas de procesamiento de RAM-RECIMAT.

En el estudio de AMPHOS21 se estima un valor global de generación es de 13.744 ton para el 2014, lo que proyectado al 2016 en función del PIB, alcanza las 14.257 ton de BFU industrial.

Este Consultor estima que este valor sobredimensiona la generación del sector industrial en virtud de que la metodología utilizada supone un peso promedio de 120 kilos por batería y una vida útil de 8 años. Es fácil comprobar la enorme variedad de baterías que caen en la categoría industrial¹⁸³, tales como las que se usan en centrales telefónicas, celdas de telefonía celular, servicios auxiliares en subestaciones transformadoras, UPS (Sistemas ininterrumpidos de energía), iluminación de emergencia, entre muchas otras. La diversidad de tamaño y peso de estas baterías permiten suponer un peso promedio inferior a los 120 kilos y una vida útil mucho más extensa, puesto que de acuerdo a la bibliografía consultada, en promedio ésta supera los 12 años^{184/185}.

Por otra parte, según RAM-RECIMAT, en función de sus estadísticas de recolección y transporte mensual, la generación de BFU industrial es de aproximadamente el 10% en peso del total recolectado, es decir, unas 2.880 ton/año.

Por lo tanto, para efectos de este estudio se obtuvo el valor promedio entre ambas estimaciones y se tradujo en términos de su proporción con la generación de BFU del parque vehicular.

Finalmente, se aplican los factores de generación de BFU automotriz, minero e industrial a la última Encuesta del Parque Automotriz disponible, año 2016, estimando la generación de BFU del Año Base y su proyección al año 2027.

Tabla 102. Generación de BFU 2016 y proyección 2017-2027, por Sector [ton/año]

Origen BFU	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Autos y camionetas	18.964	19.296	19.923	20.621	21.291	21.993	22.719	23.469	24.243	25.044	25.870	26.724
Camión y buses	4.253	4.327	4.468	4.624	4.774	4.932	5.095	5.263	5.437	5.616	5.801	5.993
Vehículos Agrícolas y Otros	532	541	559	579	597	617	638	659	680	703	726	750
Minería	2.446	2.489	2.570	2.660	2.746	2.837	2.930	3.027	3.127	3.230	3.337	3.447
Industrial	10.972	11.164	11.527	11.930	12.318	12.725	13.144	13.578	14.026	14.489	14.967	15.461
Generación Total BFU	37.167	37.818	39.047	40.413	41.727	43.104	44.526	45.996	47.513	49.081	50.701	52.374

¹⁸³ Para efectos de este estudio sólo las de uso estacionario, puesto que las de tracción eléctrica ya se encuentran consideradas dentro del parque automotriz.

¹⁸⁴ <https://www.monsolar.com/fotovoltaica-aislada/baterias/estacionarias.html>

¹⁸⁵ <https://www.merkasol.com/WebRoot/StoreLES/Shops/62387086/5877/CF3D/8B60/C630/AD85/C0A8/2BB9/4A1E/Ficha-Tecnica-Baterias-Estacionarias-OPZS-Hoppecke.pdf>

Fuente: Elaboración propia. Proyección en base al PIB del Banco Central.

3. Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión de BFU

Los **Parámetros** de los Sistemas de Gestión de BFU son:

- Las Metas fijadas por la Autoridad
- La aplicación de Instrumentos de Incentivo por parte del Gobierno, ya sea de regulación, económicos o de persuasión, para orientar cambios de conductas en el mercado
- El desempeño de la economía expresado en la proyección del PIB por parte del Banco Central, puesto que este indicador exhibe una correlación directa con la generación de los residuos que forman parte de este estudio.

Las **Variables Críticas** de los Sistemas de Gestión de BFU son:

- Generación de BFU
- Infraestructura disponible para acopiar, recolectar y valorizar BFU
- Monto de una ecotasa para financiar los costos adicionales asociados a la recolección y valorización.

4. Caracterización de Variables Críticas de los Sistemas de Gestión para BFU

La Variable Crítica, Generación de BFU, se considera la aplicación de los Factores de Generación al Parque Automotriz de cada Región.

Para la caracterización de Variables Críticas asociadas a la infraestructura de gestión disponible, se realizó un estudio del mercado para determinar la infraestructura actual disponible a nivel regional, esto es, capacidad de recolección-transporte, acopio y valorización, actual y potencial, en:

- **Preparación para la reutilización.** Catastro de empresas dedicadas a esta actividad, Identificación, RUT, ubicación geográfica, capacidad productiva actual y potencial, tecnología empleada, productos finales, etc. En este caso corresponde a Regeneración de Baterías Industriales, pero la única empresa que se dedicaba a esta actividad, Ruta Andina, ya no ofrece este servicio.
- **Reciclaje.** Corresponde a la planta RAM, única autorizada en el país dedicada a esta actividad.
- **Valorización Energética.** No aplica para las BFU

Finalmente la Variable Crítica asociada a una Ecotasa, es una variable que se determinará una vez concluido la valorización de impactos privados asociados a los distintos escenarios a evaluar.

5. Definición de Escenarios

Se considera como Año Base el año 2016 que corresponde a la última Encuesta del Parque Automotriz disponible, en base a la cual se estimó la generación de BFU aplicando factores por tipo de vehículo y actividad. La caracterización del mercado actual indica que un 77% de la generación de BFU se recolecta y valoriza por gestores autorizados, mientras que el 23% restante tendría destino desconocido.

A continuación se presenta el Escenario Base de generación de BFU, proyectado en función del PIB a partir del Año Base, sin realizar inversiones y sin implementación de la REP.

Tabla 103. Escenario Base: Generación y Valorización BFU, año 2016-2027.

ESCENARIO BASE	SITUACIÓN LÍNEA BASE VALORIZACIÓN BFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP [ton/año]				PROYECCIÓN VALORIZACIÓN BFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP [ton/año]									
	Variables Críticas		LÍNEA BASE		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9
Alternativas	Parámetro	Destino (Gestor)	Valorización	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Valorización Previa	Preparación para la Reutilización (Regeneración)	Ruta Andina	0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Generación Bruta BFU BASE				37.167	39.047	40.413	41.727	43.104	44.526	45.996	47.513	49.081	50.701	52.374
Valorización Post-Generación	Valorización material (Reciclaje)	RAM	77,5%	28.800	30.256	31.315	32.333	33.400	34.502	35.641	36.817	38.032	39.287	40.584
		Otros Recicladores	0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total			28.800	30.256	31.315	32.333	33.400	34.502	35.641	36.817	38.032	39.287	40.584
	Exportación como residuo	EcoValor	0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Fuente: GESCAM, 2017		Total Valorización	77%	28.800	30.256	31.315	32.333	33.400	34.502	35.641	36.817	38.032	39.287	40.584
		BFU generadas	23%	8.367	8.790	9.098	9.394	9.704	10.024	10.355	10.696	11.049	11.414	11.791

Fuente: Elaboración propia.

En el Escenario Base (actual) se estima un promedio de valorización de 77%.

Actualmente sólo existe una opción de valorización oficial que corresponde al envío de las BFU a la planta RAM en Calama para reciclaje del plomo. Sin embargo, para efectos de evaluar las opciones de aumentar la recolección, minimizando la eliminación ilegal, se plantea un segundo escenario que plantea la opción de la exportación de las BFU a países OECD, en el caso que se apruebe la derogación del DS N°2 que impide esta opción mientras exista capacidad de procesamiento en el país, aun cuando la capacidad actual de procesamiento de RAM es de 49.476 toneladas año¹⁸⁶, lo cual excede ampliamente la generación actual en Chile, siendo superada recién en el año 2026.

¹⁸⁶ Resolución Exenta N° 8862 de 18/12/2015 de la SEREMI de Salud de Antofagasta

Considerando el planteamiento de escenarios alternativos, con distintas combinaciones que van desde aumentar la valorización nacional con mayor recolección, sin la posibilidad de exportar BFU; hasta eliminar totalmente la valorización nacional para sólo exportar las BFU. Para estos efectos se estimarán los costos y beneficios asociados a cada escenario y se obtendrá el Beneficio Social Neto correspondiente.

La reducción en la cantidad de BFU generado sin destino conocido, tendrá un impacto ambiental positivo al evitar que este residuo peligroso se maneje sin control, contaminando potencialmente el suelo y los cursos de agua, y ocasionando graves daños a la salud de la población. Este impacto ambiental, difícil de cuantificar, debe además sumarse al impacto económico que una mayor recolección de BFU tendría, ya sea para la valorización nacional o para eliminación vía exportación a países OECD.

6. Impactos asociados a los Escenarios de Análisis

A continuación se identifican y valorizan económicamente los impactos asociados a los Escenarios de Análisis, tomando en consideración los siguientes supuestos:

a. Impactos Ambientales

El plomo contenido en las baterías es un recurso no renovable de gran valor económico que puede reciclarse de manera indefinida, por lo tanto, los principales impactos ambientales son:

Recuperación de materia prima secundaria

El reciclaje de una batería permite reciclar el 100% del plomo contenido en la misma, evitando la extracción de mineral virgen. Además, permite recuperar el polipropileno de la carcasa plástica, permitiendo recuperar un 70% del mismo.

Disminución GEI y Ahorro de Energía

La disminución en la emisión de gases efecto invernadero (GEI) y uso de energía que se generan en la etapa de elaboración y uso de las baterías, se puede representar de la siguiente forma:

Tabla 104. Reducción de GEI por Valorización BFU

Item	Plomo reciclado vs. Extracción
Reducción de GEI [ton CO ₂ /ton]	1,61
Ahorro de Energía [GJ/ton]	9,87

Fuente: MMA, “Evaluación Económica, Ambiental y Social de la Implementación de la REP en Chile”, 2011.

Esto quiere decir que por cada tonelada de plomo reciclado se reduce 1,61 toneladas de CO₂ emitido a la atmósfera respecto del plomo elaborado directamente del mineral, contribuyendo de esta manera a cumplir los compromisos de Chile en esta materia. Por otra

parte, el reciclaje de plomo disminuye fuertemente el uso de energía, puesto que cada tonelada de plomo obtenido a partir del reciclaje ahorra 9,87 GJ respecto de la fabricación de una tonelada de plomo virgen.

b. Impacto Socio-Económico

Con la implementación de la REP se espera fortalecer todas aquellas empresas dedicadas a la gestión de recolección y reciclaje de baterías. Para el sector informal (reciclador primario) existe la posibilidad de que se incorpore a las actividades de retiro y transporte, siempre y cuando cuenten con medios de transporte adecuados y una capacitación formal certificada.

La creación neta de fuentes de trabajo estaría asociada a un aumento de las tasas de recolección y valorización dentro del país. Sin embargo, si se abre la posibilidad de exportación, dependiendo de la pérdida de oferta interna, se podría esperar el efecto gradual inverso de pérdida de fuentes laborales al perder viabilidad el reciclaje nacional.

Como beneficios socioeconómicos indirectos se encuentra la disminución de los riesgos a la salud de las personas, minimización de los impactos ambientales.

En términos sociales, existen otros impactos difíciles de valorizar, tales como el cambio de mentalidad y hábitos del consumidor al verse incentivados a elegir productos eco-etiquetados, a realizar sus cambios de batería en servicentros con convenio con empresas valorizadoras, por ejemplo.

Por otra parte, este cambio de mentalidad lo debe impulsar la Autoridad a través de programas de capacitación a fiscalizadores y charlas informativas a proveedores del Estado para que conozcan los alcances de la REP y su importancia en la economía circular. Lo mismo debe hacer con el público en general, a través de campañas de difusión que permita instalar el tema en la agenda pública y en los medios de comunicación masivos.

c. Impacto Económico

El impacto económico de cada meta está asociado a las inversiones necesarias del sector para cubrir los respectivos aumentos de demanda por los servicios requeridos para satisfacer una mayor valorización, los costos en los que deberá incurrir el gestor en transportar, acopiar y eliminar las BFU, ya sea valorizándolas en el país o exportándola a otros países para su reciclaje, con el objeto de cumplir las metas respectivas.

En Chile ya existe un sistema de retiro, transporte y almacenamiento de BFU que tiene su origen en talleres mecánicos, servitecas y lubricentros. También los grandes generadores de BFU con talleres propios, por ejemplo empresas de transporte público o de carga o instituciones del Estado, mineras y la gran industria, con centros de acopio temporales que, luego de consolidar volumen, solicitan su retiro vía gestores autorizados que los trasladan a plantas de tratamiento y/o valorización.

En este sentido, se estima que los costos de quienes actúan cumpliendo la normativa no cambiarán significativamente, sin embargo, el incremento en transporte de BFU en función de las metas de la REP, aumentará proporcionalmente los costos lo que permitirá visibilizar algunos al formalizar el transporte con gestores autorizados.

No se considera infraestructura adicional de acopio porque se estima que la que existe sería suficiente pensando que los déficits podrían suplirse con mayor frecuencia de retiro y transporte.

Considerando los precios actuales de mercado, se tiene entonces lo siguiente:

Tabla 105. Costo de Transporte BFU

Servicios	\$
Precio promedio Transporte [\$ /ton BFU]	55.000

Fuente: precios de mercado, agosto 2017.

7. Análisis Económico

A continuación, se debe elaborar el flujo de Inversión, Beneficios y Costos en base a los impactos y calcular el Beneficio Social Neto de cada Escenario evaluado y determinar la Relación Beneficio/Costo para determinar cuál escenario es el que entrega el mayor beneficio neto a la sociedad.

Los parámetros utilizados para valorizar cada Impacto en términos económicos, son los siguientes:

Tabla 106. Parámetro Valorización de Impactos- BFU

Parámetro	Precio	Fuente
Precio Carbono en Chile [US\$/ton]	5,0	http://www.precioalcarbonochile.cl/
Precio dólar [\$]	650,0	11-08-2017
Tasa Social de Descuento	6%	MIDESO, 2017
Vida Útil Inversiones [años]	15,0	
Precio plomo [US\$/ton]	2.302,0	Recimat
Precio polipropileno virgen (PP) [US\$/ton]	1.550,0	
Precio polipropileno reciclado (PP) [US\$/ton]	930,0	
Costo transporte BFU [\$/ton]	55.000	
Precio diesel [\$/lt]	488,0	Promedio 2017
Precio diesel [\$/m3]	488.000	
Precio diesel [\$/ton]	488.293	
Densidad diesel [kg/m3]	999,4	
Precio kWh [\$/hr]	112,4	ENEL, 11-08-2017
1 kWh	0,0	GJ
1 GJ	277,8	kWh
1 GJ [\$/hr]	31.211,1	

Fuente: Elaboración propia.

C. APLICACIÓN DE UN AGIES A LOS NFU

Los neumáticos fuera de uso son un residuo no peligroso pero constituyen un problema cuando son dispuestos sin control, contaminando zonas suburbanas, rurales y sitios eriazos que afectan gravemente el paisaje, generando microbasurales que dan lugar a vectores que permiten la proliferación de virus, bacterias, moscas, cucarachas, y roedores, además de generar riesgo de incendios.

Además, por el hecho de ser un material inorgánico, los neumáticos fuera de uso no son biodegradables, pudiendo permanecer 500 años sin incorporarse al medio ambiente.

1. Definición del alcance

a. Alcance geográfico y temporal

Límites geográficos del análisis: Todo el país, con división regional.

Alcance temporal: A partir de la dictación de los reglamentos, se establece un período de 10 años, con revisión de metas cada 5 años, según el plazo establecido por la Ley.

b. Identificación de contaminantes

Los neumáticos fuera de uso tienen esencialmente la misma composición que un neumático nuevo, estando compuestos principalmente por una mezcla de caucho natural y sintético, siendo el natural el que le proporciona elasticidad y el sintético, la estabilidad térmica.

Además de caucho, un neumático y sus residuos están compuestos por fibras reforzantes (textiles y acero) que aportan resistencia y otros materiales tales como: suavizantes, que aumentan ductilidad del caucho, antes de la vulcanización; óxido de Zinc y de Magnesio, comúnmente denominados activadores, pues son mezclados para reducir el tiempo de vulcanización de varias horas a pocos minutos; antioxidantes, para dar mayor vida al caucho sin que se degrade por la acción del oxígeno y el ozono; negro de humo, un producto obtenido de la combustión incompleta de gases naturales, que entrega mayor resistencia a la abrasión y a la tensión; entre otros compuestos.

La proporción en que se mezclan los distintos materiales para elaborar un neumático dependerá de los esfuerzos a los que será sometido y una vez finalizada su vida útil, debido a su estabilidad físico-química, su composición se mantiene casi inalterada, disminuyendo sólo la proporción de caucho debido al desgaste por uso.

Tabla 107. Materiales que componen los Neumáticos de Automóviles, Buses y Camiones

Material	Composición	Función
Caucho natural y sintético	45%-48%	Estructural-Deformación
Negro de Humo	22%	Antioxidante
Acero	15%-25%	Estructural
Textil	0%-5%	Estructural
Óxido de Zinc	1,2-2,1%	Catalizador vulcanización
Azufre	1%	Vulcanización
Otros	15%	Prevenir desgaste
Peso Promedio	8,6 kg – 58 kg	Automóviles, buses y camiones
Volumen	0,06 m³-0,36 m³	

Fuente: Ing. Guillermo Castro, “Materiales y Compuestos para la Industria del Neumático”, 2008.

Su composición química puede también variar según el uso a que estén destinados y es muy relevante en caso de ser quemado, liberándose al medio ambiente compuestos de los siguientes elementos:

Tabla 108. Composición química del neumático

Elementos	Composición
Carbono (C)	70%
Hidrogeno (H)	7%
Azufre (S)	1.0 – 3.0%
Cloro (Cl)	0.2 - 0.6%
Fierro (Fe)	15
Óxido de Zinc (ZnO)	2
Dióxido de silicio (SiO ₂)	5
Cromo (Cr)	97 ppm
Níquel (Ni)	77 ppm
Plomo (Pb)	60-760 ppm
Cadmio	5-10 ppm
Talio	0.2-0.3 ppm

Fuente: Ing. Guillermo Castro, “Materiales y Compuestos para la Industria del Neumático”, 2008.

c. Clases de fuentes generadoras

- Móviles: Sector Vehicular tanto de consumidores particulares, industria y minería.
- Fijas: N/A
- Difusas: Quemadas agrícolas

d. Receptores afectados

Los receptores corresponden a los componentes específicos del medio ambiente que son directamente afectados por la acción y agente de daño. Según el ordenamiento de los componentes del medio ambiente de acuerdo a su nivel de organización biológica (NOB) (ver Figura N°52), el receptor potencialmente afectado por la disposición inadecuada de

los NFU es principalmente el Ecosistema asociado al ambiente terrestre. Esta afectación, por ende tiene impacto en las Comunidades y en las Poblaciones respectivas.

La identificación de los impactos ambientales de la disposición inadecuada de los NFU, derivan necesariamente en un impacto económico, ambiental y social, sin embargo, la cuantificación de los mismos se ve limitado por la escasez de información respecto del destino real de los NFU gestionados informalmente, lo que constituye prácticamente el 90% de la generación total.

e. Efectos a considerar

Contaminación del aire

La contaminación del aire se produce cuando se produce una quema de neumáticos al aire libre, puesto que se descargan grandes cantidades de sustancias tóxicas que forman parte de los NFU, partículas microscópicas responsables de la alteración del equilibrio atmosférico. Pero no sólo eso, las cenizas que arrastra el aire a otras tierras colindantes pueden provocar su infertilidad o bien, si llueve, el agua contaminada de hollín puede filtrarse al subsuelo y ensuciar los acuíferos¹⁸⁸.

Además, los incendios de NFU son muy difíciles de apagar, puesto que los tóxicos que se liberan se unen con el oxígeno provocando mayor absorción de energía calórica lo que desemboca un aumento de temperatura, convirtiéndose en una situación de difícil manejo.

El humo y las partículas dispersadas atacan directamente al sistema respiratorio. Asma, cáncer pulmonar y asfixia son algunas de las consecuencias más graves que puede provocar la inhalación de este tipo de aire contaminado, puesto que se liberan sustancias como plomo, azufre y monóxido de carbono, todas ellas tóxicos peligrosos.

Se ha estimado que las emisiones proveniente de una quema de llantas a cielo abierto es dieciséis veces más mutagénica que la combustión de madera residencial (leña) en las chimeneas caseras y 13.000 veces más mutagénica que las emisiones de carbón mineral en un equipo eficiente de combustión con controles anticontaminantes¹⁸⁹.

Las sustancias y compuestos emitidos por la combustión de neumáticos al aire libre, puede traer consecuencias a corto y largo plazo para la vida humana dependiendo de la duración y grado de exposición, los efectos inmediatos a la salud podrían incluir

¹⁸⁸ Véase en: https://www.elconfidencial.com/sociedad/2016-05-13/peligro-quema-neumaticos-medio-ambiente-salud_1199420/, consultado en agosto 2017.

¹⁸⁹ Ibid.

irritación a la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos a las vías respiratorias, mientras que en el largo plazo afectarían el sistema nervioso central, favoreciendo la aparición de depresión y cáncer¹⁹⁰.

Contaminación del agua

Cuando se depositan los NFU en el agua, facilitan la acumulación de basura dentro de su estructura, impidiendo que la misma se oxigene, además de alterar el flujo natural del líquido, causando enormes daños al hábitat de especies acuáticas y por consecuencia a todo el ecosistema¹⁹¹.

Contaminación del suelo

La contaminación del suelo con neumáticos aunque considerado como no peligroso, presenta dos inconvenientes básicos:

- Su proceso de descomposición es sumamente lento, al estar constituido por materiales no biodegradables.
- Poseen una elevada elasticidad que impide su compactación, ocupando grandes superficies y volúmenes.

La acumulación de estos residuos en vertederos incontrolados provocan situaciones de riesgo de incendio y también problemas de salubridad derivados de la conversión de estos vertederos en hábitats artificiales en los que proliferan roedores e insectos.

f. Escenarios de Análisis

Los escenarios a analizar serán del tipo exógeno pues se relacionan con la fijación de metas producto de la aplicación de la ley REP, lo cual incentivará al mercado a modificar sus estructuras actuales para adaptarse a las nuevas exigencias que impondrá este cuerpo normativo. Esto, junto al diseño y aplicación de instrumentos de incentivo, regulación y persuasión por parte del Estado, debieran apoyar el desarrollo de los mercados que hagan viable el logro de las metas en los plazos previstos.

En este contexto, se tiene como referencia el Escenario Base correspondiente al año 2016, asumiendo este escenario como representativo de la situación actual, sin implementación de la ley REP. Los escenarios futuros a evaluar corresponden todos a escenarios con ley REP en vigencia con metas de recolección y valorización establecidas.

Por tanto, los escenarios a evaluar pueden ser múltiples y el logro de las metas y el beneficio social neto alcanzado dependerá de los énfasis estratégicos que impulse la Autoridad, puesto que sin una orientación de este tipo el mercado tenderá a moverse hacia lo

¹⁹⁰ Joel I. Reisman, “Air emissions from combustion used tires”, 1997.

¹⁹¹ Véase en: <http://comoreutilizarllantasdeautos.weebly.com/principal/cuanto-contamina-una-llanta>

más rentable desde el punto de vista económico, sin considerar los aspectos sociales/ambientales.

En virtud de lo anterior, el Escenario Base debe considerar la situación actual de generación, que incorpora las toneladas de NFU y NMFU evitados a través de la aplicación de los actuales procesos de recauchaje, y la valorización material y energética realizada por las empresas del sector.

Estas variables son precisamente las que deberán definir los Escenarios Alternativos de valorización, considerando cómo afecta para el logro de la meta, diferentes combinaciones de estas variables críticas, a saber, toneladas valorizadas mediante reciclaje, toneladas valorizadas energéticamente y toneladas evitadas mediante el recauchaje.

2. Caracterización de los NFU

a. Categorías

La Categoría Principal se define por el origen de los NFU, lo que define sus características físicas que condicionan su gestión, tal es el caso de su tamaño y localización.

- Sector Transporte/Industrial
- Sector Minero

La Categoría Secundaria caracteriza su localización y sus alternativas de valorización.

La Subcategoría Transporte/Industrial está integrada por:

- Aro 12-20: Vehículos Livianos
- Aro 22-24.5: Vehículos de Transporte de Pasajeros y Carga
- Aro 4-48: Vehículos Industriales, Agrícolas, Construcción

La Subcategoría Minería considera todos los NMFU dedicados a esta actividad económica.

- Aro 24-63: Vehículos Mineros

b. Tipo de Fuentes Generadoras

Las fuentes identificadas permiten su clasificación en tres sectores con características que los distinguen para su recolección, transporte y valorización potencial.

- Sector Transporte: Vehículos livianos (citycar, sedán, station wagon, camionetas, etc.), Vehículos de Transporte de carga y pasajeros (camiones y buses), Vehículos especializados (agrícolas, forestales, a tracción y otros)
- Sector Minero a través de los vehículos mineros que usan neumáticos de grandes proporciones.
- Sector Industrial (industria manufacturera, construcción, agricultura, etc.)

c. Caracterización de Fuentes Generadoras

- Factor de generación y su proyección en el tiempo.

Los factores de generación de NFU del sector automotriz y minero se desarrollaron en el capítulo IV de este Informe en base al estudio desarrollado por GESCAM para el Consejo de Producción Limpia en 2015, “Estrategia Sostenible de Producción Limpia y Tratamiento de Residuos para la Industria Generadora de Neumáticos, Baterías y Aceites Lubricantes”, los cuales han sido perfeccionados en base a nuevos antecedentes que se han tenido a la vista para este estudio.

Los factores de generación de NFU industrial fueron desarrollados para efectos de este estudio, ampliando la metodología para cubrir la totalidad de las fuentes generadoras de este residuo.

Los factores del sector Transporte e Industrial se aplican sobre la cantidad de vehículos del parque automotriz, permitiendo estimar la generación de NFU en todo el país, a nivel regional y comunal. En cambio, los factores de generación mineros se aplican sobre las toneladas métricas de mineral fino producido (TMF).

Los factores son los siguientes:

Tabla 109. Factores Generación NFU, Neto y Bruto, Sector Vehicular, Industrial y Minero

Tipo de Vehículo	Factor Neto NFU x Vehículo POST-RECAUCHAJE	Factor Bruto NFU x Vehículo PRE-RECAUCHAJE
	[kg NFU/año]	[kg NFU/año]
Vehículo Liviano Transporte Particular: Automóvil, SW, camionetas, jeep	6,23	6,23
Vehículo Liviano Transporte Colectivo: Taxis	13,94	13,94
Vehículo Liviano Transporte Colectivo: Furgón, Minibus	17,32	17,32
Vehículos Transporte Pasajeros	223,93	270,60
Vehículos Transporte Carga, Pequeño y Mediano	105,57	130,51
Vehículos Transporte Carga, TractoCamión	523,78	647,50
Vehículos Agrícola, Forestal e Industrial	86,75	86,75
Vehículos y Maquinaria Minera [ton NMFU/TMF]	0,002833	0,002981

Fuente: Elaboración propia.

En función de lo factores de generación precedentes se estima que la generación y su proyección en el tiempo es la siguiente:

Tabla 110. Generación Bruta de NFU y NMFU 2016 y proyección 2017-2027, por Sector [ton/año]

Origen	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Agrícola, forestal, construcción e industrial	2.430	2.472	2.553	2.642	2.728	2.818	2.911	3.007	3.106	3.209	3.315	3.424
Autos y camionetas	29.743	30.263	31.247	32.340	33.391	34.493	35.631	36.807	38.022	39.277	40.573	41.912
Camión y buses	62.522	63.616	65.684	67.983	70.192	72.509	74.901	77.373	79.927	82.564	85.289	88.103
Minería	50.361	51.242	52.908	54.759	56.539	58.405	60.332	62.323	64.380	66.504	68.699	70.966
Generación NFU y NMFU	145.055	147.594	152.391	157.724	162.850	168.225	173.776	179.511	185.434	191.554	197.875	204.405

Fuente: Elaboración propia. Proyección en base al PIB del Banco Central.

Se considera como Escenario Base el año 2016, que corresponde a la última Encuesta del Parque Automotriz disponible, en base a la cual se estimó la generación de NFU y NMFU aplicando los factores por tipo de vehículo y actividad. Se considera la generación bruta, es decir, se incluyen todos los neumáticos que se hubieran generado si no se hubiera realizado recauchaje, tanto del sector transporte y minero.

3. Parámetros y Variables Críticas de los Sistemas de Gestión de NFU

Los **Parámetros** de los Sistemas de Gestión de NFU y NMFU son:

- Las Meta fijadas por la Autoridad
- La aplicación de Instrumentos de Incentivo por parte del Gobierno, ya sea de regulación, económicos o de persuasión, para orientar cambios de conductas en el mercado
- El desempeño de la economía expresado en la proyección del PIB por parte del Banco Central, puesto que este indicador exhibe una correlación directa con la generación de los residuos que forman parte de este estudio.

Las **Variables Críticas** de los Sistemas de Gestión de NFU y NMFU son:

- Generación de NFU y NMFU
- Infraestructura disponible para acopiar, recolectar y valorizar NFU y NMFU
- Monto de una ecotasa para financiar los costos adicionales asociados a la recolección y valorización.

4. Caracterización de Variables Críticas de los Sistemas de Gestión para NFU y NMFU

La Variable Crítica, Generación de Residuos, ya fue desarrollada en un acápite anterior, y considera la aplicación de Factores de Generación a nivel regional al Parque Automotriz de cada Región y al sector minero.

Para la caracterización de Variables Críticas asociadas a la infraestructura de gestión disponible, se realizó un estudio del mercado para determinar la infraestructura actual disponible a nivel regional, esto es, capacidad de recolección-transporte, acopio y valorización, actual y potencial. Ver detalle en Anexo 13.

- **Preparación para la reutilización.** Catastro de empresas dedicadas a esta actividad, Identificación, RUT, ubicación geográfica, capacidad productiva actual y potencial, tecnología empleada, productos finales, etc. En este caso corresponde a Recauchaje, tanto de neumáticos de transporte de carga y pasajeros, como neumáticos mineros.
- **Reciclaje.** Catastro de empresas dedicadas a esta actividad.
- **Valorización Energética.** Catastro de empresas dedicadas a esta actividad.

Finalmente la Variable Crítica asociada a una Ecotasa, es una variable que se determinará una vez concluido la valorización de impactos privados asociados a los distintos escenarios a evaluar.

5. Definición de Escenarios

Se considera como Año Base el año 2016 que corresponde a la última Encuesta del Parque Automotriz disponible, en base a la cual se estimó la generación de NFU aplicando factores por tipo de vehículo y actividad. La caracterización del mercado actual indica que sólo se valoriza un 13,6% de los neumáticos del sector transporte y un 2,4% de los neumáticos mineros. En función de esto se concluye que una cantidad aproximada de 74.920 toneladas de NFU del sector transporte tendría destino desconocido, mientras que lo que no se valoriza del sector minero quedaría depositado en las propias faenas como pasivo ambiental.

A continuación se presenta el Escenario Base de generación de NFU Y NMFU, proyectado en función del PIB a partir del Año Base, sin realizar inversiones y sin implementación de la REP.

Tabla 111. Escenario Base: Generación Bruta y Valorización NFU y NMFU año 2016-2027.

ESCENARIO BASE	SITUACIÓN LÍNEA BASE VALORIZACIÓN NFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP [ton/año]				PROYECCIÓN VALORIZACIÓN NFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP [ton/año]											
	Variables Críticas		LÍNEA BASE Transporte		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	
Alternativas	Parámetro	Destino (Gestor)	Valorización	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027		
Valorización Previa	Preparación para la Reutilización (Recauchaje)	Varias empresas	8,0%	11.674	12.265	12.694	13.107	13.539	13.986	14.447	14.924	15.417	15.925	16.451		
Generación Bruta NFU BASE Transporte				94.695	99.483	102.965	106.311	109.820	113.444	117.187	121.055	125.049	129.176	133.439		
Valorización Post Generación	Reutilización directa	Rellenos sanitarios	0,1%	100	105	109	112	116	120	124	128	132	136	141		
	Valorización material (Reciclaje)	Polambiente	5,1%	7.349	7.721	7.991	8.251	8.523	8.804	9.095	9.395	9.705	10.025	10.356		
		Otros Recicladores	0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Total			7.349	7.721	7.991	8.251	8.523	8.804	9.095	9.395	9.705	10.025	10.356		
	Valorización energética	Cementeras	0,4%	651	684	708	731	755	780	806	832	860	888	917		
	Pirólisis	0,0%	0	9.100	14.600	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Total			651	9.784	15.308	731	755	780	806	832	860	888	917			
Fuente: GESCAM, 2017				Total Valorización	13,6%	19.774	29.874	36.101	22.200	22.933	23.690	24.471	25.279	26.113	26.975	27.865
				NFU generados		74.920	69.609	66.864	84.111	86.887	89.754	92.716	95.776	98.936	102.201	105.574

ESCENARIO BASE	SITUACIÓN LÍNEA BASE VALORIZACIÓN NMFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP				PROYECCIÓN VALORIZACIÓN NMFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP [ton/año]											
	Variables Críticas		LÍNEA BASE NFU MINERÍA		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	
Alternativas	Parámetro	Destino (Gestor)	Tasa	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026		
Valorización Previa	Preparación para la Reutilización (Recauchaje)	Varias EMPRESAS	1,7%	2.500	2.626	2.718	2.807	2.899	2.995	3.094	3.196	3.301	3.410	3.523		
Generación Bruta NMFU BASE Minería				50.361	52.908	54.759	56.539	58.405	60.332	62.323	64.380	66.504	68.699	70.966		
Valorización Post Generación	Valorización material (Reciclaje)	Bailac	0,7%	960	1.009	1.044	1.078	1.113	1.150	1.188	1.227	1.268	1.310	1.353		
		Otras empresas	0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Total		960	1.009	1.044	1.078	1.113	1.150	1.188	1.227	1.268	1.310	1.353		
	Valorización energética	Cementeras	0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Pirólisis	0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Total			0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Fuente: GESCAM, 2017				Total Valorización	2,4%	3.460	3.635	3.762	3.884	4.013	4.145	4.282	4.423	4.569	4.720	4.876
				NMFU generados		46.901	49.273	50.997	52.655	54.392	56.187	58.041	59.957	61.935	63.979	66.090

SITUACIÓN LÍNEA BASE VALORIZACIÓN NFU + NMFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP				Total Valorización	16,0%	23.234	33.509	39.864	26.085	26.945	27.835	28.753	29.702	30.682	31.695	32.741
				NFU+NMFU generados		121.821	118.881	117.861	136.766	141.279	145.941	150.757	155.732	160.871	166.180	171.664

Fuente: Elaboración propia.

En el Escenario Base (actual) se alcanza una meta consolidada de valorización de 16%, esto es, sector transporte y sector minero, quedando de manifiesto la importancia que tiene el recauchaje en la valorización de neumáticos, puesto que representa 61% de la valorización total, existiendo aún mucho margen para crecer. Esta cifra es muy importante porque gracias a esta actividad se evitó se generaran 14.174 ton de neumáticos usados durante el Año Base.

Esta cifra que normalmente es invisible en los análisis tradicionales, es muy importante de destacar porque constituye el primer instrumento de gestión de una estrategia jerarquizada de gestión de residuos, la cual señala que, desde el punto de vista ambiental, la primera prioridad es evitar la generación de los mismos¹⁹².

Por lo tanto, en función de las variables críticas que definen los distintos escenarios posibles de valorización, toneladas recauchadas, toneladas recicladas y toneladas valorizadas energéticamente, ya sea en cementeras o en la nueva planta de pirólisis instalada a mediados de 2017 en Talcahuano, se pueden plantear escenarios alternativos para alcanzar metas consolidadas por parte de la Autoridad.

Para estos efectos se estimarán los costos y beneficios asociados a cada escenario y se obtendrá el Beneficio Social Neto correspondiente.

¹⁹² CONAMA, “Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos”, 2005.

6. Impactos asociados a los Escenarios de Análisis

Dada la meta de valorización que se desee evaluar, es necesario identificar el tipo de impacto que tendrá cada una de las medidas a aplicar. Tanto las medidas de comando y control (regulación) como los instrumentos económicos y las medidas que pueden agruparse como nuevas tendencias o de persuasión (divulgación de información a las personas, etiquetado verde y programas voluntarios), pueden impactar la generación de NFU y aumentar su tasa de valorización.

Las medidas de comando y control tienen la capacidad de reducir la eliminación de NFU con destino desconocido con el subsecuente impacto ambiental positivo. Por su parte, los instrumentos económicos pueden incentivar un cambio en los hábitos de compra del consumidor, por ejemplo, a través de gravar con un ecotasa mayor a aquellos neumáticos de camiones y buses no recauchables con lo cual se transfiere al generador el costo de gestionar los NFU correspondientes.

Por su parte, una medida que consista en informar y educar a la población podría influir en las preferencias de la gente. De esta manera optarían por productos con factores de generación más bajos¹⁹³.

En el Año Base o referencial se estima que tan sólo un 13,6% de los NFU generados por el sector transporte se valorizó lo cual significa que todo el resto pudo tener los siguientes destinos:

- Vertederos ilegales (clandestinos) de residuos sólidos
- Acumulación en sitios no autorizados (micro basurales)
- Incineración clandestina (urbana y agrícola)

Los impactos ambientales derivados de estas formas de eliminación son:

- Proliferación de vectores y su consecuente efecto sobre la salud de las personas que habitan en el entorno
- Deterioro de ecosistemas y recursos estéticos (paisaje) asociados a los lugares de depósito
- Riesgo de incendios en los lugares de depósito y su efecto en la seguridad del entorno y calidad del aire

Hay, sin embargo, un gran vacío de información respecto del destino preciso de los NFU no recolectados, por lo tanto, una imposibilidad práctica de realizar una estimación real

¹⁹³ MMA, “Guía Metodológica para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire”, 2013.

de sus efectos para hacer una estimación pertinente de los impactos ambientales y subsecuentes costos sociales.

A continuación se identifican y valorizan económicamente los impactos asociados a los Escenarios de Análisis, tomando en consideración los siguientes supuestos:

a. Impacto Económico

El impacto económico de cada meta está asociado a las inversiones necesarias del sector para cubrir los respectivos aumentos de demanda por los servicios requeridos para satisfacer una mayor valorización, los costos en los que deberá incurrir el gestor en transportar, acopiar y tratar los NFU que sean requeridos para cumplir las metas respectivas.

Acopio y Transporte

En Chile ya existe un sistema de entrega, recambio y acopio de los NFU a través de talleres mecánicos, servitecas y distribuidores locales. También los generadores grandes de NFU con talleres propios, por ejemplo empresas de transporte público y de carga o instituciones del Estado, con centros de acopio temporales que, luego de consolidar carga, los eliminan con destino desconocido. Con la implementación de la REP, el destino de una proporción de estos NFU será una planta valorizadora, mientras que el resto mantendrá las condiciones actuales.

En este sentido, se estima que los costos no cambiarán significativamente, sin embargo, para la proporción afecta a la REP, se visibilizarán al formalizarse puesto que la trazabilidad de la REP obligará a contratar gestores autorizados. Considerando los precios actuales de mercado, se tiene entonces lo siguiente:

Tabla 112. Servicios demandados por mayor valorización NFU

Servicios	\$
Acopio [\$/m3 NFU]	0,33
Acopio [\$/ton NFU]	2.222
Transporte [\$/ton NFU]	50.000

Fuente: Elaboración propia

Destinos de Valorización

Valorización por Recauchaje: Múltiples plantas desde Arica a Temuco, pero con cobertura hasta Coyhaique. La capacidad actual instalada para neumáticos de camiones y buses alcanza las 300.000 unidades anuales, equivalente a 17.370 toneladas. Sin embargo, realizando pequeñas adecuaciones de infraestructura y aumento de personal para trabajo en dos turnos, el potencial de la industria puede doblar su producción en un plazo de 2 años¹⁹⁴.

¹⁹⁴ ARNEC, octubre 2017.

Valorización x Trituración NFU: La planta Polambiente en Santiago con una capacidad potencial de 14.000 ton/año, en la actualidad opera con 8.000 ton/año.

Valorización energética: Sólo se considera Cemento Melón de Calera, V Región, que puede reemplazar hasta un 20% del combustible mediante NFU (hasta 12.450 ton/año). Sin embargo, en la actualidad sólo recibe 650 ton/año. Este destino, sin embargo, es secundario puesto que los NFU previamente son procesados por Polambiente, quien los tritura y deja aptos para la cementera.

A mediados del 2017 se instaló una planta de pirólisis de NFU en Talcahuano, KONA FUEL, con capacidad de procesamiento de 9.100 ton/año y con proyección de aumentar su producción a 14.600 toneladas para el año 2019.

Valorización por Reutilización Directa en Rellenos Sanitarios: No se dispone de información oficial, pero según Chileneumáticos se estima en 100 ton/año.

b. Impactos Ambientales

La obtención de materia prima secundaria producto del reciclaje material de los NFU (trituración) es en promedio un 20% de acero, que se comercializa como chatarra al precio de mercado internacional; y en promedio para el sector transporte, un 46% de caucho en gránulo que reemplaza la importación para la fabricación de productos post formados y canchas sintéticas.

El ahorro energético producto de la obtención de caucho y acero a partir de NFU se encuentra valorizado, lo mismo que la reducción de la emisión de gases efecto invernadero, tal como se presenta en Tabla a continuación.

Tabla 113. Ahorro energético y Reducción de GEI por reciclaje NFU

Ahorro Energía por Caucho reciclado [GJ/ton]	5,3
Ahorro Energía por Acero reciclado [GJ/ton]	18
Reducción GEI x Reciclaje de Caucho (ton CO ² /ton)	0,27
Reducción GEI x Reciclaje de Acero (ton CO ² /ton)	2,15

Fuente: MMA, “Evaluación Económica, Ambiental y Social de la Implementación de la REP en Chile”, 2011.

Por otra parte, de manera alternativa, el ahorro energético producto de recauchar un neumático versus comprar uno nuevo y su efecto en la emisión de GEI, se muestra a continuación:

Tabla 114. Ahorro petróleo y Reducción de GEI por Recauchaje

Tipo de Neumático	CO ² Emitido [kg]	Petróleo [lt]
Neumático Nuevo	338,8	141,2
Neumático Recauchado	104,5	42,87

Fuente: Universitas-Miguel Hernández, AER, TNU, "Análisis de la Eficiencia medioambiental del Recauchado de neumáticos". Información provista por ARNEC, agosto 2017.

c. Impacto Socio-Económico

Los diferentes escenarios evaluados suponen la creación de nuevas fuentes de trabajo al ser necesario ampliar la capacidad de producción de las plantas de reciclaje o recauchaje, según corresponda. Para estos efectos, se determinó la cantidad de personas requeridas por tonelada de NFU reciclado o recauchado.

Tabla 115. Razón Personal empleado por tonelada valorizada

Tipo Valorización	Empleabilidad	Producción	\$/persona
Reciclaje (Polambiente)	30 personas	8.000 ton/año	0,00375
Recauchaje	360 personas	11.674 ton/año	0,03084

Fuente: ARNEC, agosto 2017.

Es importante notar el gran impacto que tiene el recauchaje en términos de generación de empleo, porque es una actividad con muchos procesos manuales debido a que la reparación de un neumático es diferente cada vez.

En términos sociales, también existen otros impactos difíciles de valorizar, tales como el cambio de mentalidad y hábitos del consumidor al verse incentivados a elegir productos eco-etiquetados, a entregar sus NFU en puntos de acopio o en servicentros con convenio, por ejemplo.

Por otra parte, este cambio de mentalidad lo debe impulsar la Autoridad a través de programas de capacitación a fiscalizadores y charlas informativas a proveedores del Estado para que conozcan los alcances de la REP y su importancia. Lo mismo debe hacer con el público en general, a través de campañas de difusión que permita instalar el tema en la agenda pública y en los medios de comunicación masivos.

Finalmente, un tema fundamental será cambiar la mentalidad de grupos empresariales para crear compromiso con la sustentabilidad a través del ecodiseño, por ejemplo, a través de la producción/importación de neumáticos de mayor calidad y durabilidad, incentivados por el cumplimiento de metas, reducción de GEI, etc.

Otros impactos relevantes en el ámbito de lo social es la mejora en la **calidad de vida de las personas** y de **desarrollo local**, dada la creación de una nueva cadena de valor para los NFU, ocasionando la generación de empleo, subida de ingresos, satisfacción de necesidades básicas, mejora de condiciones de trabajo, mejora de índices de desarrollo humano y bienestar general.

7. Análisis Económico

A continuación, se debe elaborar el flujo de Inversión, Beneficios y Costos en base a los impactos y calcular el Beneficio Social Neto de cada Escenario evaluado y determinar la Relación Beneficio/Costo para determinar cuál escenario es el que entrega el mayor beneficio neto a la sociedad.

Los Costos considerados para alcanzar las metas de valorización propuestas, consideran la Inversión, los costos operacionales y los de mantención, estos últimos reflejados en el cobro realizado por la empresa valorizadora para efectos de recibir cada kilo de NFU en sus instalaciones.

Para estimar la inversión se consideró la construcción de plantas similares a la de Polambiente, cada una por un monto de MMUS\$5, aumentando la capacidad de procesamiento de NFU en 15.000 toneladas de gránulo de caucho al año. Para efectos de considerar la inversión, se anualizó el monto total, considerando una vida útil de 15 años y una tasa de descuento social de 6%¹⁹⁵.

Los parámetros utilizados para valorizar cada Impacto en términos económicos, fueron los siguientes:

Tabla 116. Parámetro Valorización de Impactos-NFU

Parámetro	Precio	Fuente
Precio Carbono en Chile [US\$]	5,0	http://www.precioalcarbonochile.cl/
Precio dólar [\$]	650,0	11-08-2017
Tasa Social de Descuento	6%	MIDESO, 2017
Vida Útil Inversiones [años]	15,0	
Precio Venta Caucho granulado [\$/ton]	300.000,0	Artegrass Ltda.
Precio Chatarra [\$/ton]	50.000,0	Chatarra libre
Precio diesel	488,0	Promedio 2017
Precio kWh [\$/hr]	112,4	ENEL, 11-08-2017
1 kWh	0,0	GJ
1 GJ	277,8	kWh
1 GJ [\$/hr]	31.211,1	

Fuente: Elaboración propia.

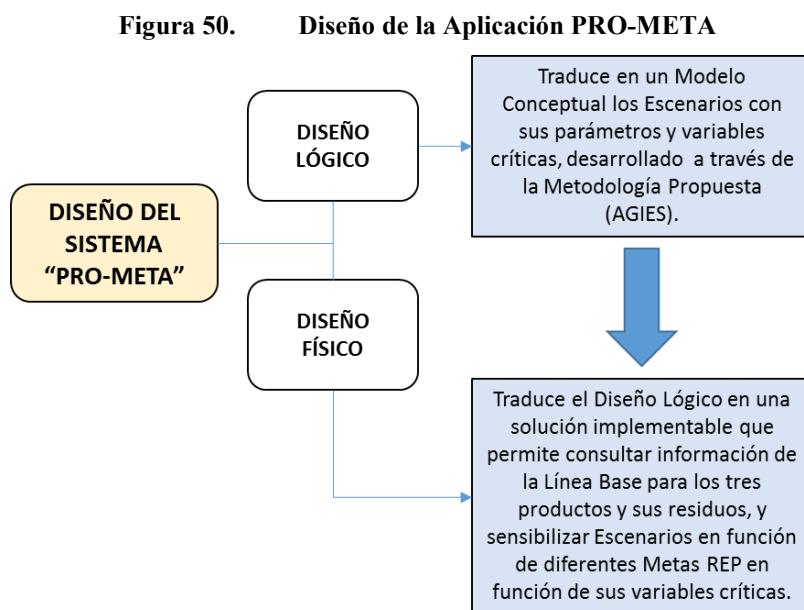
¹⁹⁵ MMA, “Guía Metodológica para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire”, 2013.

X. APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA LA PROYECCIÓN Y EVALUACIÓN DE METAS REP, “PRO-META”

Este capítulo tiene por objetivo sistematizar en una aplicación computacional toda la información de mercado presentada en etapas anteriores y la metodología propuesta para la evaluación de metas REP, en base a un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES), aplicado a los Sistemas de Gestión de ALU, BFU y NFU.

En otras palabras, mediante una aplicación en formato Excel, se consolida y sistematiza la información para consulta de antecedentes de la Línea Base y, a través de la misma, se posibilita la simulación de escenarios para los Sistemas de Gestión en función de diferentes Metas REP.

El diseño de un sistema de este tipo, consta de dos etapas, Diseño Lógico y Diseño Físico que se representan como sigue.

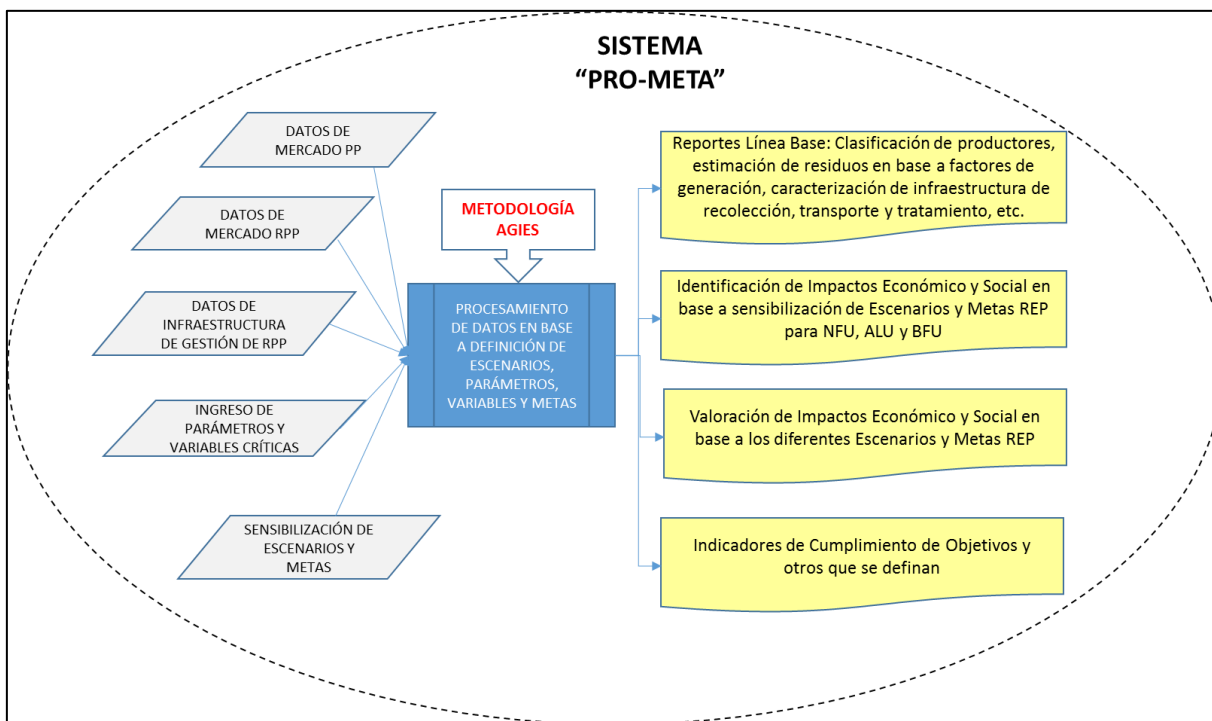


Fuente: Elaboración propia

A partir de la identificación del problema, los parámetros y variables críticas mismo se desarrollará el Diseño Lógico y el Diseño Físico de esta herramienta computacional en formato Excel.

Esta Aplicación podrá ser utilizada por todos los usuarios, de acuerdo a los diferentes perfiles de acceso que se definan, será modular y modificable dentro del alcance de este proyecto.

Figura 51. Herramienta Computacional de Apoyo PRO-META



Fuente: Elaboración propia

Para efectos de capacitar a los futuros usuarios de esta metodología y de la herramienta computacional que apoya la aplicación de la misma a la evaluación de distintos escenarios y metas REP a los residuos ALU, BFU y NFU, se desarrollará una Guía Explicativa y un Taller de Capacitación que permitirá entrenar a los funcionarios que el MMA determine.

Este Taller tendrá una duración entre 4-6 horas, y estará orientado a un total aproximado de 7 funcionarios de MMA, una vez que se valide la metodología y su sistematización en la herramienta computacional propuesta.

A. ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN PRO-META

Esta aplicación en Excel se construye en base a los elementos necesarios para aplicar la metodología desarrollada en este estudio, para evaluar las metas REP, en base a un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES).

Para estos efectos se construye esta aplicación en excel para generar un instrumento amigable, gratuito y de fácil uso para simular diferentes niveles y combinaciones de metas de valorización. La estructura de la aplicación está compuesta por distintas Pestañas u Hojas que cumplen distintas funciones:

- **Hoja BASE**
Esta pestaña contiene parámetros generales que alimentan los tres modelos de valorización de residuos, es decir, NFU, BFU y ALU, indistintamente.
- **Hojas: Base NFU, Base BFU y Base ALU**
Estas pestañas alimentan con parámetros específicos los modelos a los que hace referencia su nombre.
- **Hojas: Generación NFU, Generación BFU y Generación ALU**
Estas pestañas contienen las estimaciones de generación de residuos en base a los factores de generación desarrollados por GESCAM; y las estimaciones de valorización actual en base a la capacidad instalada en el país.
- **Hojas: Escenarios NFU, Escenarios BFU y Escenarios ALU**
Estas pestañas presentan el status actual de valorización para cada residuo, según las diversas tecnologías existentes en el Año Base (2016), proyectado al 2027, sin considerar nuevas inversiones ni la implementación de la Ley REP.
Estas Hojas además presentan un módulo de sensibilización de metas de valorización para cada tecnología disponible, permitiendo simular el efecto del ingreso de una nueva planta al mercado para algunas tecnologías de valorización que se estiman relevantes por su impacto social o ambiental.
- **Hojas: Impactos NFU, Impactos BFU y Impactos ALU**
Estas pestañas permiten visualizar el impacto neto socio-ambiental y económico producto de la comparación de los diversos Escenarios potenciales (en base a la simulación de diversas metas de valorización para las distintas tecnologías disponibles) con respecto al Escenario Actual (proyección del Año Base). En virtud de la simulación de diversas metas, es posible obtener los Indicadores de Beneficio Costo de la metodología AGIES que permite valorar las distintas opciones de política pública en base a los beneficios sociales asociados a cada una de las alternativas evaluadas.

A continuación se explica cada una de estas Hojas con mayor detalle, su funcionalidad dentro del modelo y la forma en que debe ser considerado al momento de utilizarlo para simular diferentes metas.

Esta Guía Explicativa considera la ejemplificación con mayor detalle, para el caso de los NFU, pues representa el modelo más complejo de los tres residuos por tratarse de residuos donde existe una clara diferenciación en los Sistemas de Gestión para el sector Transporte y Minero por las diferencias de localización y características físicas (tamaño) de sus residuos lo que obliga a un trato de gestión diferenciada.

El modelo de los NFU contempla dos grupos de actores a los que se establecerán metas de recolección y valorización: el Transporte (que abarca los NFU de automóviles, camionetas, buses y camiones) y la Minería (que principalmente abarca los OTR o neumáticos de gran envergadura). Dada la importante diferencia que presentan estos dos grupos se ha establecido la posibilidad de establecer metas diferenciadas de valorización para cada uno de ellos.

Por otra parte, considerando que el alcance temporal del modelo es de 10 años, se contempla también la posibilidad de establecer metas diferenciadas por quinquenio, haciendo coincidir esta determinación con el tiempo que la ley establece para realizar revisiones de las metas (cada cinco años). Todo lo que se muestra en color verde es “editable”, por lo tanto permite sensibilizar con distintos valores para el logro de las diferentes metas.

1. Hojas: BASE y Base NFU, Base BFU y Base ALU

Estas Hojas contienen un conjunto de parámetros, variables y constantes que determinan el comportamiento de las diferentes variables del modelo.

Para estos efectos se indica para cada una de ellas su valor numérico, la unidad en que se expresa, la fórmula de cálculo utilizada para establecer el número (cuando es pertinente e importante para la comprensión del conjunto), y la fuente de referencia.

Aunque en algunos casos se trata de constantes paramétricas, el modelo permite su modificación para realizar análisis de sensibilidad de los resultados frente a condiciones de base diferentes; por ejemplo, considerando diferentes tasas de descuento para los flujos futuros, diferente comportamiento del PIB en el tiempo, variación en el nivel de los precios sociales considerados, etc..

A modo de ejemplo, los parámetros considerados para evaluar las metas de NFU son los siguientes¹⁹⁶:

¹⁹⁶ El orden en que se presentan estos parámetros en esta fase del desarrollo del instrumento no refleja posición analítica, importancia u otro criterio de clasificación.

PRECIOS SOCIALES

- Precio Social Vigente CO₂ (D5)
- Tipo de cambio (valor del US dólar) social (D6)
- Precio Social del diésel
- Precio Social del caucho granulado en pesos chilenos (CLP) por tonelada
- Precio Social del acero en CLP por tonelada
- Precio Social del caucho granulado en CLP por tonelada de NFU
- Precio Social del acero en CLP por tonelada de NFU
- Tasa Social de Descuento
- Precio energía en CLP por kWatt
- Precio energía en CLP por Giga Joule (Gj)
- Factor de conversión de kWh a Gj
- Factor de conversión de Gj a kW

INDICADORES DE IMPACTO POR ACTIVIDAD DE RECAUCHAJE

- CO₂ emitido por producción neumático nuevo
- CO₂ emitido por producción neumático recauchado
- Emisión de CO₂ evitada por neumáticos recauchados vs nuevos
- Petróleo consumido por producción neumático nuevo
- Petróleo consumido por producción neumático recauchado
- Consumo de petróleo evitado por neumáticos recauchados vs nuevos
- Generación de empleo por actividad de recauchaje
- Aporte al Ingreso por empleo generado por actividad de recauchaje

INDICADORES DE IMPACTO POR RECICLAJE

- Recuperación de materia prima: granulo de caucho
- Recuperación de materia prima: acero
- Recuperación de materia prima: negro de humo
- Ahorro de energía (obtención caucho reciclado vs. virgen)
- Ahorro de energía (obtención acero reciclado vs. virgen)
- Reducción de GEI: Obtención de caucho reciclado
- Reducción de GEI: Obtención de acero reciclado
- Generación de empleo por tonelada de reciclaje, variable
- Aporte al Ingreso por empleo generado en reciclaje, variable
- Generación de empleo por planta de reciclaje, fijo
- Aporte al Ingreso por empleo (fijo por planta) generado en reciclaje
- TARIFA POR RECEPCION (TRATAMIENTO) PARA NFU EN PLANTAS RECICLADORAS
- Tarifa promedio NFU transporte

- Tarifa recepción NFU Camión en Polambiente
- Tarifa recepción NFU Automóvil en Polambiente
- Tarifa recepción NFU Camión en Kona Fuel
- Tarifa recepción NFU minero

OTROS PARAMETROS RELEVANTES PARA EL ANALISIS

- Costo variable planta recicladora NFU
- Costo fijo en remuneraciones planta recicladora NFU
- Precio acopio adicional por encima situación base
- Precio Transporte por encima situación base
- Inversión Polambiente en 2010
- Valor Inversión (capital fijo) Polambiente en 2016
- Valor anualizado de la inversión Polambiente
- Valor inversión para planta recicladora nueva capacidad 15.000 ton/año
- Valor anualizado de planta recicladora nueva
- Vida útil del capital fijo plantas recicladoras
- Capacidad anual de tratamiento NFU de planta recicladora
- Factores de descuento flujos futuros utilizando la tasa social (ver 1.8 de la lista)
- CRECIMIENTO ESTIMADO DEL PIB

Por otra parte, para construir la estructura de costos que se introducen como parámetros en la metodología se tomó como base los siguientes antecedentes contenidos en el estudio: "Planta de reciclaje de neumáticos de caucho - Comercialización de miga de caucho"; Antofagasta, junio 2016, Plan de Negocios para postular al grado de Magister en Administración (MBA), Postulante al grado de Magister: Daniel Olivares Carmona - Docente: Claudio Dufeu Senociai. Posgrado Economía y Negocios, Universidad de Chile

- INVERSION EN ACTIVOS FIJOS - \$
- Planta Industrial
- Maquinaria y Equipos de Producción
- Vehículos y Equipos de Transporte
- Informática y Comunicaciones
- Otros
- Total Inversiones En Activos Fijos
- Gastos Anuales De Operación
- Remuneraciones
- Personal Calificado
- Personal Semicalificado
- Personal No Calificado
- Gastos Variables En Regimen

- Gastos Remuneraciones Variables
- Total Gastos Variables Anuales
- Ingresos Valorados A Precios Sociales
- Trabajo Calificado: Remuneraciones A Precios Sociales
- Trabajo Semi-calificado: Remuneraciones A Precios Sociales
- Trabajo No Calificado: Remuneraciones A Precios Sociales
- Total Costo Fijo Anual Mano De Obra Planta Recicladora

2. Hojas: Generación NFU, BFU y ALU

Este bloque contienen el modelo que permite determinar los Factores de Generación de residuos, el cual en base a variables críticas de cada Producto Prioritario, permite establecer la generación de ALU, BFU y NFU. El desarrollo de este modelo ya se explicó detalladamente en etapas previas de este estudio por lo que no se profundizará en este capítulo.

3. Hojas: Escenarios NFU, BFU y ALU

Este bloque presenta el Escenario Base (proyección de la situación actual) y el Escenario Alternativo que es de carácter interactivo con el usuario y corresponde al espacio donde se pueden establecer distintos niveles de metas para la recolección y valorización de los ALU, BFU y NFU.

Para la situación base se considera el año 2016 la cual se proyecta para los siguientes diez años (hasta 2027, considerando que la REP se implementa en 2018), manteniendo la estructura de generación y valorización actual, esto es, aplicando una tasa de crecimiento (“natural”) igual a la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto. De este modo se construye el módulo “ESCENARIO BASE”

El **ESCENARIO BASE** para los NFU, significa

- Precisar sus características concretas, las fuentes generadoras, los volúmenes generados, el destino que se da a ellos en cuanto a disposición y si ella se produce luego de algún tratamiento, la proporción de ellos que se reinserta a las cadenas de valor, los agentes que intervienen en sus diferentes fases, las características de dicha disposición y sus efectos o impactos sobre las comunidades humanas y el medio ambiente. Esta tarea se ha realizado en los diferentes capítulos de los Informes de Avance 1 y 2; sólo algunas de estas características se han incluido en el modelo y corresponde a aquellas en las que existe información cuantitativa confiable.

- Junto a lo anterior y dentro del ámbito del Escenario Base, se realiza una estimación del comportamiento temporal tanto de la generación como de la valorización para los próximos diez años; esto es, hasta el 2027;
- A partir de informes revisados y estudios realizados sobre el comportamiento histórico en la generación y la valorización de los residuos prioritarios, se ha concluido que, en general, para todos ellos su tasa de crecimiento es significativamente condicionada por la evolución que experimenta el PIB. Por ello es que la proyección de la situación actual que se realiza hasta el 2027 sigue la evolución estimada para este indicador;
- Existe una cierta volatilidad en las proyecciones que se realizan para el comportamiento del PIB. Para efectos de este informe se consideran las estimaciones de crecimiento del PIB realizadas por el Banco Central para el relativo corto plazo (2018 y 2019) (Banco Central, Junio 2017) y aquellas de PIB tendencial para el mediano plazo (2020 al 2023) (Ministerio de Hacienda, Dirección de Presupuesto, Acta Resultados del Comité Consultivo del PIB Tendencial, Agosto 2017). Esta proyección de crecimiento se ha incorporado en el bloque BASE-I.
- Para los años 2024 al 2027 se supone la misma tasa de crecimiento proyectada por los expertos del Comité Consultivo para el 2023, año hasta el cual el Comité ha realizado sus proyecciones. En la medida que este Comité realice las estimaciones de crecimiento tendencial para estos últimos años y estas sean diferentes a las supuestas, podrán actualizarse dichas tasas, y todas las cifras proyectadas se ajustarán automáticamente.

En las siguientes figuras se muestra el módulo Escenario Línea Base establecido en el modelo. En primer lugar se muestra una síntesis de los sectores de generación de NFU y los correspondientes volúmenes, medidos en toneladas de neumáticos por año provenientes de las actividades agrícolas, forestales, industriales y la construcción, del transporte en automóviles y camionetas, de buses y camiones y de la actividad minera.

Tal como se señaló anteriormente, se distingue la Generación Bruta de NFU como aquella que incluye el universo completo de neumáticos fuera de uso, previo a cualquier proceso de valorización, es decir, previo al recauchaje. La Generación Neta en cambio es posterior al Recauchaje y representa aquellos neumáticos que efectivamente son desechados como residuos.

Esta distinción es importante ya que el recauchaje es una actividad que evita la generación de NFU y NMFU, mejorando la eficiencia en el uso de los neumáticos con claros beneficios sociales.

A continuación, se muestra la proyección que se ha realizado de la situación de 2016 para los siguientes diez años, siguiendo los criterios ya descritos, para los NFU provenientes de las actividades de transporte y para aquellos provenientes de la actividad minera o NMFU. Esta distinción se realiza debido a la gran diferencia que existe entre ambos grupos en cuanto a sus características como en cuanto al manejo que se realiza o puede realizarse de ellos.

Figura 52. Hoja ESCENARIO NFU. Sección ESCENARIO LÍNEA BASE

AÑO BASE NFU+ NMFU	VALORIZACIÓN AÑO BASE												
	Tipo de Valorización	[ton/año]	[%] c/r Generación Bruta										
	Generación Bruta NFU + NMFU	145.055											
Reutilización Directa NFU (Transporte)	100	0,1%											
Recauchaje NFU (Camiones y Buses)	11.674	8,0%											
Reciclaje NFU (Polambiente)	7.349	5,1%											
Reciclaje NFU (Otro Reciclador)	0	0,0%											
Valorización Energética:													
Directa a través de Cementeras	651	0,4%											
Pirólisis (Kona Fuel)	0	0,0%											
Pirólisis (Otro)	0												
VALORIZACIÓN TOTAL Sector Transporte	19.774	13,6%											
Recauchaje NMFU (Minería)	2.500	1,7%											
Reciclaje NMFU (Bailac)	960	0,7%											
Reciclaje NMFU (Otro Reciclador)	0	0,0%											
Valorización Energética NMFU (cementeras)	0	0,0%											
Valorización Energética NMFU (pirólisis)	0	0,0%											
VALORIZACIÓN TOTAL Sector Minería	3.460	2,4%											
Total Valorizado ESCENARIO BASE	23.234	16,0%											

ESCCENARIO BASE	SITUACIÓN LÍNEA BASE VALORIZACIÓN NFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP [ton/año]				PROYECCIÓN VALORIZACIÓN NFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP [ton/año]										
Alternativas	Parámetro	LÍNEA BASE Transporte		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	
		Destino (Gestor)	Valorización	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
Valorización Previa	Preparación para la Reutilización (Recauchaje)	Varias empresas	8,0%	11.674	12.265	12.694	13.107	13.539	13.986	14.447	14.924	15.417	15.925	16.451	
Generación Bruta NFU BASE Transporte				94.695	99.483	102.965	106.311	109.820	113.444	117.187	121.055	125.049	129.176	133.439	
Valorización Post Generación	Reutilización directa	Rellenos sanitarios	0,1%	100	105	109	112	116	120	124	128	132	136	141	
		Polambiente	5,1%	7.349	7.721	7.991	8.251	8.523	8.804	9.095	9.395	9.705	10.025	10.356	
	Valorización material (Reciclaje)	Otros Recicladores	0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Total	7.349	7.721	7.991	8.251	8.523	8.804	9.095	9.395	9.705	10.025	10.356	10.356	
	Valorización energética	Cementeras	0,4%	651	684	708	731	755	780	806	832	860	888	917	
Pirólisis (Kona Fuel)		0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pirólisis (Otras)		0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total		651	684	708	731	755	780	806	832	860	888	917	917		
Total Valorización				13,6%	19.774	20.774	21.501	22.200	22.933	23.690	24.471	25.279	26.113	26.975	27.865
NFU generados s/valorizar				74.920	78.709	81.464	84.111	86.887	89.754	92.716	95.776	98.936	102.201	105.574	

ESCCENARIO BASE	SITUACIÓN LÍNEA BASE VALORIZACIÓN NMFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP				PROYECCIÓN VALORIZACIÓN NMFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP [ton/año]										
Alternativas	Parámetro	LÍNEA BASE NFU MINERÍA		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	
		Destino (Gestor)	Tasa	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Valorización Previa	Preparación para la Reutilización (Recauchaje)	Varias EMPRESAS	1,7%	2.500	2.626	2.718	2.807	2.899	2.995	3.094	3.196	3.301	3.410	3.523	
Generación Bruta NMFU BASE Minería				50.361	52.908	54.759	56.539	58.405	60.332	62.323	64.380	66.504	68.699	70.966	
Valorización Post Generación	Valorización material (Reciclaje)	Bailac	0,7%	960	1.009	1.044	1.078	1.113	1.150	1.188	1.227	1.268	1.310	1.353	
		Otras empresas	0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Total	960	1.009	1.044	1.078	1.113	1.150	1.188	1.227	1.268	1.310	1.353	1.353	
Valorización energética	Cementeras	0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Pirólisis	0,0%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Total	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Total Valorización				2,4%	3.460	3.635	3.762	3.884	4.013	4.145	4.282	4.423	4.569	4.720	4.876
NMFU generados s/Valorizar				46.901	49.273	50.997	52.655	54.392	56.187	58.041	59.957	61.935	63.979	66.090	

SITUACIÓN LÍNEA BASE VALORIZACIÓN NFU + NMFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP				16,0%	23.234	24.409	25.264	26.085	26.945	27.835	28.753	29.702	30.682	31.695	32.741
NFU+NMFU generados s/Valorizar				121.821	127.981	132.461	136.766	141.279	145.941	150.757	155.732	160.871	166.180	171.664	

A mano derecha de esta Sección, se presenta el módulo está asociado a la **PROYECCIÓN METAS REP**, el cual se construye en base a la simulación de diferentes metas de valorización para cada una de las distintas alternativas tecnológicas disponibles.

Figura 53. Hoja ESCENARIO NFU. Sección PROYECCIÓN METAS REP

PROYECCIÓN METAS NFU + NMFU	Alternativa de Valorización	Valorización Escenario BASE	NUEVA PLANTA		1° Quinquenio	2° Quinquenio	META FINAL (ton año 10)				
		[%]	Año	Región	[%]	[%]					
	Generación Bruta NFU + NMFU	145.055									
	Reutilización Directa NFU (Transporte)	0,1%			0%	0%	0,1%	141			
	Recachaje NFU (Camiones y Buses)	8,0%			5%	5%	18,0%	36.891			
	Reciclaje NFU (Polambiente)	5,1%									
	Reciclaje NFU (Otro Reciclador)	0,0%	3		3%	0%	8,1%	16.488		La suma de la meta final de ambas plantas valorizadoras no puede exceder capacidad total de ambas.	
	Valorización Energética:										
	Directa a través de Cementeras	0,4%			0%	0%	0,4%	917			
	Pirólisis (Kona Fuel)	0,0%			7%	0%	7,0%	14.308		La capacidad instalada futura informada por KONA FUEL para el 2018-2019 es de 14.600 ton/año.	
	Pirólisis (Otro)	0,0%									
	TOTAL Sector Transporte	13,6%			15%	5%	33,6%	68.746			
	Recachaje NMFU (Minería)	1,7%			2%	0%	3,7%	7.611			
	Reciclaje NMFU (Bailac)	0,7%									
	Reciclaje NMFU (Otro Reciclador)	0,0%			0%	0%	0,7%	1.353			
	Valorización Energética NMFU (cementeras)	0,0%			0%	0%	0,0%	0			
	Valorización Energética NMFU (pirólisis)	0,0%			0%	0%	0,0%	0			
	TOTAL Sector Minería	2,4%			2,0%	0,0%	4,4%	8.964			
	Total Valorizado ESCENARIO BASE	16,0%			17,0%	5,0%	38,0%	77.710			
										VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS	174.823.646.590
										RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA	5,62
										RELACION BENEFICIO COSTO SOCIEDAD	7,03

META Sector Transporte	SIMULACIÓN ALTERNATIVAS VALORIZACIÓN NFU [ton/año]			PROYECCIÓN META VALORIZACIÓN NFU [ton/año] (Meta se distribuye en forma lineal en cada quinquenio)									
	Variables Críticas	ESCENARIO TRANSPORTE	AÑO 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alternativas	Parámetro	Destino (Gestor)	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Valorización Previa	Preparación para la Reutilización (Recachaje)	Varias empresas	11.674	13.789	15.848	17.992	20.268	22.675	25.218	27.905	30.741	33.734	36.891
	Generación Bruta NFU		94.695	99.483	102.965	106.311	109.820	113.444	117.187	121.055	125.049	129.176	133.439
Valorización Post Generación	Reutilización directa	Rellenos sanitarios	100	105	109	112	116	120	124	128	132	136	141
	Valorización material (Reciclaje)	Reciclador Actual Polambiente	7.349	8.635	9.884	5.591	6.280	7.009	7.240	7.479	7.726	7.981	8.244
		Otros Recicladores	0	-	-	5.591	6.280	7.009	7.240	7.479	7.726	7.981	8.244
		Total	7.349	8.635	9.884	11.182	12.560	14.017	14.480	14.958	15.451	15.961	16.488
	Valorización energética (Melón)	Cementera Melón	651	684	708	731	755	780	806	832	860	888	917
	Planta Pirólisis Kona Fuel	0	2.133	4.416	6.840	9.421	12.164	12.566	12.980	13.409	13.851	14.308	
	Otra Planta Pirólisis		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Total	651	2.817	5.124	7.571	10.176	12.944	13.371	13.813	14.268	14.739	15.226	
	Total Valorización		19.774	25.346	30.965	36.857	43.120	49.756	53.193	56.803	60.593	64.571	68.746
	NFU generados s/Valorizar		74.920	74.137	72.000	69.455	66.700	63.688	63.994	64.252	64.457	64.605	64.693

META Sector Minería	SIMULACIÓN ALTERNATIVAS VALORIZACIÓN NMFU [ton/año]			PROYECCIÓN META VALORIZACIÓN NMFU [ton/año] (Meta se distribuye en forma lineal en cada quinquenio)									
	Variables Críticas	ESCENARIO MINERÍA	AÑO 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alternativas	Parámetro	Destino (Gestor)	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Valorización Previa	Preparación para la Reutilización (Recachaje)	Varias	2.500	3.236	3.980	4.761	5.591	6.471	6.684	6.905	7.132	7.368	7.611
	Generación Bruta NMFU		50.361	52.908	54.759	56.539	58.405	60.332	62.323	64.380	66.504	68.699	70.966
Valorización Post Generación	Valorización material (Reciclaje)	Bailac	960	1.009	1.044	1.078	1.113	1.150	1.188	1.227	1.268	1.310	1.353
		Otras empresas	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Total	960	1.009	1.044	1.078	1.113	1.150	1.188	1.227	1.268	1.310	1.353
	Valorización energética	Cementeras	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Pirólisis	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Total Valorización		3.460	4.245	5.024	5.839	6.704	7.621	7.872	8.132	8.400	8.677	8.964
	NMFU generados s/Valorizar		46.901	48.663	49.735	50.700	51.701	52.712	54.451	56.248	58.104	60.022	62.002

SITUACIÓN ESCENARIO ALTERNATIVO VALORIZACIÓN NFU + NMFU, SIN IMPLEMENTACION DE LEY REP	Total Valorización	19,1%	23.234	29.591	35.989	42.695	49.824	57.377	61.065	64.935	68.993	73.249	77.710
	NFU+NMFU generados s/Valorizar		121.821	122.800	121.736	120.155	118.401	116.399	118.445	120.500	122.561	124.626	126.695

La columna asociada al Año 0 representa el Escenario BASE (año 2016), es decir, la situación actual de valorización, respecto de la generación bruta de NFU y NMFU, sector TRANSPORTE y MINERO, respectivamente.

Las columnas asociadas al 1° Quinquenio y 2° Quinquenio, permite sensibilizar METAS de valorización para las distintas tecnologías disponibles y para cada período quinquenal. Las metas que el usuario incorpore se distribuyen linealmente durante cada quinquenio; esto es, la Meta del 1° Quinquenio se logra completamente en el 2021 y la del 2° Quinquenio, se logra completamente en el año 2027.

Las alternativas de valorización para el caso de los NFU son tres o cuatro por sector: Reutilización Directa (sólo NFU), Preparación para la Reutilización o Recauchaje, Reciclaje Material y Valorización Energética, a través de combustión directa en cementeras o pirólisis. Cada una de estas alternativas permite trazar una sub-meta en cada sector, lo que dará por resultado una Meta Global que finalmente tendrá un impacto en los Indicadores de Rentabilidad Social y Privada (recuadro superior derecho), el cual se presenta en esta Hoja para que el Usuario pueda observar de manera instantánea el efecto de la simulación de las diferentes Metas, pero su origen es la Hoja Impactos que se explica a continuación.

Figura 54. Hoja ESCENARIO NFU. Sección INDICADORES

VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS	174.823.646.590
RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA	5,62
RELACION BENEFICIO COSTO SOCIEDAD	7,03

4. Hojas: Impactos NFU, BFU y ALU

La metodología del AGIES tiene por objetivo final la identificación, cuantificación y valoración de los efectos o impactos asociados a las actividades sujetas a alguna política o asociadas a la aplicación de una política particular, en los ámbitos económico, social y ambiental. Tal como se ha mencionado en el informe, dado que una parte significativa de los NFU no tratados o no valorizados tienen un destino desconocido, resulta prácticamente imposible precisar los impactos ambientales y en la salud de las personas que dicha disposición tiene y, por lo tanto, cuantificar los costos ambientales y sociales (costos externos) asociados. En este sentido, se identifican en términos genéricos y cualitativos y se constituyen en elementos a considerar complementariamente a los indicadores cuantitativos derivados de la aplicación del Análisis Beneficio Costo.

Sin perjuicio de lo anterior, se identifican algunos impactos que pueden asociarse a las diferentes alternativas de uso y disposición de los NFU. A partir de diferentes fuentes, que se identifican en cada caso, los impactos se estiman por cada kg o ton de neumático dispuesto/tratado y se incorporan al análisis en esta fase de aplicación del modelo de evaluación. Estos impactos se incorporan en la Hoja **BASE** especificando allí los valores unitarios en términos de *impacto por cada tonelada de NFU tratado*.

Cabe destacar que la elección de estos impactos para incorporarlos al análisis cuantitativo se basa en que, por una parte, son susceptibles de cuantificar físicamente y que, por la otra, tienen mercados operando y por lo tanto, precios. Desde un punto de vista metodológico es también importante señalar que – como sea y teniendo en cuenta la limitación que representa la posibilidad de estimar beneficios basados en un número restringido de impactos – este lado de la ecuación beneficio-costos es relevante y necesaria de incorporar, por las características de las alternativas a evaluar.

Efectivamente, una posibilidad que muestra la práctica de los ACB ante limitaciones en la identificación y cuantificación de beneficios es la de realizar un análisis de costo-efectividad que obvia dichas limitaciones por la vía de comparar los costos de las alternativas a evaluar considerando que todas ellas llegan a un mismo resultado y, por lo tanto, tienen los mismos beneficios. Así, es posible *ranquear* las alternativas en función de sus costos decidiendo por aquella de menor costo (tomando de todos modos en cuenta las consideraciones cualitativas existentes por el lado de los beneficios). Dado que en este caso se trata de evaluar alternativas de metas de valorización y, por definición, de evaluar alternativas que apuntan y tienen resultados diferentes, se hace prácticamente indispensable la incorporación de beneficios cuantificables. Los beneficios identificados, de carácter global y socialmente relevantes, como la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) y los ahorros en el consumo de energía y combustibles, por su importancia presente, constituyen indicadores significativos para efectos de evaluación. Se agrega además, como indicador de beneficio social, el empleo y su aporte al ingreso que se genera como resultado de las actividades de valorización derivadas del cumplimiento de las metas.

Como beneficios de carácter privado, también se ha identificado e incorporado al análisis la recuperación de materiales (caucho y acero) y su incorporación a las cadenas de creación de valor que, de lo contrario se desecharían depositados en lugares – con toda seguridad – inadecuados. También se incorpora como beneficio privado el cobro (ingreso para el agente que acopia y valoriza) por la recepción de NFU desde el consumidor de neumáticos.

A partir de la cuantificación de los efectos o impactos asociados al logro de las metas que se pretende evaluar corresponde valorizar económicamente cada uno de ellos de modo que pueda compararse sobre las mismas bases las diferentes alternativas. En general, todos los elementos que se han podido cuantificar fluyen a través de mercados formales y, por lo tanto, tienen precios que permiten su valoración. Por cuanto lo que se pretende evaluar es el resultado que puede tener la aplicación de una política pública, corresponde que los precios a aplicar – en tanto constituyen indicadores relevantes para la asignación de los recursos de la economía – sean aquellos que reflejen el costo que tiene para la sociedad cada unidad del recurso a aplicar. Diversas circunstancias e imperfecciones que inevitablemente tienen los mercados a través de los cuales fluyen dichos recursos, hacen que los precios que se

determinan en ellos (precios de mercado) no reflejen necesariamente el valor que ellos tienen para la sociedad y, por lo tanto, pueden inducir a decisiones que se alejan del óptimo social. Se hace necesario corregir los precios de mercado para llevarlos a lo que se ha denominado los 'precios sociales', acercándose así a una medición de la escasez relativa que el recurso tiene desde la perspectiva de la comunidad en su conjunto (y no solo para los agentes que participan activamente en el mercado y condicionan los precios). Por varias décadas en Chile quien ha jugado un rol central en la estimación de los precios sociales de factores/recursos fundamentales y de gran importancia para la sociedad, ha sido el Ministerio de Desarrollo Social (MIDESO).

Factores/recursos relevantes para los que se estiman precios sociales y perfectamente válidos para los propósitos del presente estudio, son el **factor trabajo**, la **moneda extranjera o divisa** (siendo el dólar americano la divisa más utilizada para la que se estima su precio social), los **combustibles** y el **tiempo** cuyo precio se expresa en términos de la tasa de descuento de flujos monetarios futuros para traerlos a su valor presente, lo que permite comparar de manera válida valores monetarios que se expresarán en algún momento en el futuro con aquellos que se manifiestan hoy día. Dado que la evaluación que se debe realizar para las metas REP involucra un período de diez años, en el que se estarán manifestando los impactos de ir logrando las metas y los esfuerzos o recursos a asignar para lograrlas, es fundamental el uso de una tasa social de descuento para traer todos los valores involucrados a un mismo momento en el tiempo que sea válido para la sociedad en su conjunto; esto es, al valor social presente. En forma relativamente reciente se han incorporado otros recursos a las preocupaciones por estimar sus precios sociales; de particular importancia para este estudio es el precio social de los **neumáticos** y el precio social del **CO₂** o de cada tonelada de este gas (o equivalentes) que no se emite a la atmósfera, en tanto gases con efecto invernadero.

En virtud de la valorización material o física de cada uno de estos impactos y su valoración económica, el bloque **Impactos NFU** tendrá la siguiente estructura:

Figura 55. Estructura General Bloque: Impactos



Fuente: Elaboración propia.

El Escenario Línea Base constituye la situación actual que, en el caso de los neumáticos tienen porcentajes relativamente pequeños de valorización, la cual supone un ritmo de crecimiento de acuerdo al PIB (en ausencia de políticas y metas asociadas a la Ley REP). La identificación y valoración de los impactos para la situación del Escenario de la Línea Base es fundamental, ya que, luego, en la evaluación de metas alternativas, se debe considerar los impactos netos asociados a dichas metas.

El módulo Escenario Proyección de Meta, contempla al, igual que el módulo Escenario Línea Base, la proyección de los beneficios sociales y costos privados en términos físicos o materiales, valorizados en términos económicos. De esta forma, finalmente se construye el módulo Escenario Neto como la diferencia entre el Escenario obtenido a través de la simulación de una Meta y el Escenario Base o actual¹⁹⁷. En virtud de lo anterior, se obtiene el Valor Presente del Escenario Neto, que permite estimar los Indicadores de Rentabilidad Social y Privada correspondiente, y la Relación Beneficio Costo de la Meta propuesta.

Para representar lo anterior, se muestran las tablas asociadas al módulo correspondiente al Escenario Línea Base. Se sigue la misma estructura y lógica para el

¹⁹⁷ Tal como se ha señalado, los precios sociales de los bienes y servicios asociados a los impactos identificados, se incorporan en el bloque BASE-I, permitiendo llegar al valor económico de los impactos, que se incluyen en este bloque, tanto para el ESCENARIO Línea Base, como para el resultado de aplicación de las metas.

Escenario proyección META y Escenario Neto que se construye a partir de la resta de los anteriores.

Finalmente, luego de construirse de manera automática los tres módulos (Escenario Base, Escenario Proyectado, Escenario Neto) en función de las Metas evaluadas, se obtiene la tabla que señala el Valor Presente de los Beneficios Netos a partir de la meta de valorización proyectada, junto al Indicador de Rentabilidad Beneficio-Costo de la meta respectiva.

Figura 56. Bloque Impacto NFU: Escenario Neto-Valor Presente Beneficios Netos por Metas Valorización

ESCENARIO NETO	UNIDAD	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
		2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
TOTAL BENEFICIOS PARA LA SOCIEDAD		-	5.191.603.797	10.746.619.861	16.643.827.509	22.924.098.423	29.600.742.088	33.885.428.803	38.420.669.632	43.218.335.124	48.290.806.429	53.650.996.073
TOTAL COSTOS PARA LA SOCIEDAD		392.992.268	1.568.557.846	2.999.338.702	4.827.860.860	6.445.432.744	8.165.093.611	8.868.835.749	9.610.719.861	10.392.496.941	11.377.911.634	12.245.026.732
VALOR PRESENTE BENEFICIO PRIVADOS	CLP	163.000.441.065	3.876.090.498	7.569.346.539	11.059.457.974	14.370.339.732	17.505.378.470	19.026.552.019	20.458.874.201	21.805.884.459	23.070.999.571	24.257.517.603
VALOR PRESENTE BENEFICIOS PUBLICOS	CLP											
VALOR PRESENTE BENEFICIOS EXTERNOS	CLP	40.810.897.937	1.021.648.933	1.995.106.879	2.915.020.547	3.787.693.364	4.614.017.978	4.861.338.183	5.093.065.448	5.309.833.666	5.512.254.557	5.700.918.381
VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS SOCIEDAD	CLP	203.811.339.002	4.897.739.432	9.564.453.418	13.974.478.520	18.158.033.096	22.119.396.448	23.887.890.202	25.551.939.649	27.115.718.125	28.583.254.128	29.958.435.984
VALOR PRESENTE COSTOS PRIVADOS	CLP	28.987.692.412	723.220.199	1.263.503.511	2.129.148.276	2.739.961.092	3.389.322.477	3.484.395.410	3.582.605.749	3.684.057.030	3.941.610.561	4.049.868.106
VALOR PRESENTE COSTOS PUBLICOS	CLP	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALOR PRESENTE COSTOS EXTERNOS	CLP	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALOR PRESENTE DE COSTOS SOCIEDAD	CLP	28.987.692.412	723.220.199	1.263.503.511	2.129.148.276	2.739.961.092	3.389.322.477	3.484.395.410	3.582.605.749	3.684.057.030	3.941.610.561	4.049.868.106
VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS		174.823.646.590										
RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA		5,62										
RELACION BENEFICIO COSTO SOCIEDAD		7,03										

COMPONENTE 4

XI. PROPOSICIÓN Y EVALUACIÓN DE METAS

En base a la definición de la Línea Base actual para los residuos de NFU, ALU y BFU, la aplicación de la metodología descrita, y luego de un proceso de sensibilización de Escenarios y Metas REP para los tres residuos objeto de este estudio, se realizará una propuesta de Metas de Recolección y Valorización en función de los impactos sociales y económicos que la aplicación de las mismas genere, maximizando el Beneficio Social Neto.

Es importante señalar, que en la definición de metas será fundamental considerar los factores de la realidad nacional y el plazo que se fije para su logro, por ende la metodología propuesta debe incorporar aquellos parámetros y variables críticas dentro de un modelo dinámico que permite sensibilizar en función de los mismos.

La incorrecta fijación de metas o la ineficiencia de los Sistemas de Gestión pueden traer como consecuencia la acumulación y por ende, un manejo inadecuado de los PP. Es por este motivo que la fijación de metas debe ser periódica, con revisiones anuales, al menos al principio, con objetivos claros en cuanto a volúmenes o pesos recolectados y gestionados, y con plazo graduales que permitan la instalación del sistema y una puesta en marcha que les permita consolidarse en un plazo prudente.

En función de la parametrización de las variables relevante a cada Sistema de Gestión, la aplicación de la metodología AGIES, y el diseño de una herramienta computacional de apoyo que permita sensibilizar metas de recolección y valorización de los residuos de NFU, ALU y BFU, se mide el impacto social y económico de la aplicación de las mismas y sus resultados son evaluados en base a Indicadores Socio-Económicos que son propuestos por el Consultor y sensibilizados por la Contraparte.

En atención a que la generación de residuos del transporte se puede estimar a nivel regional, en base a la metodología de Factores de Generación de residuos desarrollada por GESCAM, es posible afirmar que la metodología propuesta incorpora la variable geográfica de manera implícita, mientras que la variable temporal y de gradualidad son consideradas explícitamente en el modelo y en la herramienta computacional que se diseñó al efecto.

La dimensión geográfica a pesar de que el modelo la considera en la Hoja Escenarios junto a la incorporación del Año en que se simula ingresa una nueva planta, no se encuentra activada pues incorpora una serie de supuestos difíciles de modelar y poco confiables en relación a su sintonía con la realidad. Por ejemplo, si se decidiera incorporar una nueva planta de reciclaje de plomo en la VIII Región durante el año 3 (año 2020), eso evidentemente afectará el mercado restando participación a la única empresa que actualmente recicla BFU ubicada en Calama, sin embargo, los costos de transporte promedio utilizados en el modelo,

no se modificarán, pues ocurrirá que RECIMAT (empresa socia de RAM que actúa como operador logístico en todo Chile capturando BFU de sus clientes) sólo disminuirá su frecuencia de despachos a Calama esperando la consolidación óptima de carga, manteniendo sus costos de transporte por kilo de BFU transportada.

Por su parte, los costos de transporte asociados a la nueva planta que se instale, no tendrían que ser muy diferentes a los de RECIMAT, pues claramente el mercado se ajusta para ser competitivo. El efecto mayor de la instalación de una nueva planta sería la disminución de la materia prima disponible para la planta ya existente, sin embargo, este efecto económico es de tipo privado y el modelo ya lo refleja a través de la menor recuperación de plomo y por ende, menores ingresos por venta de este mineral.

A. PROPUESTA METAS VALORIZACIÓN DE NFU Y NMFU

Las opciones de valorización de Neumáticos Fuera de Uso son el recauchaje, el reciclaje y la valorización energética a través de la combustión directa en hornos cementeros o través de la pirólisis.

En virtud de la valoración de los diversos impactos socio-económicos obtenidos al sensibilizar estas distintas alternativas, se proponen las siguientes metas de valorización de NFU y NMFU para alcanzar una meta consolidada de 40%, al cabo de un período de diez años.

- Recauchaje NFU: 1° Quinquenio: Incrementar 7%r
2° Quinquenio: Incrementar 5%
- Reciclaje NFU: 1° Quinquenio: Incrementar 2%
- Recauchaje NMFU: 1° Quinquenio: Incrementar 2%
- Reciclaje NMFU: 1° Quinquenio: Incrementar 1%
- V. Energética NFU: Mantener en 7% (capacidad instalada potencial)

Tabla 117. Propuesta Metas de Valorización NFU y NMFU

Alternativa de Valorización	Valorización Escenario	NUEVA PLANTA		1°	2°	META FINAL [ton]	
	BASE	Año	Región	Quinquenio	Quinquenio	(año 10)	
	[%]			[%]	[%]		
Generación Bruta NFU + NMFU	145.055						
Reutilización Directa NFU (Transporte)	0,1%			0%	0%	0,1%	141
Recauchaje NFU (Camiones y Buses)	8,0%			7%	5%	20,0%	40.980
Reciclaje NFU (Polambiente)	5,1%			2%	0%	7,1%	14.444
Reciclaje NFU (Otro Reciclador)	0,0%						
Valorización Energética:							
Directa a través de Cementeras	0,4%			0%	0%	0,4%	917
Pirólisis (Kona Fuel)	0,0%			7%	0%	7,0%	14.308
Pirólisis (Otro)	0,0%						
TOTAL Sector Transporte	13,6%			16%	5%	34,6%	70.790
Recauchaje NMFU (Minería)	1,7%			2%	0%	3,7%	7.611
Reciclaje NMFU (Bailac)	0,7%			1%	0%	1,7%	3.397
Reciclaje NMFU (Otro Reciclador)	0,0%						
Valorización Energética NMFU (cementeras)	0,0%			0%	0%	0,0%	0
Valorización Energética NMFU (pirólisis)	0,0%			0%	0%	0,0%	0
TOTAL Sector Minería	2,4%			3,0%	0,0%	5,4%	11.008
Total Valorizado ESCENARIO BASE	16,0%			19,0%	5,0%	40,0%	81.798

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM.

Este conjunto de metas parciales de valorización para las opciones de recauchaje, reciclaje y valorización energética mediante pirólisis, permite obtener mejores relaciones Beneficio-Costo que otras combinaciones simuladas, lo cual se explica por el positivo impacto en generación de empleo del recauchaje, el ahorro de materias primas vírgenes, en energía y la reducción en la huella de carbono, alcanzando al cabo de 10 años de proyección, el 40% de valorización global, sin necesidad de nuevas inversiones.

Otras opciones, al requerir de mayores montos de inversión privada, presentan relaciones Beneficio/Costo menos favorables.

Los indicadores que presenta esta alternativa son los siguientes:

Tabla 118. Indicadores de Rentabilidad Alternativa Propuesta Metas NFU

VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS	232.783.446.437
RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA	7,99
RELACION BENEFICIO COSTO SOCIAL	9,73

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM.

Como se observa esta opción presenta una alta Relación Beneficio–Costo Social de 9,73.

B. PROPUESTA METAS VALORIZACIÓN DE BFU

En relación a los impactos socio-económicos asociados a la valorización de baterías fuera de uso, se sensibilizan dos opciones distintas. La primera se refiere a incrementar la tasa actual de reciclaje que se estima alcanza durante el año base, el 77,5%, con la opción de incorporar una nueva planta al mercado que amplíe la oferta y otorgue mejor cobertura geográfica; y la otra opción es la derogación del DS N°2 que impide la exportación de BFU mientras exista capacidad de tratamiento en el territorio nacional con el objeto de alcanzar precios de compra más competitivos que los actuales en otros países OECD, aun cuando esto incumpla el Convenio de Basilea al que Chile adscribe.

Estas opciones involucran algunos supuestos que se explican a continuación.

- Si se introduce una nueva empresa de reciclaje en el mercado, esta capturaría el 50% de la oferta de BFU disponible en el mercado nacional.
- Si se autoriza la exportación de BFU, se estima que el reciclaje no podría aumentar participación, sólo decrecer puesto que ya se encuentra en un nivel de participación importante (77,5%).
- Si se autoriza la exportación, el modelo supone que otros gestores tales como ECOVALOR, asociada a DERCO-GILDEMEISTER, capturaría el 40% del mercado de RECIMAT (red logística de RAM) en los primeros cinco años, estableciendo convenios entre sus asociados del retail, talleres y servitecas y otros gestores de menor tamaño, tentados por un precio de compra superior que dicha empresa les pudiera ofrecer.
- Cuando se exporta las BFU no se logran para el país los beneficios económicos de recuperación de plomo, reducción de huella de carbono y ahorro de energía, mientras por otro lado se pierden empleos asociados a una industria de reciclaje de plomo de menor tamaño.

La primera opción evaluada propone alcanzar una meta de 85,5%, en un plazo de 10 años, sin la incorporación de una nueva planta, es:

Reciclaje BFU: 1° Quinquenio: Incrementar 5%

Reciclaje BFU: 2° Quinquenio: Incrementar 3%

En base a estas metas de recolección y valorización, al cabo del plazo evaluado, se alcanzarían los siguientes resultados:

Tabla 119. Propuesta Metas de Valorización BFU, sin nueva planta

PROYECCIÓN METAS BFU	Alternativa de Valorización	Escenario BASE	NUEVA PLANTA		1°	2°	META FINAL [ton]	
		[%]	Año	Región	Quinquenio	Quinquenio	(año 10)	
					[%]	[%]		
	Generación Bruta BFU	37.167						
	Regeneración (estacionarias)	0,0%			0%	0%	0,0%	0
	Reciclaje (RAM)	77,5%			5%	3%	85,5%	44.773
	Reciclaje (Otro)	0,0%			0%		0,0%	0
	Exportación	0,0%						
	Total Valorizado ESCENARIO BASE	77,5%			5,0%	3,0%	85,5%	44.773

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM.

En base a esta propuesta, la Relación B/C Social será de 1.41, tal como se aprecia en el siguiente cuadro.

Tabla 120. Indicadores de Rentabilidad Propuesta Metas BFU

VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS	4.536.457.251
RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA	1,13
RELACION BENEFICIO COSTO SOCIEDAD	1,41

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM.

En esta misma opción, la incorporación de una nueva planta, en el tercer año o en cualquiera, al sumar gastos de inversión privada y gastos fijos adicionales, rebaja los Indicadores de Beneficio/Costo Social a 0,62, aun cuando se mantengan o incrementen las metas de valorización conjunta para la tecnología de valorización, en este caso el Reciclaje.

Tabla 121. Propuesta Metas de Valorización BFU, sin nueva planta

PROYECCIÓN METAS BFU	Alternativa de Valorización	Escenario BASE	NUEVA PLANTA		1°	2°	META FINAL [ton]					
		[%]	Año	Región	Quinquenio	Quinquenio	(año 10)					
	Generación Bruta BFU	37.167										
	Regeneración (estacionarias)	0,0%			0%	0%	0,0%	0				
	Reciclaje (RAM)	77,5%			5%	3%	85,5%	44.773				
	Reciclaje (Otro)	0,0%	3		0%		0,0%	0				
	Exportación	0,0%										
	Total Valorizado ESCENARIO BASE	77,5%			5,0%	3,0%	85,5%	44.773				
									VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS		-9.504.407.883	
									RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA		0,50	
									RELACION BENEFICIO COSTO SOCIEDAD		0,62	

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM.

Finalmente, se evalúa la opción de exportar a partir del 2° año, la cual muestra indicadores Beneficio/Costo negativos al reducir los beneficios sociales, económicos y ambientales asociados a la pérdida en la recuperación de materias primas (plomo y polipropileno), pérdidas de empleo, pérdida en la reducción de la huella de carbono para Chile, etc., tal como se refleja en la siguiente tabla.

Tabla 122. Propuesta Metas de Valorización BFU, Opción Exportación

PROYECCIÓN METAS BFU	Alternativa de Valorización	Escenario BASE	NUEVA PLANTA		1°	2°	META FINAL [ton]					
		[%]	Año	Región	Quinquenio	Quinquenio	(año 10)					
					[%]	[%]						
	Generación Bruta BFU	37.167										
	Regeneración (estacionarias)	0,0%			0%	0%	0,0%	0				
	Reciclaje (RAM)	77,5%			5%	3%	46,5%	24.350				
	Reciclaje (Otro)	0,0%										
	Exportación	0,0%	2		40%		40,0%	20.950	VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS -158.366.199.483			
	Total Valorizado ESCENARIO BASE	77,5%			40,0%	0,0%	86,5%	45.300	RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA -0,75			
									RELACION BENEFICIO COSTO SOCIEDAD -0,93			

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM.

C. PROPUESTA METAS DE VALORIZACIÓN ALU

Las opciones de valorización de los Aceites Lubricantes Usados son el reciclaje a través de la re-refinación que permite recuperar el aceite base para la elaboración de nuevo aceite lubricante con propiedades técnicas iguales o superiores al de uno virgen, y aceite de cadenilla para todo tipo de motores. La otra opción es la valorización energética a través de quema directa en hornos cementeros, sustituyendo petróleo o carbón, y la fabricación de combustibles alternativos líquidos para calderas industriales (CAL) o el MDO (Marine Diesel Oil) para embarcaciones de gran tamaño.

En virtud de la valoración de los diversos impactos socio-económicos obtenidos al sensibilizar estas distintas alternativas, se proponen las siguientes metas de valorización de ALU para alcanzar una meta consolidada de 80%, al cabo de un período de diez años.

Reciclaje vía Re-Refinación ALU:	1° Quinquenio: Incrementar 1%
V. Energética (Uso Directo Cementeras):	1° Quinquenio: Incrementar 5%
V. Energética (Uso Directo Cementeras):	2° Quinquenio: Incrementar 5%
V. Energética (Uso Directo Cementeras):	1° Quinquenio: Incrementar 5%
V. Energética (CAL):	1° Quinquenio: Incrementar 5%
V. Energética (CAL):	1° Quinquenio: Incrementar 5%

En base a estas metas de recolección y valorización, al cabo del plazo evaluado, se alcanzarían los siguientes resultados:

Tabla 123. Propuesta Metas de Valorización ALU

	Alternativa de Valorización	Valorización Escenario BASE	NUEVA PLANTA		1° Quinquenio	2° Quinquenio	META FINAL [m3] (año 10)	
		[%]	Año	Región	[%]	[%]		
PROYECCIÓN METAS ALU	Generación Bruta NFM + NMFU	129.456						
	Preparación para la Reutilización	0,0%			0%	0%	0,0%	0
	Reciclaje (Aceite Lubricante RE-Refinado: FuturOil)	2,8%			1,0%	0%	3,8%	6.897
	Otro Productor Aceite Re-Refinado	0,0%	0					
	Reciclaje (Aceite Cadenilla, Impregnate madera)	1,9%					1,9%	3.537
	Total Reciclaje	4,7%			1,0%	0%	5,7%	10.434
	Valorización Energética (Uso Directo Cementeras)	37,3%			5%	5%	47,3%	86.311
	Valorización Energética (CAL, MDO)	17,3%			5%	5%	27,3%	49.780
	Total Valorización Energética	54,6%			10%	10%	74,6%	136.092
	Total Valorizado AÑO BASE	59,3%			11%	10%	80%	146.526

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM.

La Relación B/C Social de esta opción alcanza un índice de 104,73.

Tabla 124. Indicadores de Rentabilidad Propuesta Metas ALU

VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS	309.953.746.728
RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA	48,50
RELACION BENEFICIO COSTO SOCIEDAD	104,73

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM.

En esta misma opción, la incorporación de una nueva planta de re-refinación el tercer año, al sumar gastos de inversión privada y gastos fijos adicionales, rebaja los Indicadores de Beneficio/Costo Social a 28,46, pero permite incrementar las metas de valorización consolidada de ALU, siendo de igual forma muy beneficioso desde cualquier punto de vista.

Tabla 125. Propuesta Alternativa de Metas de Valorización ALU

	Alternativa de Valorización	Valorización	NUEVA PLANTA		1°	2°	META FINAL [m3]			
		Escenario BASE	Año	Región	Quinqueni	Quinqueni	(año 10)			
		[%]			[%]	[%]				
PROYECCIÓN METAS ALU	Generación Bruta NFU + NMFU	129.456								
	Preparación para la Reutilización	0,0%			0%	0%	0,0%	0		
	Reciclaje (Aceite Lubricante RE-Refinado: FuturOil)	2,8%			3,0%	3%	8,8%	16.018		
	Otro Productor Aceite Re-Refinado	0,0%	3							
	Reciclaje (Aceite Cadenilla, Impregnate madera)	1,9%					1,9%	3.537		
	Total Reciclaje	4,7%			3,0%	3%	10,7%	19.555		
	Valorización Energética (Uso Directo Cementeras)	37,3%			5%	5%	47,3%	86.311	VALOR PRESENTE BENEFICIOS NETOS	692.109.596.560
	Valorización Energética (CAL, MDO)	17,3%			5%	5%	27,3%	49.780	RELACION BENEFICIO COSTO PRIVADA	21,56
	Total Valorización Energética	54,6%			10%	10%	74,6%	136.092	RELACION BENEFICIO COSTO SOCIEDAD	28,46
	Total Valorizado AÑO BASE	59,3%			13%	13%	85%	155.647		

Fuente: Elaboración propia en base a modelo Pro-Meta, GESCAM

D. IMPACTOS NO FACTIBLES DE VALORAR

En toda evaluación integral es importante reconocer y describir los efectos de valorar los efectos intangibles en una evaluación de impactos tradicional, por la dificultad de traducir en términos monetarios algunos costos y beneficios. Se debe recordar que cada costo y cada beneficio, en la evaluación tradicional debe ser identificado, medido y finalmente valorado (en términos monetarios y sociales), esto último a objeto de tener un único criterio común que permita tomar la decisión correcta para maximizar el Beneficio Neto. Sin embargo, muchas veces no es fácil llevar todos los impactos a unidades monetarias.

Un ejemplo: ¿cuánto vale el beneficio de colocar un semáforo en un cruce peligroso? Algunos dirán que se puede medir a través de evitar la pérdida de vidas humanas, pero el cómo se asigna un valor único a este impacto, es una problemática con muchas aristas que se contraponen con la definición de los costos de esta medida, por ejemplo, cinco millones de pesos¹⁹⁸.

Frecuentemente la intangibilidad se hace más patente por el lado de los beneficios, los costos suelen ser más fáciles de valorar. Entonces es posible constituir una razón Impacto/Costo o Costo/Impacto como aproximación a la razón Beneficio/Costo. El Impacto no lo podemos transformar en beneficio justamente por la dificultad de valorarlo en términos monetarios, sin embargo se puede medir en sus “unidades naturales”. En el ejemplo del semáforo supongamos que podemos determinar que los accidentes con resultado de muerte disminuirán de 15 por año a dos por año, en este caso la razón Costo/Impacto será 5 millones de \$/ 13 vidas ahorradas por año. Como se puede ver los indicadores costo impacto no sirven para determinar la conveniencia de hacer o no hacer un proyecto individual, sólo sirven para comparar alternativas de proyectos. Si la razón utilizada es Impacto/Costo seleccionamos la alternativa de mayor razón, ya que esa tendrá el mayor impacto, el menor costo o ambos. Al revés si usamos Costo/Impacto seleccionamos la alternativa de menor razón¹⁹⁹.

Cabe destacar finalmente, que sin perjuicio de los beneficios cuya cuantificación se ha incorporado al análisis para evaluar las metas REP así como también los costos correspondientes, es necesario reconocer la existencia de otros beneficios y costos cuya cuantificación resulta extremadamente difícil, si no imposible, dado el estado actual de la información disponible para los residuos prioritarios bajo análisis. Por el lado de los beneficios, estos caen principalmente en el ámbito de lo público y de lo que se ha dado en llamar “beneficios externos” o ámbito social.

¹⁹⁸ Gabriel Fierro, “Análisis Costo Beneficio de Inversiones en Salud”, proyecto HSRP del Ministerio de Salud, 1992 y “Implementación de Telemedicina en el Sector Público de Salud Chileno”, Rodrigo Carvajal, Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile, 2001

¹⁹⁹ Eduardo Contreras, “Evaluación de Inversiones Públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Chile”, 2001.

El “beneficio” incuantificable más claro e importante que no ha sido considerado entre las cifras del modelo, corresponde a los impactos negativos que se dejan de generar – tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas – desde el momento que la disposición inadecuada de estos residuos cesa por el hecho que se integran a la cadena de valor de la economía (cuyo efecto, este último, si se incorpora). Teóricamente es posible hacer estimaciones por ejemplo, de cuanto efecto pueden tener sobre la salud de la población las emisiones de contaminantes provenientes de la quema clandestina de NFUs, de la fundición inapropiada de BFUs o del vertimiento incontrolado de ALUs; sin embargo, por el hecho que se reconoce sin lugar a dudas que el nivel concreto, destino o lugares precisos donde dichas prácticas se realizan es desconocido para prácticamente la totalidad de los residuos peligrosos que no se valorizan, cualquier cuantificación (física y, por cierto, económica) de tales impactos y de los beneficios que tendría el hecho de detener dichas prácticas resultaría con un alto grado de incertidumbre. Los resultados de una evaluación realizada sobre estas bases serían muy poco confiables.

Lo anterior no significa, en todo caso, que se ignore su existencia a la hora de hacer las evaluaciones. Su consideración, aun en términos cualitativos, se hace particularmente importante en los casos que estamos analizando. Las opciones que sugiere la experiencia de evaluación social de proyectos y políticas públicas en estos casos es – ante la ausencia de beneficios que se pueda incluir en las ecuaciones – generar las comparaciones a partir de los costos de aplicar medidas o realizar acciones **alternativas** que tengan los mismos impactos esperados y entonces optar por aquellas con los costos más bajos. Esta lógica, sin embargo, no resulta tan simple ni directa en estos casos.

La evaluación requerida dice relación principalmente con los niveles y temporalidad de las metas que la autoridad establezca para valorizar los residuos peligrosos. Por lo tanto, las diversas alternativas que se pueda plantear, tal como queda de manifiesto en el ejercicio de aplicar el modelo propuesto, conduce a resultados (y sus correspondientes impactos) **diferentes** en la generalidad de los casos. Es así que la segunda mejor alternativa (el llamado análisis de costo-efectividad) para incorporar los impactos no cuantificables tampoco es del todo aplicable.

Para tratar de dilucidar la forma cómo debiéramos incorporar estos elementos cualitativos dentro de la metodología de evaluación, hay que poner en contexto su utilización en una eventualidad en que los resultados de un set de metas sean tan parecidos a los de otro, que se requiera la consideración de dichos elementos para resolver.

Si aplicamos el método de evaluación en discusión a un conjunto de metas que implica aumentar la valorización de los residuos peligrosos (disminuir su disposición inadecuada) en un cierto nivel y a un cierto ritmo en el tiempo, y se contrasta con otro conjunto más exigente en el nivel de las metas o con un ritmo más acelerado, es seguro que en este segundo caso el valor (si se pudiera calcular) de los beneficios sociales alcanzados

será mayor. En el caso de los NFU, por ejemplo, considerando los beneficios sociales posibles de cuantificar las razones de beneficio costo social crecen si se elevan las metas para el primer período quinquenal, aun cuando se mantenga su nivel al cabo de los diez años. Por el otro lado, los costos directos de lograr las metas también tenderán a aumentar. Dado que, por el carácter de la Ley REP, el esfuerzo de alcanzar tales metas recae – en general – en el mundo privado, los incrementos de costos caerán principalmente en este ámbito, incluido el peso de las inversiones necesarias para enfrentar el cumplimiento de tales metas; es posible que, en algunos casos y dependiendo de la elasticidad de la demanda de los bienes cuyo uso genera los residuos peligrosos, dichos mayores costos no puedan traspasarse a los usuarios o consumidores y su flujo – en términos de valor presente – termine superando el valor presente del flujo de beneficios privados. La aplicación de la política de REP en esta eventualidad tendrá que dar cuenta de cómo inducir a los productores o importadores a emprender las actividades correspondientes (que no serían rentables privadamente) y en ello, la claridad respecto de los beneficios sociales que si se han podido cuantificar como, especialmente de aquellos para los que no ha sido posible dicha cuantificación, es de gran importancia a la hora de tomar la decisión de que nivel y ritmo deberán ser las metas de valorización.

Es también no sólo posible, sino probable, que la demanda de los neumáticos, baterías, aceites y lubricantes sea relativamente inelástica y que los productores o importadores, enfrentados a los mayores costos de hacerse cargo de los correspondientes residuos con metas más exigentes, puedan traspasar tales costos a los usuarios o consumidores de tales bienes a través de sus precios. Con ello, parte de los beneficios sociales incorporados en los cálculos pueden verse compensados por la pérdida de bienestar para la población consumidora, derivada del incremento de los precios. La dificultad se incrementa si se tiene en cuenta que es posible que la población consumidora cuyo bienestar se reduce no sea la misma que aquella que se beneficia de la reducción de estos residuos mal dispuestos. También es posible que los productos que potencialmente se generan en el proceso de valorización de los residuos peligrosos no tengan mercados claros y – por lo tanto – sus precios no resulten en rentabilidad positiva para las empresas que realizan dicha valorización. Ejemplo de ello, es la acumulación de stocks de gránulos de caucho derivada del procesamiento de NFUs por la falta de mercados para su colocación en la cuantía suficiente.

Todo ello constituye un set de consideraciones que deben tenerse en cuenta y ser precisadas lo mejor posible en cuanto a la identificación de los grupos sociales que pagan los costos y de aquellos que reciben los beneficios (aun cuando no se conozca su verdadera magnitud) para complementar los indicadores que resulten de la aplicación de los modelos de evaluación, a la hora de decidir sobre las metas a establecer.

Beneficios externos (sociales) que deberán considerarse en el contexto antes señalado son, entre otros:

- a) Como se ha señalado, los beneficios que reciben los grupos de población (dondequiera que ellos se encuentren) que dejan de verse expuestos a los elementos contaminantes derivados de la sabida pero desconocida quema clandestina de neumáticos, fundición irregular y descontrolada de baterías de plomo y vertimiento inadecuado de aceites y lubricantes usados;
- b) El beneficio que deriva del deterioro paisajístico e impacto negativo sobre la funcionalidad de los ecosistemas que deja de producirse por disminuir la disposición de ALU, BFU y NFU en lugares y en condiciones inadecuadas, particularmente de aquellos que tienen calidad de peligrosos
- c) El beneficio en plusvalía potencial que se produce sobre el suelo urbano al evitar el eventual apareamiento de vertederos clandestinos, si se reduce la disponibilidad descontrolada de estos residuos, al incorporarlos a los circuitos de creación de valor
- d) Los beneficios asociados a los cambios culturales que se derivan del rompimiento de malos hábitos de aseo, cuidado del entorno, economía en el uso de los recursos, tanto a nivel personal como empresarial, que habitualmente acompaña el manejo descuidado y sin destino de estos residuos peligrosos.

Además de estos beneficios difícilmente cuantificables que resultan del establecimiento e implementación de metas de recolección y valorización por encima de lo que *naturalmente* están dispuestos a realizar los agentes sociales, también hay que considerar algunos costos externos igualmente difíciles de cuantificar, pero que pueden ayudar a decidir en un sentido u otro los niveles y ritmos de las metas a establecer.

- a) Como ya se ha señalado, los costos derivados de incrementos en los precios que pudiesen ocurrir en los bienes cuyo uso genera los residuos prioritarios de ALU, BFU y NFU, bajo condiciones de demanda inelástica de ellos
- b) Costos asociados a incremento de emisiones derivados de actividades de mayor transporte de los residuos peligrosos desde sus lugares de generación hasta aquellos de acopio y tratamiento
- c) Costos distributivos como consecuencia de cambios en los agentes que de alguna forma se hacían cargo de los residuos peligrosos antes de su regulación y establecimiento de metas, luego de lo cual tienden a institucionalizarse

Por último, es importante dejar señalado que en algún momento se deberá calcular e incorporar a las evaluaciones los costos públicos (sociales) y su modo de financiamiento, asociados a la regulación y fiscalización en el cumplimiento de las metas y que dependerá, por una parte de la combinación de políticas específicas que se diseñe para lograr las metas y por la otra del comportamiento tanto de los productores o importadores como de los agentes generadores frente a esta nueva regulación; costos que pueden ser mayores a medida que se incrementa su nivel y ritmo.

E. MEJORAS METODOLOGICAS

El análisis de la Línea Base para los tres productos prioritarios y sus residuos, la metodología propuesta y su sistematización en un modelo computacional que permite evaluar el impacto social y económico de las Metas REP, a través del desarrollo del estudio, han permitido identificar junto a la Contraparte, aquellas mejoras metodológicas y de diseño que tanto el informe como el Modelo Pro-META en su versión final, ya incorporan.

Sin perjuicio de lo anterior, nuevas mejoras podrán ser incorporadas en la medida que se enmarquen dentro de los alcances de este proyecto.

Por otra parte, la retroalimentación y actualización permanente del sistema, forma parte de su funcionalidad, posibilitando a través de la modificación de los parámetros y variables críticas, la actualización de los resultados frente a nuevos escenarios y/o la modificación de las metas parciales de recolección y valorización, según la metodología basada en una AGIES y desarrollada para efectos de este estudio.

XII. POLICY BRIEF

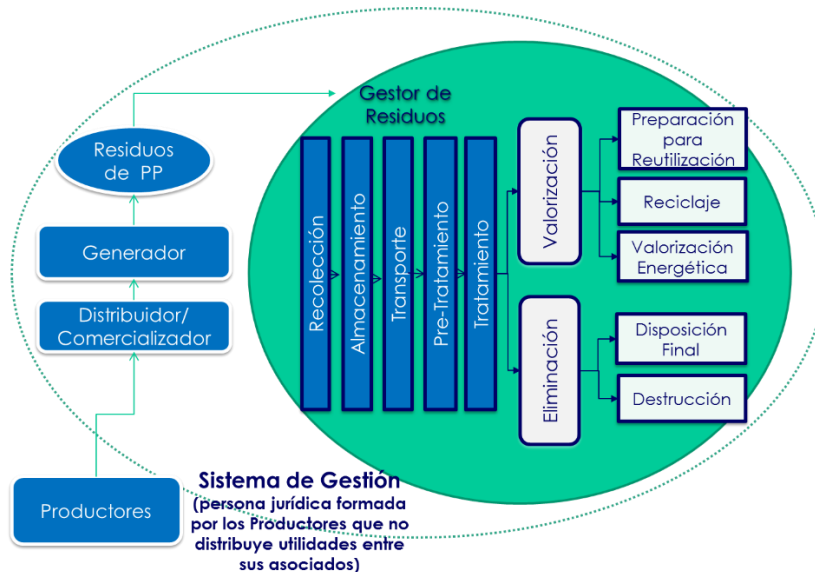
Para efectos de establecer metas de valorización de residuos para aceites lubricantes, baterías y neumáticos, en el contexto de la Ley N°20.920 de Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, ley REP, es necesario disponer de antecedentes metodológicos y técnicos que permita la evaluación económica de metas de recolección y valorización y rentabilización de los correspondientes residuos generados al final de su vida útil.

En este contexto, la ley identifica a los principales actores de la industria y su correspondiente rol, estos es, productores, generadores, gestores, distribuidores y comercializadores, y establece las obligaciones específicas a la que estarán sometidos, entre las que se encuentra el cumplimiento de **metas específicas de recolección y valorización** de los residuos provenientes de estos productos a través de la formación de sistemas de gestión individuales o colectivos.

Los sistemas de gestión actuarán en representación de los productores y deberán encargarse de organizar y financiar la recolección de los RPP (residuos de productos prioritarios) en todo el territorio nacional y velar que su tratamiento se realice por gestores autorizados, con los que se establezcan convenios.

Gráficamente, el modelo de la REP se puede representar de la siguiente forma:

Figura 57. Modelo Sistema de Gestión Ley REP

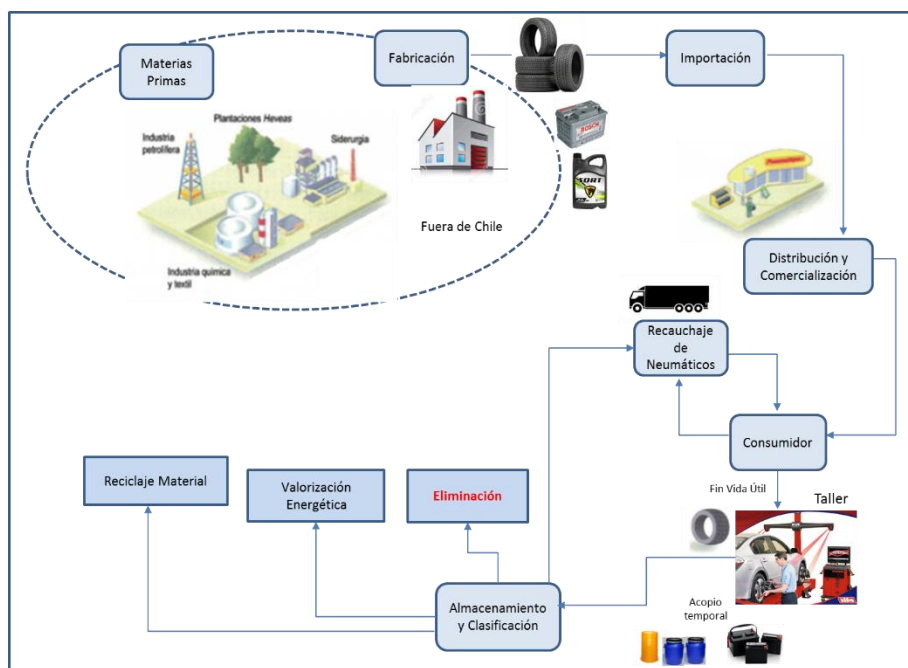


Fuente: Presentación Taller REP, GESCAM, Abril 2014.

Es importante destacar que la REP nace como respuesta frente a las fallas del mercado que no se hacen cargo de las externalidades negativas asociadas a los residuos. Teniendo en cuenta que la doctrina y los organismos internacionales recomiendan el uso de un abanico amplio de instrumentos de gestión ambiental, la REP es un instrumento de gestión que puede llegar a ser poderoso porque responde a una visión que considera al residuo como un recurso que puede ser la base del desarrollo de nuevos eslabonamientos productivos o nuevas oportunidades de negocio²⁰⁰.

Para efectos de investigar la situación actual y establecer una Línea Base, se realiza una caracterización de las actividades y procesos involucrados en el ciclo de vida de cada uno de los productos y de los residuos de los productos prioritarios objeto de este estudio, identificando puntos de generación, distribución, recolección, transporte, pre-tratamiento, tratamiento de la recuperación y reciclaje de estos residuos.

Figura 58. Ciclo de Vida Integral de Aceites Lubricantes, Baterías y Neumáticos



Fuente: Elaboración propia.

Una vez planteada la Línea Base para los tres Productos Prioritarios, Aceites Lubricantes, Baterías y Neumáticos, se diseña una metodología para proyectar y evaluar diferentes metas REP de recolección y valorización de los residuos correspondientes, ALU, BFU y NFU.

²⁰⁰ A partir de información obtenida de <http://www.cpl.cl>

Como instrumento económico de política ambiental los Esquema REP se han desarrollado de manera persistente en el tiempo, teniendo por objetivo cubrir parcial o totalmente los costos netos de la gestión de los residuos de productos prioritarios, esto es, los costos de recolección y tratamiento, menos los ingresos procedentes de la venta de los materiales recuperados, así como de administración, información y costos de comunicación en relación con el funcionamiento de los Sistemas de Gestión.

La sistematización de experiencias muestra que las soluciones son contextuales, es decir, dependen caso a caso de diversos factores que se mueven en dimensiones distintas pero que deben funcionar de manera armónica entre sí. Aparentemente, no existe un esquema REP “único” o “general” a aplicar, sin embargo, la investigación sobre la evaluación de estos esquemas indica ciertos aspectos comunes en las implementaciones efectivas en el mundo. Por otra parte, el ciclo completo de un proceso de implementación de un esquema REP, debe observarse desde la etapa actual de evaluación ex ante, en base a un AGIES, para la evaluación de potenciales metas, y cómo éstas van condicionando los Planes de Gestión que permitan finalmente la implementación exitosa del proceso.

Por otra parte, a partir de la elaboración Estrategias de Desarrollo de los Sistemas de Gestión, es posible determinar el alcance que puede llegar a tener una determinada meta, en función del Escenario Base actual que involucra una infraestructura de recolección-transporte y posibilidades tecnológicas de valorización existentes. Asimismo, se establecieron los parámetros y variables críticas asociados al análisis del Escenario Base y las posibles configuraciones de desarrollo en base a la capacidad potencial de recolección-transporte y valorización de residuos, en función de las alternativas tecnológicas existentes.

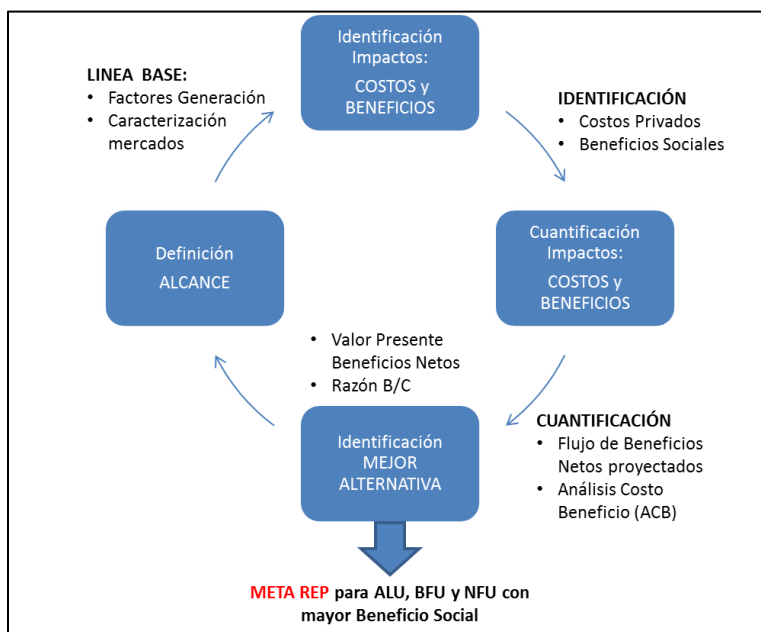
La estrategia seguida para definir la metodología general del AGIES corresponde a una sistematización de los tres casos de residuos sobre los que se aplicó una evaluación de carácter preliminar, lo que permitió entender los requerimientos de información del proceso.

En la siguiente figura se representa los pasos fundamentales de aplicación de dicha metodología, donde la primera etapa corresponde a la definición del Alcance, estableciendo la Línea Base, respecto de la cual se evaluarán las diferentes metas a sensibilizar.

La etapa siguiente y subsiguiente corresponde a la identificación de impactos económicos y sociales y la cuantificación y valoración de los mismos, en términos de costos y beneficios.

La fase final compara las diferentes alternativas en términos netos, es decir, cada uno con respecto a la Línea Base, y los evalúa en función de la razón Beneficio Costo del flujo de Beneficios Netos, obteniendo la alternativa más beneficiosa para la sociedad.

Figura 59. Etapas Generales e un AGIES



Fuente: Elaboración propia en base a MMA, “Evaluación económica, ambiental y social de la implementación de la REP en Chile”, 2011.

Para el caso particular de los residuos sólidos en estudio, se desarrollaron las siguientes etapas.

Figura 60. Etapas de Desarrollo de un AGIES para ALU, BFU y NFU

Fase	Características de cada Fase	Información requerida
<p>Definición del alcance</p>	<p>Establecimiento de línea de base y su proyección: Configuración actual de generación de residuos, infraestructura de mercado de valorización, proyección en el tiempo.</p>	<p>Definición de Alcance</p> <ol style="list-style-type: none"> Definir el alcance geográfico y temporal Definir los contaminantes considerados Identificar los tipos de fuentes generadoras Identificar la población y/o receptores afectados Definir los efectos a considerar: salud, otros Identificación de Escenarios en base a alternativas tecnológicas existentes <p>Caracterización del Residuo</p> <ol style="list-style-type: none"> Caracterización del residuos Definir Categorías Caracterización de Fuentes Generadoras <ul style="list-style-type: none"> • Factor de generación • Estimar generación por tipo de fuente. • Proyectar generación <p>Identificación de Parámetros o supra variables (PIB, Metas).</p> <p>Identificación de Variables Críticas que condicionan los Sistemas de Gestión para la definición del Escenario Base y la parametrización de los escenarios alternativos (generación y proyección de residuos, alternativas de valorización e infraestructura disponible).</p>

<p>Identificación de Impactos: Costos y Beneficios</p>	<p>Considerando escenarios definidos en base a las alternativas tecnológicas existentes, se identifican los impactos y los beneficios y costos de su realización</p>	<p>Identificación y Valoración de Impactos</p> <ol style="list-style-type: none"> Identificar los impactos asociados a los contaminantes a evaluar. Cuantificar el cambio de incidencia de los impactos producto de la reducción de la generación de residuos. <p>Los Impactos a analizar son de tres tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Impacto Ambiental Impacto Social Impacto Económico
<p>Cuantificación de costos y beneficios</p>	<p>La matriz de valorización de costos normalmente considera una planilla Excel con los parámetros y variables críticas de cada escenario.</p>	<p>Determinar costos Determinar costos privados y sociales de implementar las medidas.</p> <p>Establecer los Beneficios Valorizar socialmente los impactos en términos monetarios.</p>
<p>Evaluación Económica y Social de las alternativas y Propuesta de Meta</p>	<p>Se define la mejor alternativa de meta REP en función de la opción que alcance la mejor relación Beneficio/Costo social.</p>	<p>Análisis Económico</p> <ol style="list-style-type: none"> Seleccionar la tasa de descuento (tasa social). Determinar beneficio social Determinar costos privados Calcular los indicadores de rentabilidad social. Realizar un análisis de sensibilidad en parámetros relevantes. Determinar indicadores de rentabilidad social

En función de la metodología anterior, se diseñó una aplicación en Excel que permite simular las diferentes metas para cada uno de los residuos en estudio en base a las alternativas de valorización disponibles, siendo posible su evaluación en línea, puesto que se encuentran encadenados a todos los parámetros y variables críticas correspondientes.

Como resultado de este ejercicio, se observa claramente que en los neumáticos, la mejor alternativa es aquella que evita la generación de residuos, es decir el recauchaje, alcanzando las más altas relaciones de Beneficio/Costo.

En el caso de las baterías, la mejor alternativa es aumentar las tasas internas de reciclaje, recuperando las materias primas de plomo y polipropileno, manteniendo y aumentando progresivamente las tasas de empleo de la industria y reduciendo las emisiones de CO₂, con lo cual se aporta significativamente al cumplimiento de las metas que Chile ha comprometido a nivel internacional.

En el caso de los aceites lubricantes usados, la mejor opción es una combinación de opciones de valorización material y energética, sin realizar nuevas inversiones, puesto que existe capacidad ociosa disponible y/o por autorizar que permitiría abordar mayores tasas de valorización.

Sin embargo, en todos los casos este incremento de la valorización debe ir acompañado de un aumento en la demanda de los productos resultantes de la misma, asegurando además estabilidad de oferta, lo cual permitiría la construcción de relaciones oferta-demanda sostenibles en el largo plazo.

A partir de lo anterior, se plantean una serie de recomendaciones que apuntan en este sentido para cada uno de los residuos de los productos prioritarios de neumáticos, baterías y aceites lubricantes.

Figura 61. Medidas para la Reducir la Generación de NFU y Aumentar la Valorización con Indicadores de Costo-Desempeño

PROGRAMAS	LÍNEAS DE ACCIÓN	MEDIDAS o PROYECTOS ASOCIADOS NFU	VARIABLE CRÍTICA	INDICADOR COSTO DESEMPEÑO
I. Programa de Minimización de NFU en base a la aplicación de instrumentos de incentivo económico y regulación.	1. Aplicación de Instrumentos Económicos	a. Ecotasa para financiar gestión de neumáticos no recauchables.	Monto de Ecotasa	Costo por tonelada adicional a la Línea Base, recolectada y valorizada.
		b. Depósito-reembolso para neumáticos recauchables.	Monto de Reembolso	Reducción de generación de NFU proveniente de camiones y buses.
	2. Aplicación de Instrumentos Política Pública que garanticen transparencia del sistema y cumplimiento de la normativa vigente.	a. Modificaciones al RETC para el registro en línea de generación, transporte, valorización de NFU.	Toneladas de NFU generadas y valorizadas.	Valorización de costos ambientales evitados una vez superada la Línea Base.
		a. Planes de fiscalización de almacenamiento y tratamiento de residuos no peligrosos.	Toneladas de NFU con potencial disposición ilegal.	Valorización de costos ambientales evitados una vez superada la Línea Base.
II. Programa de incentivo estatal al desarrollo de un mercado sustentable para subproductos de los NFU	1. Fomento a la Investigación y Desarrollo con financiamiento CORFO u otros organismos.	a. Diseñar Programa de Proyectos Concursables para la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías existentes a nivel internacional, para la valorización de NFU.	Cantidad de Proyectos adjudicados en desarrollo.	Desarrollo de nuevas tecnologías.
	2. Programa de Incentivo por parte del Estado para el desarrollo de un mercado sustentable.	a. Incorporación de criterios de evaluación en procesos de compras públicas que privilegien a los proveedores que ofrezcan productos o servicios relacionados con la minimización y/o valorización de NFU (polvo de caucho en asfalto de carreteras, paneles termoaislantes, canchas sintéticas deportivas.etc.)	Toneladas de NFU valorizado utilizado para satisfacer adjudicaciones del Estado.	Valorización de costos ambientales evitados una vez superada la Línea Base.
III. Programa de Desarrollo y/o Actualización de Marco Normativo que garantice transparencia en la calidad de los PP y en aquellos provenientes de su valorización.	1. Actualización y Desarrollo de Normativa y Creación de Entidad Certificadora	a. Actualización de Normativa Existente en relación a las plantas de tratamiento de NFU y de sus productos derivados.	Cantidad de Normas nuevas y/o actualizadas	Aumento en la producción de NFU valorizado (oferta respondiendo a mayor demanda).
		b. Creación de un Laboratorio de Ensayos y/o Certificadora (universidad estatal u organismo independiente) que certifique especificaciones técnicas de neumáticos importados de acuerdo a etiquetado y/o Norma Chilena por desarrollar.	Identificación y asignación de rol certificador a uno varios laboratorios	Aumento en la producción de NFU valorizado (oferta respondiendo a mayor demanda).
		c. Incorporación de Etiquetado a neumáticos donde se informe características técnicas que permitan al consumidor una compra informada en relación a su vida útil, relación consumo combustible, recauchabilidad, etc.	Diseño e incorporación de etiquetado	Menor generación de NFU/año.
	2. Desarrollo de Normas Técnicas INN	a. Elaboración de Normas Técnicas que permitan garantizar calidad de productos importados, del proceso de recauchaje y reciclados a partir de NFU.	Cantidad de Normas Técnicas nuevas y/o actualizadas	Aumento en la producción de NFU valorizado (oferta respondiendo a mayor demanda).
IV. Programa de Capacitación y Difusión	1. Capacitación a proveedores del Estado	a. Capacitación sobre las ventajas económicas, sociales y ambientales del uso de insumos proveniente de la valorización de NFU.	Cantidad de proveedores capacitados.	Aumento en la demanda por productos derivados de la valorización de NFU.
	2. Capacitación a funcionarios públicos evaluadores y fiscalizadores (REP y productos provenientes del reciclaje)	a. Capacitación a funcionarios públicos (evaluadores de proyectos y fiscalizadores del área salud y medio ambiente) respecto de la REP y de los procesos productivos asociados a la valorización de NFU.	Cantidad de funcionarios públicos capacitados.	Disminución de la cantidad total de NFU sin destino conocido.
	3. Difusión consumidores, en general y focalizado.	a. Campañas de difusión a consumidores respecto de la REP, los beneficios de la valorización de residuos de NFU y los perjuicios de su disposición inadecuada.	Cantidad de consumidores asistentes a los talleres de difusión.	Aumento en la recolección de NFU fruto de la decisión informada del generador que asiste a servicentros con convenio de recolección.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 62. Medidas para la Reducción de BFU con Destino Desconocido con Indicadores de Costo-Desempeño

PROGRAMAS	LÍNEAS DE ACCIÓN	MEDIDAS o PROYECTOS ASOCIADOS NFU	VARIABLE CRÍTICA	INDICADOR COSTO DESEMPEÑO
I. Programa de Minimización de BFU en base a la aplicación de instrumentos de incentivo económico y regulación.	1. Aplicación de Instrumentos Económicos	a. Depósito-reembolso para compra de Baterías nuevas.	Monto de Reembolso	Reducción de generación de BFU con destino desconocido.
	2. Aplicación de Instrumentos Política Pública que garanticen transparencia del sistema y cumplimiento de la normativa vigente.	a. Modificaciones al RETC para el registro en línea de generación, transporte, valorización de NFU.	Toneladas de BFU generadas y valorizadas.	Valorización de costos ambientales evitados una vez superada la Línea Base de recolección y valorización.
		a. Planes de fiscalización de almacenamiento y tratamiento de residuos no peligrosos.	Toneladas de BFU con potencial disposición y/o valorización legal.	Valorización de costos ambientales evitados una vez superada la Línea Base.
II. Programa de incentivo estatal al desarrollo de un mercado sustentable para subproductos de los BFU	1. Fomento a la Investigación y Desarrollo con financiamiento CORFO u otros organismos.	No se requiere, el mercado existe y los incentivos económicos de la valorización son suficientes para el desarrollo de un mercado sustentable.	-	-
	2. Programa de Incentivo por parte del Estado para el desarrollo de un mercado sustentable.			
III. Programa de Desarrollo y/o Actualización de Marco Normativo que garantice transparencia en la calidad de los PP y en aquellos provenientes de su valorización.	1. Actualización y Desarrollo de Normativa y Creación de Entidad Certificadora	No se requiere, el mercado se encuentra desarrollado.	-	-
	2. Desarrollo de Normas Técnicas INN			
IV. Programa de Capacitación y Difusión	1. Capacitación a proveedores del Estado	No aplica	-	-
	2. Capacitación a funcionarios públicos evaluadores y fiscalizadores (REP y productos provenientes del reciclaje)	a. Capacitación a funcionarios públicos (evaluadores de proyectos y fiscalizadores del área salud y medio ambiente) respecto de la REP y de los procesos productivos asociados a la valorización de BFU.	Cantidad de funcionarios públicos capacitados.	Disminución de la cantidad total de BFU sin destino conocido.
	3. Difusión consumidores, en general y focalizado.	a. Campañas de difusión a consumidores respecto la REP, los beneficios de la valorización de BNFU y los perjuicios de su disposición inadecuada.	Cantidad de consumidores asistentes a los talleres de difusión.	Aumento en la recolección de BFU fruto de la decisión informada del generador que asiste a servicentros con convenio de recolección.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 63. Medidas para Aumentar Valorización de ALU y Reducir Eliminación con Destino Desconocido

PROGRAMAS	LÍNEAS DE ACCIÓN	PROYECTOS o MEDIDAS ASOCIADAS	VARIABLE CRÍTICA	INDICADOR COSTO DESEMPEÑO
		ALU		
I. Programa de Minimización de ALU, BFU y NFU en base a la aplicación de instrumentos de incentivo económico y regulación.	1. Aplicación de Instrumentos Económicos	a. Ecotasa para financiar gestión en post de logro de la meta propuesta.	Monto de Ecotasa	Costo por tonelada adicional a la Línea Base, recolectada y valorizada.
	2. Aplicación de Instrumentos Política Pública que garanticen transparencia del sistema y cumplimiento de la normativa vigente.	a. Modificaciones al RETC para el registro en línea de generación, transporte, valorización de ALU y eliminación de ALU.	Toneladas de ALU generadas y valorizadas.	Valorización de costos ambientales evitados una vez superada la Línea Base.
		b. Plan de Fiscalización de almacenamiento y tratamiento de RESPEL por parte de la Autoridad	Toneladas de ALU con potencial disposición ilegal.	Valorización de costos ambientales evitados una vez superada la Línea Base.
II. Programa de incentivo estatal al desarrollo de un mercado sustentable para subproductos de los ALU, BFU y NFU	1. Fomento a la Investigación y Desarrollo con financiamiento CORFO u otros organismos.	a. Diseñar Programa de Proyectos Concursables para la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías existentes a nivel internacional, para la valorización de ALU.	Cantidad de Proyectos adjudicados en desarrollo.	Desarrollo de nuevas tecnologías.
	2. Programa de Incentivo por parte del Estado para el desarrollo de un mercado sustentable.	a. Incorporación de criterios de evaluación en los procesos de compras públicas que privilegien a los proveedores que ofrezcan productos o servicios relacionados con la minimización y/o valorización de ALU (aceite re-refinado, uso de CAL, etc).	Toneladas de ALU valorizado utilizado para satisfacer adjudicaciones del Estado.	Valorización de costos ambientales evitados una vez superada la Línea Base.
III. Programa de Desarrollo y/o Actualización de Marco Normativo que garantice transparencia en la calidad de los PP y en aquellos provenientes de su valorización.	1. Actualización y Desarrollo de Normativa y Creación de Entidad Certificadora	a. Actualización de Normativa Existente en relación a las plantas de tratamiento de ALU y de sus productos derivados.	Cantidad de Normas nuevas y/o actualizadas	Aumento en la producción de ALU valorizado (oferta respondiendo a mayor demanda).
		b. Creación de un Laboratorio de Ensayos y/o Certificadora (universidad estatal u organismo independiente) que certifique calidad de productos importados de acuerdo a normativa actual y de los productos reciclados provenientes del ALU.	Identificación y asignación de rol certificador a uno varios laboratorios	Aumento en la producción de ALU valorizado (oferta respondiendo a mayor demanda).
		c. Incorporación de Etiquetado a Aceites Lubricantes donde se informe características técnicas que permitan al consumidor una compra informada en relación a su vida útil, reciclabilidad, etc.	Diseño e incorporación de etiquetado	Menor generación de ALU/año.
	2. Desarrollo de Normas Técnicas INN	a. Elaboración de Normas Técnicas que permitan garantizar calidad de productos reciclados a partir de ALU.	Cantidad de Normas Técnicas nuevas y/o actualizadas	Aumento en la producción de ALU valorizado (oferta respondiendo a mayor demanda).
IV. Programa de Capacitación y Difusión	1. Capacitación a proveedores del Estado	a. Capacitación sobre las ventajas económicas, sociales y ambientales del usos de productos derivados de la valorización de ALU.	Cantidad de proveedores capacitados.	Aumento en la utilización de productos derivados de la valorización de ALU.
	2. Capacitación a funcionarios públicos evaluadores y fiscalizadores (REP y productos provenientes del reciclaje)	a. Capacitación a funcionarios públicos (evaluadores de proyectos y fiscalizadores del área salud y medio ambiente) respecto de la REP y de los procesos productivos asociados a la valorización de ALU.	Cantidad de funcionarios públicos capacitados.	Disminución de la cantidad total de ALU sin destino conocido.
	3. Difusión consumidores, en general y focalizado.	a. Campañas de difusión a consumidores respecto la REP, los beneficios de la valorización de ALU y los perjuicios de su disposición inadecuada.	Cantidad de consumidores asistentes a los talleres de difusión.	Aumento en la recolección de ALU fruto de la decisión informada del generador que asiste a lubricentros con convenio de recolección.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS

ANEXO N°1: PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE NEUMÁTICOS

Tabla 126. Participación de mercado de Neumáticos por Categoría y Glosa de Importación, 2016

Posición Arancelaria (HS Code)	Descripción (HS Code)	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría
40111000	Neumáticos nuevos de caucho, de los tipos utilizados en automóviles de turismo (incluidos los del tipo familiar (station wagon) y los de carreras.	54.723.732	57.579.067	100%
C1	SUBTOTAL CATEGORÍA C1: Vehículos Livianos Aro 12-20	54.723.732	57.579.067	100%
40112000	Caucho; neumáticos nuevos, de los tipos utilizados en autobuses o camiones.	96.260.375	100.728.049	100%
C2	SUBTOTAL CATEGORÍA C2: Vehículos de Transporte y Carga Aro 22-24,5	96.260.375	100.728.049	100%
40116100	Los demás neumáticos nuevos de caucho, con altos relieves en forma de taco, ángulo o similares, de los tipos utilizados en vehículos y máquinas agrícolas o forestales.	4.019.228	4.274.144	53%
40119200	Los demás neumáticos nuevos de caucho, de los tipos utilizados en vehículos y máquinas agrícolas o forestales.	971.973	1.012.172	13%
40119300	Los demás neumáticos nuevos de caucho, de los tipos utilizados en vehículos y máquinas para la construcción o mantenimiento industrial, llantas de diámetro inferior o igual a 61 cm.	2.549.014	2.644.950	34%
C3	SUBTOTAL CATEGORÍA C3: Vehículos OTR Aro 4-63	7.540.216	7.931.266	100%
	TOTAL NEUMATICOS	158.524.322	166.238.381	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016

Tabla 127. Participación de Mercado del Neumáticos por Categoría y País de Origen

CATEGORÍA	PAÍS ORIGEN	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría
C1	CHINA	22.660.647	23.903.140	41,4%
C1	BRASIL	6.426.102	6.930.252	11,7%
C1	COREA DEL SUR	4.605.286	4.762.347	8,4%
C1	PERU	3.851.967	3.914.023	7,0%
C1	U.S.A	3.052.114	3.227.013	5,6%
C1	ALEMANIA	2.119.670	2.252.590	3,9%
C1	JAPON	2.047.454	2.205.094	3,7%
C1	OTROS ORIGENES	9.960.492	10.384.607	18,2%
SUBTOTAL CATEGORÍA C1: Vehículos Livianos Aro 12-20		54.723.732	57.579.067	100%
C2	CHINA	53.557.143	55.749.924	56%
C2	BRASIL	14.158.299	15.184.850	15%
C2	JAPON	6.712.274	7.176.598	7%
C2	COREA DEL SUR	5.410.943	5.577.651	6%
C2	U.S.A	3.521.493	3.654.996	4%
C2	PERU	2.114.192	2.153.194	2%
C2	COLOMBIA	1.662.282	1.687.131	2%
C2	OTROS ORIGENES	9.123.748	9.543.705	9%
SUBTOTAL CATEGORÍA C2: Vehículos de Transporte y Carga Aro 22-24,5		96.260.375	100.728.049	100%
C3	CHINA	1.876.269	1.949.077	25%
C3	INDIA	1.265.957	1.340.075	17%
C3	BRASIL	826.771	877.717	11%
C3	TURQUIA	642.891	695.005	9%
C3	ESPANA	620.855	647.981	8%
C3	FRANCIA	490.849	499.469	7%
C3	ALEMANIA	421.146	433.494	6%
C3	OTROS ORIGENES	1.395.477	1.488.448	19%
SUBTOTAL CATEGORÍA C3: Vehículos OTR Aro 4-63		7.540.216	7.931.266	100%
TOTAL NEUMATICOS		158.524.322	166.238.381	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016

Tabla 128. Participación de Mercado del Neumático por Categoría e Importador

CATEGORÍA	IMPORTADOR	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría
C1	MICHELIN CHILE LTDA.	7.010.043	7.343.444	12,8%
C1	GOODYEAR DE CHILE S.A.I.C.	6.964.785	7.281.315	12,7%
C1	DERCO S.A.	5.669.627	6.012.742	10,4%
C1	X	5.007.475	5.185.979	9,2%
C1	NEUM.Y LLANTAS DEL PACIFICO S.	3.801.523	4.091.016	6,9%
C1	BRIDGESTONE CHILE S.A.	2.453.299	2.591.370	4,5%
C1	CONTINENTAL TIRE CHILE SPA	2.440.365	2.500.066	4,5%
C1	OTRAS EMPRESAS	21.376.616	22.573.134	39,1%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C1: Vehículos Livianos Aro 12-20	54.723.732	57.579.066	100%
C2	X	16.097.988	16.632.354	16,7%
C2	MICHELIN CHILE LTDA.	11.832.928	12.563.686	12,3%
C2	SALINAS Y FABRES S.A.	10.140.590	10.442.188	10,5%
C2	GOODYEAR DE CHILE S.A.I.C.	7.482.111	7.865.964	7,8%
C2	BRIDGESTONE CHILE S.A.	6.529.218	6.964.527	6,8%
C2	SUPERMERCADO DEL NEUMATICO LTD	6.197.674	6.568.526	6,4%
C2	AA COMERCIAL LIMITADA	4.805.210	5.054.627	5,0%
C2	DERCO S.A.	3.344.110	3.506.989	3,5%
C2	COMERCIAL DAHER LTDA.	3.257.843	3.402.930	3,4%
C2	OTRAS EMPRESAS	26.572.702	27.726.258	27,6%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C2: Vehículos de Transporte y Carga Aro 22-24,5	96.260.375	100.728.049	100%
C3	X	1.463.333	1.519.935	19,4%
C3	MICHELIN CHILE LTDA.	820.887	842.893	10,9%
C3	BRIDGESTONE CHILE S.A.	720.529	774.858	9,6%
C3	SUPERMERCADO DEL NEUMATICO LTD	707.734	760.581	9,4%
C3	IMPORTAD.ELADIO TAZBAZ A. LTDA	435.245	460.224	5,8%
C3	SALINAS Y FABRES S.A.	427.106	441.564	5,7%
C3	CONTINENTAL TIRE CHILE SPA	357.970	366.779	4,7%
C3	KAL TIRE S.A.	258.595	266.461	3,4%
C3	NEUMATICOS SANCAR S.A	246.754	264.805	3,3%
C3	OTRAS EMPRESAS	2.102.062	2.233.166	27,9%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C3: Vehículos OTR Aro 4-63	7.540.216	7.931.266	100%
	TOTAL NEUMATICOS	158.524.322	166.238.381	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

ANEXO N°2: PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE BATERÍAS

Tabla 129. Participación de Mercado de Baterías por Categoría y Glosa de Importación, 2016

Descripción (HS Code)	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría
ACUMULADORES ELECTRICOS DE PLOMO, QUE FUNCIONEN CON ELECTROLITO LIQUIDO	45.723.142	47.126.535	72%
LOS DEMAS ACUMULADORES DE PLOMO	16.413.561	17.196.020	26%
LOS DEMAS ACUMULADORES ELECTRICOS, DE PLOMO, DEL TIPO UTILIZADOS PARA ARRANQUE	1.484.572	1.547.492	2%
SUBTOTAL CATEGORÍA C1: ACUMULADORES de PLOMO	63.621.274	65.870.047	100%
LOS DEMAS ACUMULADORES ELECTRICOS	2.540.667	2.798.499	48%
PARTES DE ACUMULADORES ELECTRICOS	1.587.946	1.664.928	30%
ACUMULADORES DE NIQUEL-CADMIO	584.017	622.399	11%
ACUMULADORES DE NIQUEL-HIERRO	567.214	584.909	11%
SUBTOTAL CATEGORÍA C2: OTROS ACUMULADORES SIN PLOMO	5.279.844	5.670.735	100%
TOTAL ACUMULADORES	68.901.118	71.540.782	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Tabla 130. Participación de Mercado de Baterías por Categoría y País de Origen

CATEGORÍA	PAÍS ORIGEN	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría
C1	COREA DEL SUR	25.376.978	26.142.137	39,9%
C1	CHINA	9.243.178	9.556.275	14,5%
C1	COLOMBIA	6.614.006	6.695.954	10,4%
C1	U.S.A	4.504.832	4.733.064	7,1%
C1	ECUADOR	3.774.478	3.827.029	5,9%
C1	BRASIL	1.955.793	2.114.473	3,1%
C1	PERU	1.595.621	1.611.327	2,5%
C1	OTROS ORIGENES	10.556.387	11.189.788	16,6%
SUBTOTAL CATEGORÍA C1: ACUMULADORES de PLOMO		63.621.274	65.870.047	100%
C2	CHINA	1.426.489	1.534.292	27%
C2	ESPANA	1.308.783	1.352.861	25%
C2	U.S.A	582.442	622.699	11%
C2	JAPON	496.268	512.864	9%
C2	ORIGEN O DESTINO NO PRECISADO	314.650	324.988	6%
C2	ALEMANIA	193.691	205.449	4%
C2	EMIRATOS ARABES	186.996	215.758	4%
C2	OTROS ORIGENES	770.524	901.823	15%
SUBTOTAL CATEGORÍA C2: OTROS ACUMULADORES SIN PLOMO		5.279.844	5.670.735	100%
TOTAL ACUMULADORES		68.901.118	71.540.782	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Tabla 131. Participación de Mercado de Baterías por Categoría e Importador

CATEGORÍA	IMPORTADOR	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría
C1	IMPORTADORA ALSACIA LTDA	11.453.855	11.777.852	18,0%
C1	DERCO S.A.	10.020.625	10.313.058	15,8%
C1	SERV.LUCAS BLANDFORD S.A.	7.118.820	7.321.734	11,2%
C1	AUTOMOTORES GILDEMEISTER S.A.	4.947.429	5.012.936	7,8%
C1	FINNING CHILE S.A.	2.156.461	2.266.433	3,4%
C1	GENERAL MOTORS CHILE IND.A.LTD	1.655.671	1.722.655	2,6%
C1	BATERIAS CYCLON LTDA.	1.653.985	1.714.037	2,6%
C1	OTRAS EMPRESAS	24.614.429	25.741.342	38,7%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C1: ACUMULADORES de PLOMO	63.621.274	65.870.047	100%
C2	MULTITECNICA S.A.	1.097.729	1.125.620	20,8%
C2	INTERWINS S.A	527.401	541.778	10,0%
C2	HUAWEI CHILE S.A.	407.342	423.546	7,7%
C2	IMPORTADORA ALSACIA LTDA	232.853	243.458	4,4%
C2	MACO INTERNATIONAL S.A.	180.706	184.377	3,4%
C2	ETERNITY TECHNOL. SOUTH AMERIC	155.636	181.454	2,9%
C2	EDAPI S.A	140.255	143.688	2,7%
C2	SERV. DE RESP. DE ENER. TEKNIC	136.603	140.281	2,6%
C2	HILTI CHILE LTDA.	115.319	120.069	2,2%
C2	OTRAS EMPRESAS	2.285.998	2.566.463	43,3%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C2: OTROS ACUMULADORES SIN PLOMO	5.279.844	5.670.735	100%
	TOTAL ACUMULADORES	68.901.118	71.540.782	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016

ANEXO N°3: PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE ACEITES LUBRICANTES

Tabla 132. Participación de Mercado de Aceites Lubricantes por Categoría y Glosa de Importación, 2016

Posición Arancelaria (HS Code)	Descripción (HS Code)	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría
27101930	ACEITES LUBRICANTES TERMINADOS	158.514.738	170.630.279	59%
27101963	ACEITES LUBRICANTES TERMINADOS	77.046.751	82.983.665	29%
34031900	LAS DEMAS PREP. QUE CONTENGAN LUBRICANTES QUE CONTENGAN ACEITE PETROLEO O MINERAL BITUMINOSO	11.935.567	12.441.237	4%
34039900	LAS DEMAS PREPARACIONES LUBRICANTES.	22.261.219	23.191.683	8%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C1: ACEITES LUBRICANTES	269.758.274	289.246.864	100%
	TOTAL ACEITES LUBRICANTES	269.758.274	289.246.864	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Tabla 133. Participación de Mercado de Aceites Lubricantes por País de Origen

CATEGORÍA	PAÍS ORIGEN	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría	Precio Promedio [US\$]
C1	U.S.A	197.750.025	212.471.488	73,3%	1,59
C1	COREA DEL SUR	34.621.767	37.297.021	12,8%	1,44
C1	ALEMANIA	8.667.297	9.016.375	3,2%	11,89
C1	ARGENTINA	6.237.199	6.811.594	2,3%	2,81
C1	BELGICA	5.243.278	5.392.508	1,9%	8,78
C1	FRANCIA	4.348.857	4.515.387	1,6%	4,40
C1	ESPAÑA	2.993.136	3.148.191	1,1%	9,85
C1	OTROS ORIGENES	9.896.715	10.594.298	3,7%	5,79
TOTAL CATEGORÍA C1: ACEITES LUBRICANTES		269.758.274	289.246.864	100%	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Tabla 134. Participación de Mercado de Aceites Lubricantes por Importador

CATEGORÍA	IMPORTADOR	US\$ FOB	US\$ CIF	% Mercado x Categoría
C1	COMPANIA DE PETROLEOS DE CHILE	142.946.767	152.478.497	53,0%
C1	EMPRESA NAC DE ENERGIA ENEX SA	34.182.689	37.464.164	12,7%
C1	ENAP REFINERIAS S.A.	28.274.187	31.103.484	10,5%
C1	X	8.731.823	9.102.197	3,2%
C1	YPF CHILE S.A.	4.634.512	5.095.332	1,7%
C1	CRUZ Y COMPANIA LTDA.	3.778.942	3.941.177	1,4%
C1	BEL-RAY CHILE LTDA.	3.182.527	3.270.945	1,2%
C1	OTRAS EMPRESAS	44.026.827	46.791.069	16,3%
TOTAL CATEGORÍA C1: ACEITES LUBRICANTES		269.758.274	289.246.864	100%

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

ANEXO N°4: DETALLE FACTORES GENERACION ACEITES LUBRICANTES

Tipo de Vehículo Laboral		Cantidad de Vehículos	Cantidad de litros x motor (c/6.000 km)	Cantidad de litros x Caja	Cantidad de litros x Diferencial	Total x cada cambio aceite de motor
		Frecuencia	1	0,12	0,12	
Automóvil y station wagon		3.067.215	5,0	2,0	2,0	5,5
Todo Terreno		103.307	5,0	3,0	3,0	5,7
Furgón		190.727	5,0	2,0	2,0	5,5
Minibús		29.632	12,0	3,0	3,0	12,7
Camioneta		863.219	5,0	3,0	3,0	5,7
Motocicleta y similares		175.019	2,0	0,0	0,0	2,0
Otros con motor		1.542	2,0	2,0	2,0	2,5
Promedio Ponderado		4.430.661	1,1	0,6	0,6	5,4

Tipo de Vehículo Laboral		Cantidad de Vehículos	Cantidad de litros x motor (c/10.000 km)	Cantidad de litros x Caja	Cantidad de litros x Diferencial	Total x cada cambio aceite de motor
		Frecuencia	1	0,20	0,20	
Taxi básico		36.107	5,0	2,0	2,0	5,8
Taxi colectivo		61.085	5,0	2,0	2,0	5,8
Taxi turismo		9.519	5,0	2,0	2,0	5,8
Promedio Ponderado		106.711	5,0	2,0	2,0	5,8

Tipo de Vehículo Laboral		Cantidad de Vehículos	Cantidad de litros x motor (c/10.000 km)	Cantidad de litros x Caja	Cantidad de litros x Diferencial	Total x cada cambio aceite de motor
		Frecuencia	1	0,33	0,33	
Minibus, transporte colectivo		20.648	12,0	4,0	4,0	14,7
Minibus, furgon escolar y trabajadores		17.223	12,0	4,0	4,0	13,6
Promedio Ponderado		37.871	12,0	4,0	4,0	14,2

Buses	Tipo	Cantidad de Buses	Cantidad de litros x motor (c/20.000 km)	Cantidad de litros x Caja	Cantidad de litros x Diferencial	Total x cada cambio aceite de motor
		Frecuencia	1	0,25	0,25	
Transantiago:	Urbano (8-12mt)	5.313	26,0	20,0	20,0	36,0
6.520	Articulados	1.207	34,0	26,0	19,0	45,3
Resto buses de transporte	Taxibús, Interprovinciales	46.002	29,8	21,8	15,1	39,0
47.425	Media y Larga Distancia	1.423	34,0	26,0	19,0	45,3
TOTAL Buses y PROMEDIO litros x cambio de aceite		53.945	29,6	21,8	15,8	39,0

Tipo de camión		Cantidad de Camiones	Cantidad de litros x motor (c/20.000 km)	Cantidad de litros x Caja	Cantidad de litros x Diferencial	Total x cada cambio aceite de motor
		Frecuencia	1	0,67	0,67	
Camión Pequeño a Mediano		150.529	20,0	12,0	8,0	33,3
Camión-Remolque y Tractocamión		45.688	55,0	22,0	18,0	81,7
Promedio Ponderado		196.217	28,1	14,3	10,3	44,6

Tipo de Vehículo		Cantidad de Vehículos Agrícolas, Forestal e Industrial	Cantidad de litros x motor (c/5.000 km)	Cantidad de litros x Caja	Cantidad de litros x Diferencial	Total x cada cambio aceite de motor
		Frecuencia	1	1,00	1,00	
Tractor agrícola		8.540	20,0	8,0	8,0	36,0
Otros con motor		19.468	5,0	2,0	2,0	7,0
Promedio Ponderado		28.008	9,6	3,8	3,8	15,8

ANEXO N°5: PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE VEHÍCULOS

Tabla 135. Participación de Mercado de Vehículos por Categoría y Glosa de Importación, 2016

Posición Arancelaria (HS Code)	Descripción (HS Code)	US\$ FOB	Cantidad Unidades Físicas	% Mercado x Categoría
87021019	MINIBUS D	3.565.389	197	1%
87021099	MINI BUS D	417.917	0	0%
87031000	MOTO DE 4 RUEDA	1.238.938	625	0%
87032291	AUTOMOVIL CH	46.308.434	6.043	16%
87032391	STATION WAGON CH	110.504.578	8.415	38%
87032491	STATION WAGON CH	15.221.617	475	5%
87033291	STATION WAGON D	22.621.365	1.364	8%
87033390	STATION WAGON D	5.512.959	99	2%
87042111	FURGON D	8.983.659	747	3%
87042121	CAMIONETA D	61.965.258	3.798	22%
87042210	FURGON D	142.048	5	0%
87043121	CAMIONETA CH	5.948.575	625	2%
87111000	MOTOCICLETA CH	12.354	6	0%
87112010	MOTOCICLETAS CH	2.031.670	1.726	1%
87112020	MOTOCICLETAS	828.772	635	0%
87112090	MOTOCICLETA SCOOTERS	111.375	225	0%
87114000	MOTOCICLETA CH	687.491	145	0%
87115000	MOTOCICLETA CH	1.178.802	91	0%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C1: VEHÍCULOS LIVIANOS	287.281.200	25.221	100%
87021091	BUS-D	6.526.819	30	34%
87012020	TRACTOCAMION D	9.557.076	95	50%
87051010	CAMIONGRUA D	83.910	1	0%
87051090	CAMION U/ESPECIAL	2.974.232	10	16%
87054090	CAMION	38.415	1	0%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C2: VEHÍCULOS TRANSPORTE	19.180.452	137	100%
84262000	GRUA DE TORRE	309.416	8	1%
84264900	TRACTOR TIENDETUBOS	250.000	1	1%
84269100	GRUA	1.812.107	77	7%
84269900	GRUA ELEVADORA DE CARGA	234.568	54	1%
84271011	GRUA MONTAGARGA	3.276.727	173	12%
84272012	CARRETILLA CONTAPESADA AUTOPRO	1.104.196	36	4%
84272013	GRUA HORQUILLA CH/GLP	788.686	50	3%
84272014	CARRETILLAS AUTOPROPULSADAS	1.147.170	68	4%
84272015	PLATAFORMA DE TRABAJO AUTOPROPULSADA	75.092	2	0%
84272016	GRUA HORQUILLA AUTOPROPULSADA	2.221.358	47	8%
84272090	CARRETILLA DE BRAZO ARTICULADO	841.954	44	3%
84279000	CARRETILLA AUTOPROPULSADA	448.767	993	2%
84295210	MINIEXCAVADORA, EXCAVADORA AUTOPROPULSADA	14.806.639	75	54%
84322900	MOTOCULTIVADOR	73.915	152	0%
	SUBTOTAL CATEGORÍA C3: VEHÍCULOS OTR	27.390.595	1.780	100%
	TOTAL VEHÍCULOS	333.852.247	27.138	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Tabla 136. Participación de Mercado de Vehículos Categoría y País de Origen, 2016

CATEGORÍA	PAÍS ORIGEN	US\$ FOB	Cantidad Unidades Físicas	% Mercado x Categoría
C1	COREA DEL SUR	42.408.444	5.830	20,1%
C1	THAILANDIA	33.155.240	2.310	15,8%
C1	MEXICO	26.945.729	1.787	12,8%
C1	CHINA	17.571.924	4.938	8,3%
C1	FRANCIA	14.599.943	1.424	6,9%
C1	U.S.A	13.955.601	778	6,6%
C1	INDIA	12.927.138	2.170	6,1%
C1	OTROS ORIGENES	48.920.963	5.984	23,2%
SUBTOTAL CATEGORÍA C1: VEHÍCULOS LIVIANOS		210.484.982	25.221	100%
C2	BRASIL	6.920.508	24	36%
C2	ALEMANIA	4.301.754	30	22%
C2	MEXICO	2.522.065	11	13%
C2	CHINA	1.706.024	3	9%
C2	AUSTRIA	1.049.999	3	5%
C2	HOLANDA	986.841	14	5%
C2	SUECIA	941.855	11	5%
C2	OTROS ORIGENES	751.405	11	4%
SUBTOTAL CATEGORÍA C2: VEHÍCULOS DE TRANSPORTE		19.180.452	107	100%
C3	JAPON	2.657.476	153	20%
C3	ALEMANIA	2.479.703	101	19%
C3	U.S.A	2.127.871	107	16%
C3	ITALIA	1.059.300	113	8%
C3	HOLANDA	1.002.625	7	8%
C3	CHINA	928.680	1.093	7%
C3	AUSTRIA	643.501	23	5%
C3	OTROS ORIGENES	2.114.774	118	16%
SUBTOTAL CATEGORÍA C3: VEHÍCULOS OTR		13.013.929	1.715	100%
TOTAL VEHÍCULOS		242.679.363	27.043	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

Tabla 137. Participación de Mercado de Vehículos por Categoría e Importador, 2016

CATEGORÍA	IMPORTADOR	US\$ FOB	Cantidad Unidades Físicas	% Mercado x Categoría
C1	KIA CHILE S.A.	32.246.510	2.941	11,2%
C1	AUTOMOTORES GILDEMEISTER S.A.	29.439.836	2.344	10,2%
C1	NISSAN CHILE SPA	26.862.360	1.706	9,4%
C1	TOYOTA CHILE S.A.	24.964.485	1.570	8,7%
C1	MMC CHILE S.A.	19.850.328	1.480	6,9%
C1	DERCO S.A.	18.745.665	2.249	6,5%
C1	IMPORT.Y DIST.ALAMEDA S.A.	14.782.091	1.032	5,1%
C1	OTRAS EMPRESAS	120.389.926	11.899	41,9%
SUBTOTAL CATEGORÍA C1: VEHÍCULOS LIVIANOS		287.281.200	25.221	100%
C2	KAUFMANN	5.186.825	21	27,0%
C2	PORSCHE CHILE SPA.	2.719.720	29	14,2%
C2	SKC TRANSPORTES S.A.	2.085.738	25	10,9%
C2	EQUIPOS Y SERVICIOS TREX S.P.A	1.542.423	0	8,0%
C2	KOLLER EQUIPOS FORESTALES LTDA	1.049.999	3	5,5%
C2	NAZAR DISTRIBUCION LTDA	901.771	10	4,7%
C2	COMERCIAL MUNDO LCV LTDA	829.105	0	4,3%
C2	AUTOMOTORES GILDEMEISTER S.A.	643.537	9	3,4%
C2	EPYSA BUSES LTDA.	600.283	8	3,1%
C2	OTRAS EMPRESAS	3.621.051	32	18,9%
SUBTOTAL CATEGORÍA C2: VEHÍCULOS DE TRANSPORTE		19.180.452	137	100%
C3	INGENIERIA CIVIL VICENTE S.A.	7.068.970	1	25,8%
C3	KOMATSU CHILE S.A.	4.431.685	29	16,2%
C3	TATTERSALL MAQUINARIAS S.A.	1.943.639	40	7,1%
C3	SPIPEC RENTA LIFT LIMITADA	1.337.226	67	4,9%
C3	SKC MAQUINARIA S.A	1.172.027	54	4,3%
C3	LINDE HIGH LIFT CHILE S.A.	1.009.292	179	3,7%
C3	JANSSEN	922.552	56	3,4%
C2	OTRAS EMPRESAS	9.505.205	1.354	34,7%
SUBTOTAL CATEGORÍA C3: VEHÍCULOS OTR		27.390.595	1.780	100%
TOTAL ACUMULADORES		333.852.247	27.138	

Fuente: Elaboración propia en base a Base de Datos de Importaciones de Aduana 2016.

ANEXO N°6: CONDICIONES MÍNIMAS PARA ALMACENAMIENTO DE NFU EN PUNTOS DE VENTA

(Acuerdo de Producción Limpia: “Prevención y Valorización de Neumáticos Fuera de Uso”, Septiembre 2009)

Los establecimientos que generen Neumáticos Fuera de Uso los almacenarán en instalaciones especialmente acondicionadas para ello. Las condiciones de infraestructura y operación serán las siguientes:

- La instalación será de acceso restringido.
- La instalación estará dotada de iluminación.
- El suelo de la zona de almacenamiento no tendrá pendiente.
- El acceso y vías de circulación estarán, al menos, debidamente compactadas y acondicionadas para realizar su función específica.
- En caso de bodegas, los muros divisorios deberán contar con cortafuegos y tener una resistencia al fuego de 60 minutos (RF60).
- Los neumáticos podrán almacenarse enteros o trozados.
- La altura máxima de los apilamientos de los NFU almacenados en pilas libres, será de dos metros (2 m) y deberán apilarse de manera tal que se asegure la estabilidad de la pila.
- Las instalaciones contarán con medidas de control de incendio, extintores: PQS 4^a 10BC, en cantidad de acuerdo a los m² que considere el almacenamiento.
- Los NFU deberán estar en todo momento cubiertos, deberán estar siempre secos y en ningún caso acumular líquidos de ninguna clase en su interior.
- El sitio de almacenamiento en tránsito debe considerar un Plan de control de vectores

(particularmente roedores y mosquitos).

- El sitio de almacenamiento de NFU debe contar con un Plan de prevención y control de incendios.

ANEXO N°7: USOS ALTERNATIVOS DE NFU Y SUS SUBPRODUCTOS

A continuación se señalan las actividades de manejo ambientalmente adecuado de los NFU que se practican, siempre y cuando cuenten con la aprobación de la autoridad competente.

A. Aprovechamiento de neumáticos de desecho enteros:

- En escolleras y rompeolas artificiales.
- En control de erosión
- En barreras acústicas
- En barreras de contención contra colisiones (autódromos, puertos, entre otros)
- En aplicaciones de ingeniería civil.

El manejo de los neumáticos de desecho deberá ser tal que no se permita la acumulación de agua en su interior para evitar, especialmente, la proliferación de insectos.

B. Aprovechamiento de neumáticos de desecho triturados:

- En superficies deportivas
- En patios de juegos
- En pisos de seguridad
- Recubrimiento de contenedores para flete marítimo
- En asfaltos modificados
- En pavimentos de hormigón de cemento.
-

C. Aprovechamiento como fuente de energía (mediante adecuado tratamiento de efluentes gaseosos):

- Como combustible alternativo en hornos de cemento
- Como combustible alternativo en plantas de generación eléctrica
- Como combustible alternativo en procesos industriales.

Fuente: Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina, Res. [SADS 523/13](#), (2013, Mayo). Véase en: <http://www.pcram.net/post.php?mid=19957>

ANEXO N°8: PUNTOS LIMPIOS DE ECOVALOR

N°	NOMBRE	DIRECCION	CIUDAD
1	Auto Munchen	San Cristobal 470	Recoleta
2	Auto Munchen	Av. Las Condes 9230	Las Condes
3	Autoplanet	Padre Hurtado 13310	San Bernardo
4	Autoplanet	Concha y Toro 1477	Puente Alto
5	Autoplanet	Tobalaba 11201	Peñalolen
6	Autoplanet	Vicuña Maquena 6331	Santiago
7	Autoplanet	Ohiggins 800	Quilicura
8	Autoplanet	Los pajaritos 5100	Maipu
9	Autoplanet	Los pajaritos 3005	Maipu
10	Autoplanet	Gran Avenida Jose Miguel Carrera 10070	El Bosque
11	Dercocenter	Padre Hurtado 13310	San Bernardo
12	Dercocenter	av Santa Maria 0810	Providencia
13	Dercocenter	Jose Miguel Carrera 6997	Santiago
14	Dercocenter	Pedro Aguirre Cerda 5007	La Cisterna
15	Gildemeister	La Dehesa 1485	La Dehesa
16	Gildemeister	Portugal 306	Santiago
17	Gildemeister	Vicuña Maquena 1454	Santiago
18	Gildemeister	Sucre 2544 Nuñoa Santiago	Nuñoa
19	Marcadiseño	Av. Libertador Bernardo Ohiggins 201	Talagante
20	Red Barrera	Av Americo Vespuccio 1088	Peñalolen
21	Red Barrera	Panamericana Sur KM. 17	San Bernardo
22	Red Barrera	Av. CARLOS Valdovinos 1635	Pedro Aguirre Cerda
23	Red Barrera	Vicuña Mackenna 783	Melipilla
24	Red Barrera	Barros Lucos 2211	San Antonio
25	Red Barrera	Chacabuco 2333	Valparaiso
26	Red Barrera	San Antonio 959	Viña del Mar
27	Red Barrera	Quillota 930	Viña del Mar
28	Red Barrera	Yungay 369	San Felipe
29	Red Barrera	Adrian con Manuel Rodriguez	La Calera
30	Red Barrera	Maipu 505	Quiilota
31	Sodimac	Av. Los Carreras Poniente 301	Concepcion
32	Sodimac	Av. Leon Bustos 0376	Linares
33	Sodimac	Av. Ecuador 599	Chillan
34	Sodimac	Los Carrera 1175	Concepcion
35	Sodimac	Av. Presidente Jorge Alessandri 3177	Concepcion
36	Sodimac	Autopista Concepcion - Talcahuano 9200	Talcahuano
37	Sodimac	Av. Alemania 850	Los Angeles
38	Sodimac	Av. Bernardo Ohiggins 1744	Angol
39	Sodimac	Caupolican 0497	Temuco
40	Sodimac	Saturnino Epulef 1580	Villarica
41	Sodimac	Av. Picarte 3349	Valdivia
42	Sodimac	Rene Soriano 2619	Osorno
43	Sodimac	Av. Presidente Ibañez 650	Puerto Montt
44	Sodimac	Panamericana Sur 2456	Castro

ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE ANALISIS ECONÓMICOS DE METAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN PARA LOS PRODUCTOS PRIORITARIOS NEUMÁTICOS, BATERÍAS Y ACEITES LUBRICANTES - INFORME 2

N°	NOMBRE	DIRECCION	CIUDAD
45	Sodimac	Av. Colin 635	Talca
46	Sodimac	2 Norte 3344	Talca
47	Sodimac	Av. Carlos Condell 1192	Curico
48	Sodimac	Av. Libertador Bernardo Ohiggins 0450	San Fernando
49	Sodimac	Av. Albert Einstein 297	Rancagua
50	Sodimac	Av. Valparaiso 1070	Viña del Mar
51	Sodimac	Alessandri 4085	Reñaca Alto
52	Sodimac	Av. Freire 1351	Quilpue
53	Sodimac	15 Norte 961	Viña del Mar
54	Sodimac	Tocornal 2810	San Felipe
55	Sodimac	Prolongacion JJ Perez 12010	La CALERA
56	Sodimac	Pajaritos 4444	Maipu
57	Sodimac	Av.camilo Henriquez 3692	Puente Alto
58	Sodimac	Av. Manuel Matta 581	Quilicura
59	Sodimac	Americo Vespuccio 1501	Cerrillos
60	Sodimac	Americo Vespuccio 7310	La Florida
61	Sodimac	Av PDTE. Kennedy 5601	Las Condes
62	Sodimac	Av. Concha y ToRo 1315	Puente Alto
63	Sodimac	Gran Avenida Jose Miguel Carrera 10375	El Bosque
64	Sodimac	San Francisco de Borjas 402	Estacion Central
65	Sodimac	Av. Pdte. Jorge Alessandri 1347	La Reina
66	Sodimac	Av. Vicuña Mackenna 1700	Ñuñoa
67	Sodimac	Av. Americo Vespuccio 1737	Huechuraba
68	Sodimac	Av. Jose Pedro Alessandri 6402	La Florida
69	Sodimac	Jorge Alessandri Rodriguez 20040	San Bernardo
70	Sodimac	Gran Avda. Jose Miguel Carrera 5508	San Miguel
71	Sodimac	Av. Americo Vespuccio SUR 925	Ñuñoa
72	Sodimac	Av. Las Condes 11049	Las Condes
73	Sodimac	Ruta 5 Norte 849	Coquimbo
74	Sodimac	Av. Fco. De Aguirre 02	La Serena
75	Sodimac	Panamericana Sur 140	Copiapo
76	Sodimac	Balmaceda 3398	Calama
77	Sodimac	Balmaceda 2355	Antogasta
78	Sodimac	Av. Los Aromos 2780	Alto Hospicio
79	Sodimac	Heroes de la Concepcion 2311	Iquique
80	Sodimac	Av. Santa Maria 2985	Arica
81	Todo Bateria	Av. Presidente Ibañez	Puerto Montt
82	Todo Bateria	Av. Arturo Prat 463	Chillan
83	Todo Bateria	Av. Oriental 6375	Peñalolen
84	Todo Bateria	Av. San Martin 351	Quilicura
85	Todo Bateria	Sargento Menadier 0446-A	Puente Alto
86	Todo Bateria	Av . 10 de Julio 229	Santiago
87	Todo Bateria	Av . Vicuña Mackenna Poniente 9631	La Florida
88	Todo Bateria	Gran Avenida 13795	San Bernardo

Fuente: ECOVALOR, 2017.

ANEXO N°9: PUNTOS LIMPIOS DE EMASA (BATERÍAS)

N°	NOMBRES	DIRECCION	CIUDAD
1	BATERIA Loa	Heroes de la Concepcion 1646	Iquique
2	BCS Antofagasta Emarserv	Rodomiro Tomic 8153	Antofagasta
3	Alcides Aguilera Casanova	Av. La Feria 801	Ovalle
4	Repuesto Olivares	Baquadano 1041	Coquimbo
5	BCS La Serena	Av. Balmaceda 2245	La Serena
6	Bobinados Auto. Induelectric	Avenida Chile 375	San Antonio
7	Isacamatt	Jose Miguel Carrera 480	Calera
8	Servitecvña	6 Oriente 116	Viña del Mar
9	Neumoteca	Av. Freire 280	Quipue
10	Automotriz y Comercial Automas Ltda.	Ohiggins 330	San Fernando
11	Soc. Comer.Electro Sur Lota	Av. Gral. San Martin 582	Rancagua
12	Automotriz Sergio Perez jara	Peña 935	Curico
13	Atomotriz Quelle	9 Norte 1040	Talca
14	Automotriz Sergio Perez jara	Peña 935	Curico
15	Automotriz Quelle	9 Norte 1040	Talca
16	Julio Luengo	Itata 1099	Chillan
17	Comercial Divenser S.A	Valdivia 846	Los Angeles
18	Emaserv concepcion	Paicavi 2187	Concepcion
19	Soc. Mora Valero Repuesto Ltda.	Saturnino Epuleff 1287	Villarica
20	Marcia Gonzales	Lautaro 654	Temuco
21	Automotriz Valdivia Spa	Francisco Bilbao 272	Puerto Montt
22	Emarsev Central Frenos	Av. Alessandri 11500 local 22	San Bernardo
23	Sevicio Miguel Alarcon	Santa Amanda 970	Maipu
24	BCS La Reina Emaserv	Av. Ossa 2123	La Reina
25	KurT Huth DeLa Hoz	Copiapo 324	Santiago
26	Comercial Frenos E.I.R.L	Av. Picarte 1807	Valdivia
27	R.A.A.M.	Lastarria 1020	Arica

Fuente: EMASA, 2017

ANEXO N°10: LISTADO DE PROYECTOS DE VALORIZACIÓN

N°	Nombre	Tipo	Región	Tipología	Estado	Año
1	<u>Reciclaje de Neumáticos para Granulado</u>	DIA	Primera	o8	Aprobado	2016
2	<u>PROYECTO PLANTA DE RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU). AUTOSUSTENTABLE AMBIENTAL Y ENERGÉTICAMENTE</u>	DIA	RM	u	No admitido a tramitación	2016
3	<u>PROYECTO PLANTA DE RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU). AUTOSUSTENTABLE AMBIENTAL Y ENERGÉTICAMENTE</u>	DIA	RM	u	No admitido a tramitación	2015
4	<u>PLANTA PARA LA VALORIZACIÓN DE CAUCHO, NEUMÁTICOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS</u>	DIA	RM	o8	Desistido	2014
5	<u>PLANTA PARA LA VALORIZACIÓN DE CAUCHO, NEUMÁTICOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS</u>	DIA	RM	o9	Desistido	2014
6	<u>PLANTA PARA LA VALORIZACIÓN DE CAUCHO, NEUMÁTICOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS</u>	DIA	RM	o10	Desistido	2014
7	<u>PLANTA PARA LA VALORIZACIÓN DE CAUCHO, NEUMÁTICOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS</u>	DIA	RM	o11	Desistido	2014
8	<u>PLANTA PARA LA VALORIZACIÓN DE CAUCHO, NEUMÁTICOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS</u>	DIA	RM	o12	Desistido	2014
9	<u>PLANTA PARA LA VALORIZACIÓN DE CAUCHO, NEUMÁTICOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS</u>	DIA	RM	o13	Desistido	2014
10	<u>PLANTA PARA LA VALORIZACIÓN DE CAUCHO, NEUMÁTICOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS</u>	DIA	RM	o14	Desistido	2014
11	<u>PLANTA DE VALORIZACIÓN CAUCHO RESIDUAL, NEUMÁTICOS TRITURADOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS RESIDUALES POR MEDIO PIROLISIS PARA LA</u>	DIA	RM	ñ3	No admitido a tramitación	2014
12	<u>PLANTA DE REPARACIÓN Y RECAUCHAJE DE NEUMÁTICOS GIGANTES DE EQUIPOS MINEROS</u>	DIA	Segunda	o8	Aprobado	2013
13	<u>Declaración de Impacto Ambiental Reciclaje de Neumáticos en desuso: Solución a un problema ambiental no resuelto en su totalidad.</u>	DIA	Sexta	o8	No admitido a tramitación	2010
14	<u>Reciclaje de neumaticos en desuso: Solucion a un problema ambiental no resuelto en su totalidad.</u>	DIA	Sexta	o8	No admitido a tramitación	2010
15	<u>PLANTA DE VALORIZACION ENERGETICA A PARTIR DEL CAUCHO (neumáticos) (e-seia)</u>	DIA	Quinta	c	Rechazado	2007
16	<u>PLANTA DE VAROLIZACION ENERGETICA A PARTIR DEL CAUCHO (Neumáticos) (e-seia)</u>	DIA	Quinta	c	No admitido a tramitación	2007
17	<u>Manejo Integral de Neumáticos en Desuso (e-seia)</u>	DIA	Segunda	o8	Aprobado	2007
18	<u>Manejo Integral de Neumáticos en Desuso (e-seia)</u>	DIA	Segunda	o8	No admitido a tramitación	2007
19	<u>Manejo de Neumaticos en Desuso (e-seia)</u>	DIA	Segunda	o8	Desistido	2007
20	<u>Proyecto Trituración de Neumáticos para su Uso Sustentable (e-seia)</u>	DIA	Segunda	o8	Aprobado	2007
21	<u>Reciclaje de Neumáticos Fuera de Uso: Solución a un problema ambiental no resuelto. (e-seia)</u>	DIA	Quinta	o8	Aprobado	2007
22	<u>RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO: UNA SOLUCIÓN A UN PROBLEMA AMBIENTAL NO RESUELTO (e-seia)</u>	DIA	Quinta	o8	No admitido a tramitación	2006
23	<u>Manejo de Neumáticos en Desuso (e-seia)</u>	DIA	Segunda	o8	Aprobado	2006
24	<u>Utilización de Neumáticos como Combustible Alternativo en el Horno N°9 de Planta La Calera de Cemento Melón</u>	EIA	Quinta	c	Aprobado	2001

Primera	1
Segunda	6
Quinta	5
Sexta	2
RM	10
	24

Aprobados	7
No admitido a tramitación	8
Desistido	8
Rechazado	1
Total	24

DIA	23
EIA	1
Total	24

.Fuente: SEIA, 2017.

ANEXO N°11 CARACTERIZACIÓN GESTORES DE ALU

RUT	EMPRESA	DIRECCIÓN	WEB	GIRO	TIPO GESTOR	PRODUCTO PRIORITARIO	CATEGORÍA PRINCIPAL	PRODUCTOS	PRODUCCION ANUAL ACTUAL	PRODUCCION ANUAL POTENCIAL	TECNOLOGÍA	COSTO x TON	RESOLUCIÓN
79.874.200-0	VIA LIMPIA	Agustinas 2425, Santiago Centro, 13	www.vialimpia.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Recolección&Transporte	ALU	Vehicular						
79.874.200-1	VIA LIMPIA	Agustinas 2425, Santiago Centro, 14	www.vialimpia.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Recolección&Transporte	ALU	Industrial						
79.874.200-2	VIA LIMPIA	Agustinas 2425, Santiago Centro, 15	www.vialimpia.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Recolección&Transporte	ALU	Minero						
	CROWAN	Av. Bernardo O'Higgins 1907, Puerto de San	www.crowan.tie.cl	SIN INFORMACION	Valorización Energética	ALU	Todas	CAL					
79.542.540-3	FUTUROIL	Camino Lo Castro, parcela 9, Lampa,	www.futuroil.cl	231000 - FABRICACION DE PE	Valorización Energética	ALU	Industrial	Acete Re-Refina	3600000 L/año	600.000 L/año			
79.542.540-3	FUTUROIL	Camino Lo Castro, parcela 9, Lampa,	www.futuroil.cl	602300 - TRANSPORTE DE CA	Valorización Energética	ALU	Industrial	Impregnante de madera					
	ECOVALOR		www.eco-valor.cl		Recolección&Transporte	ALU	Vehicular						
96.726.750-3	BRAVO ENERGY	Av. Las Industrias 12600, Maipú, Santiago, Chile.	www.bravoenergy.cl	Tratamiento de Residuos I	Valorización&Transporte	ALU	Todas	CAL					
78.468.900-K	Polite Oil (Castañeda Hnos PHT)	Camino Santa Margarita 0601 Sitio 21, San	www.politeoil.cl	FABRICACION DE PRODUCTO	Pretratamiento	ALU		Acete Re-Refinado					
					Recolección&Transporte	ALU							
76.882.920-9	INACESA	Carretera Panamericana Norte Km. 1352, Sector La	www.inacesa.cl	FABRICACIÓN DE CEMENTO	Valorización Energética	ALU		CAL					
96.809.070-4	INACAL S.A	Camino La Negra 1352, Antofagasta, Chile	www.inacal.cl	VENTA AL POR MAYOR DE OT	Valorización Energética	ALU		CAL	206.000 ton/año				
76.061.615-K	Arredondo y Guerra Limitada	La Reja N°70589, Conchalí, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 70589 Del 26/11/200
	Ar Kente S.A	Coquimbo N°554, Santiago, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 9631 Del 14/03/2000
	A Y O Ambiental	Vicuña Rozas N°5527, Quinta Normal, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 49461 Del 01/12/200
	Benito Riffo Riquelme	Lucila Godoy N°02062, Lo Espejo, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 1508 Del 11/01/2000
77.820.440-1	Comercial de la Fuente y Otros	Dr. Amador Neghme N°03639 Modulo 23, La	SIN INFORMACION	TRANSPORTE DE CARGA POR	Transporte	ALU	Industrial						N° 35908 Del 04/08/200
78.585.390-3	Comercial Erika Saalfeld y Cia.	Brisas Del Maipo N°0432, La Cisterna	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 13793 Del 24/03/200
88.446.500-1	Demarco S.A	Alcalde Guzmán N°0180, Quilicura, Chile	https://www.kdm.cl/starco-demarco/index.html	RECOGIDA Y ELIMINACION D	Transporte	ALU	Industrial						N° 21186 Del 28/04/200
96.729.820-4	Ecoser S.A	Las Esteras Norte N°2601, Quilicura	www.ecoser.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Recolección&Transporte	ALU	Minero&Industrial						N°157981 Del 20/12/200
	Eduardo Antonio Gutierrez	Doctor Sotero del Río N°508, Oficina 919,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 31331 Del 23/07/200
	Esternet Ltda	Eyzaguirre N°3805 Local N°4, Puente Alto, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 30715 Del 15/06/200
76.337.851-9	Fernando Brignardello	12 de Febrero N°790, San Bernardo, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 70592 Del 26/11/200
96.722.440-5	Gestión Ecológica de Inversiones Grenoble Ltda.	Cerro Los Cóndores N°9861-C, Quilicura, Chile	www.gersa.cl	602300 - TRANSPORTE DE CA	Recolección&Transporte	ALU	Industrial						N° 45804 Del 06/09/200
	Jorge Díaz Contreras	Avenida Americo Vespuccio N°0447, La	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 57890 Del 01/10/200
	José Cupertino Arellano Leiva	Villasana N°2056, Quinta Normal, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 33010 Del 20/07/200
	José Luis Alvarez	3 Sur N°299-B Huertos Familiares, Til-Til, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 11209 Del N° 11209 c
	Julio Alberto Hormazábal	El Hualle Sur N°8852, La Florida, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 43693 Del 25/08/200
	Transportes Cefahan S.A	Chatex N°10861, La Florida, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 52250 Del 03/09/200
76.084.439-K		Santa Margarita N°0100, San Bernardo, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial						N° 21045 Del 28/08/200

ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE ANALISIS ECONÓMICOS DE METAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN PARA LOS PRODUCTOS PRIORITARIOS NEUMÁTICOS, BATERÍAS Y ACEITES LUBRICANTES - INFORME 2

76.151.780-5	Manejo Técnico de Residuos	Curepto N°2387, Conchalí	SIN INFORMACION	602300 - TRANSPORTE DE CA	Transporte	ALU	Industrial								N° 71115 Del 09/09/200
76.008.262-7	Metalúrgica y Mecánicas	Juan de la Fuente N°901-B1	www.midachile.cl	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 83749 Del 24/10/200
	Olga Cepeda Contreras	Karín N°3464, Maipú, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 11903 Del 28/04/200
	Palma y Moreno Ltda	Av. Federico Errazuriz N°1067, Pudahuel, Chile	sin informacion	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 75217 Del 05/10/200
88.842.000-2	Proactiva Servicios	Avenida Apoquindo 4775 Of. 701, Las Condes, Chile	www.proactivachile.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Transporte	ALU	Industrial								N° 67985 Del 05/11/200
77.509.000-6	Profesionales de la Limpieza	Avenida Pajaritos 212, Maipú, Chile	www.prodeline.cl	OTRAS ACTIVIDADES DE SER	Transporte	ALU	Industrial								N° 20514 Del 27/07/200
78.572.860-2	Química del Sur y Cia. Ltda	El Taqueral N°493, Lampa, Chile	www.quimicadelsur.cl	FABRICACION DE SUSTANCIA	Transporte	ALU	Industrial								N° 6438 Del 13/02/200
78.959.680-8	Reciclaje Ecotrans Ltda.	Amador Neghme N°03639 módulo 77, La Pintana,	www.reciclaesecotrans.cl	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 31775 Del10/11/200
76.249.298-9	Renzo Pereira Sandoval	Las Gavillas N°2875, Puente Alto, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 30714 Del06/07/200
76.249.298-9	Renzo Pereira Sandoval	Avenida El Trebol N°538, Parcela N°81, Padre	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 35407 Del 06/06/200
	Segundo Ramón Valdés Mena	Tannembaun N°528, San Miguel, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 29234 Del21/08/200
	Selin Plus Transportes y	Vicente Reyes N°3464, Maipú, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 14250 Del 16/03/200
	Sergio Hugo Medina Amigo	Bugavilla N°0827, Puente Alto, Chile	SIN INFORMACION	TRANSPORTE DE CARGA POR	Transporte	ALU	Industrial								N° 21584 Del 17/06/200
76.913.270-8	Servicios de Aseo Integral	Francisco Javier Krugger N°90 Paine, Chile	www.monterredondo.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Transporte	ALU	Industrial								N° 37168 Del 21/07/200
77.462.400-7	Servicios Técnicos	El Quillay N°466, Lampa, Chile	www.stultda.cl	OTRAS ACTIVIDADES DE MA	Transporte	ALU	Industrial								N° 158986 Del 31/12/200
77.179.750-4	Sociedad Comercial Degraf	Avenida Einstein N°742, Recoleta, Chile	www.degraf.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Transporte	ALU	Industrial								N° 30801 Del 28/11/200
	Sociedad Recycling	La Estera N°257, Lampa, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 22281 Del 12/08/200
78.172.880-2	Transporte J.R. Ltda.	Henry Ford N°1260, Maipú	SIN INFORMACION	TRANSPORTE DE CARGA POR	Transporte	ALU	Industrial								N° 25185 Del 17/06/200
76.881.590-9	Transporte Máximo Enrique	Providencia N°1645, Providencia	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 7324 Del 18/02/200
88.397.100-0	Transporte Bello e Hijos Ltda.	San Ignacio N°141 Loteo Portezuelo, Quilicura,	www.transportesbello.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Transporte	ALU	Industrial								N° 28657 Del 23/05/200
	Transporte de Contenedores	Brahms N°554, El Bosque, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 6795 Del 31/01/201
	Transportes Hual Ltda.	Berlitz N°5760, San Joaquín, Chile	www.hual.cl	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 31827 Del 05/06/200
77.054.500-5	Transportes Inostroza	Pasaje Lirque N°0527, La Florida, Chile	sin informacion	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 34922 Del 13/09/200
79.705.390-2	Transportes Santa María S.A	Calle Santa Marta 951, Maipú, Chile	www.distam.cl	TRANSPORTE DE CARGA POR	Transporte	ALU	Industrial								N° 11246 Del31/03/200
76.837.520-8	Transporte y Logística	Chañarillo N°1141, Maipú, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 31317 Del 23/07/200
	Victor Martínez Salcedo	Bombero Gabriel Lima Millán N°1300, San	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	ALU	Industrial								N° 53274 Del 05/09/200

ANEXO N° 12 CARACTERIZACIÓN GESTORES DE BFU

RUT	EMPRESA	DIRECCIÓN	WEB	GIRO	TIPO GESTOR	PRODUCTO PRIORITARIO	CATEGORÍA	PRODUCTOS	PRODUCCION ANUAL ACTUAL	PRODUCCION ANUAL POTENCIAL	TECNOLOGÍA	COSTO x TON	Resolucion Sanitaria
96.607.990-8	Hidronor	Miraflores 383 Piso 24, Santiago, Chile	www.hidronor.cl	OTRAS ACTIVIDADES	Recolección&Transporte	BFU	Todas						
	RECIMAT	Avda Las Industrias 335 Barrio	www.recimat.cl		Recolección&Transporte	BFU	Todas						
	RAM				Reciclaje	BFU	Todas	Lingotes de Plomo					
	RAM				Reciclaje	BFU	Todas	Ánodos de Plomo					
	RAM				Reciclaje	BFU	Todas	Pellet de PP					
	RAM				Reciclaje	BFU	Todas	Yeso					
59.136.350-6	ETNA	Avenida Américo Vespucio Sur 1287	www.etna.com.pe	VENTA AL POR MAYOR	Recolección&Transporte	BFU	Todas						
59.136.350-7	ETNA	Avenida Américo Vespucio Sur 1287	www.etna.com.pe	VENTA AL POR MAYOR	Pretratamiento	BFU	Vehicular	ResiduosxComponentes					
	ECOVALOR		www.eco-valor.cl		Recolección&Transporte	BFU	Vehicular						
91.776.000-4	EMASA	Avenida Irarrázaval 259, Ñuñoa,	www.emasa.cl	MANTENIMIENTO Y R	Recolección&Transporte	BFU	Industrial						
	A Y O Environmetal Chile Ltda.	Vicuña Rozas N° 5527, Quinta	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial						N° 49461 Del 01/12/20
96.893.470-8	Baterías Tubular S.A.	Av. Vicuña Mackenna N° 1949,	www.tubular.cl	FABRICACION DE MOT	Transporte	BFU	Industrial						N° 21480 Del 23/04/2010, N° 47254 I
78.064.120-7	Baterías Cosmos Ltda.	Circunvalación Chacabuco Sur Lote	www.bateriascosmos.cl	FABRICACION DE PAR	Transporte	BFU	Industrial						N° 33551 Del 05/09/20
	Benito Riffo Riquelme	Lucila Godoy N° 02062, Lo Espejo,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial						N° 1508 Del 11/01/20
	David Bernardo Varas Soria	Camino Interior N° 2161, Local 13,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial						N° 42807 Del
88.446.500-1	Demarco S. A	Alcalde Guzmán N° 0180, Quilicura,	https://www.kdm.cl/starco-	RECOGIDA Y ELIMINA	Transporte	BFU	Industrial						N°15475 Del 24/06/20
96.944.470-4	Ecológica S. A.	Camino Interior Santa Isabel N° 300,	www.eco-logica.cl	TRANSPORTE DE CARC	Transporte	BFU	Industrial						N° 9553 Del 18/02/20:
96.729.820-4	Ecoser S. A.	Las Estreras Norte 2601, Quilicura,	www.ecoser.cl	TRANSPORTE DE CARC	Transporte	BFU	Industrial						N° 8623 Del 10/03/20
	Edwin Maldonado Rojas	Dr. Amador Neghme N° 03639 Modulo 48,	sin información	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial						N° 11293 Del 05/03/20
89.696.400-3	Empresa De Residuos Resiter Y	Avda. José Joaquín Prieto N° 9750, El	www.resiter.com	TRANSPORTE DE CARC	Transporte	BFU	Industrial						N° 7980 Del 06/02/20:
	Estermat Ltda.	Eyzaguirre N° 3805 Local N° 4, Puente	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial						N° 30715 Del 15/06/20

ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE ANALISIS ECONÓMICOS DE METAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN PARA LOS PRODUCTOS PRIORITARIOS NEUMÁTICOS, BATERÍAS Y ACEITES LUBRICANTES - INFORME 2

	Fernando Brignardello Leiva	12 de Febrero N° 790, San Bernardo,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 70592 Del 26/11/20
	José Cupertino Arellano Leiva	3 Sur N° 299-B Huertos Familiares,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 159160 Del 13/12/20
	Jose Luis Alvarez	El Hualle Sur N° 8852, La Florida,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 43693 Del 25/08/20
	Julio Alberto Hormazábal Zuñiga	Chatex N° 10861, La Florida, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 52250 Del 03/09/20
96.754.450-7	KDM S. A.	Alcalde Guzmán N° 0180, Quilicura,	www.kdm.cl	RECICLAMIENTO DE D	Transporte	BFU	Industrial							N° 26286 Del 31/07/20
	Manuel de la Cruz Valderrama	Martinez de Rozas N° 3351, Quinta	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 11219 Del 01/03/20
76.008.262-7	Metalúrgica y Mecánicas Midas	Juan De La Fuente N° 901-B1, Lampa,	www.midaschile.cl	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 001416 Del 11/01/20
	Ociel Henríquez Cerda	Av. Clotario Blest Riffo N° 1152,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 10262 Del 23/02/20
	Palma y Moreno Ltda.	Av. Federico Errázuriz N° 1067,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 75217 Del 05/10/20
78.572.860-2	Química Del Sur y Cia. Ltda.	El Taqueral N° 493, Lampa, Chile	www.quimicadelsur.cl	FABRICACION DE SUS	Transporte	BFU	Industrial							N° 6438 Del 13/02/20
76.249.298-9	Renzo Pereira Sandoval	Las Gavillas N° 2875, Puente Alto,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 30714 Del 06/07/20
76.913.270-8	Servicio de Aseo Integral	Francisco Javier Krugger N° 90,	www.monterredondo.cl	TRANSPORTE DE CAR	Transporte	BFU	Industrial							N° 37168 Del 21/07/20
76.055.204-6	Servicios Ambientales Ltda.	Las Araucarias N° 9001, Quilicura,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 18149 Del 12/04/20
77.462.400-7	Servicios Técnicos Urbanos Ltda.	El Quillay N° 466, Lampa, Chile	www.stultda.cl	OTRAS ACTIVIDADES	Transporte	BFU	Industrial							N° 34247 Del 03/12/20
77.462.400-7	Servicios Técnicos Urbanos Ltda.	Cerro Los Cóndores N° 9701- 3 Quilicura,	www.stultda.cl	OTRAS ACTIVIDADES	Transporte	BFU	Industrial							N° 51614 Del 07/10/20
77.179.750-4	Sociedad Comercial Degraf Ltda.	Av. Einstein N° 742, Recoleta, Chile	www.degraf.cl	TRANSPORTE DE CAR	Transporte&disposición final	BFU	Industrial							N° 12850 Del 07/05/20
77.179.750-5	Sociedad Comercial Degraf Ltda.	Las Araucarias N° 9001, Quilicura,	www.degraf.cl	TRANSPORTE DE CAR	Transporte	BFU	Industrial							N° 43697 Del 25/08/20
	Sociedad de Transportes Pablo y	Dieciocho N° 773, Santiago, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 79848 Del 30/10/20
	Sociedad de Transportes Pablo y	Av. Jose Miguel Carrera N° 7419, La	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 8868 Del 16/02/20
78.172.880-2	Transporte J. R. Ltda.	Henry Ford N° 1260, Maipú, Chile	SIN INFORMACION	TRANSPORTE DE CAR	Transporte	BFU	Industrial							N° 34263 Del 10/09/20
	Transportes de Contenedores	Brahms N° 554, El Bosque, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 6795 Del 31/01/20
	Transportes Hual Ltda.	Berlioz N° 5760, San Joaquín, Chile	www.hual.cl	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 31827 Del 05/06/20
	Transportes Las Araucarias Ltda.	Las Araucarias N° 9001, Quilicura,	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 41032 Del 18/07/20
76.837.520-8	Transporte y Logística Eslabón	Chañarcillo N°1141, Maipú, Chile	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 31317 Del 23/07/20
	Victor Martinez Salcedo	Bombero Gabriel Lima Millán N°	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	Transporte	BFU	Industrial							N° 53274 Del 05/09/20

ANEXO N°13 CARACTERIZACIÓN GESTORES DE NFU

RUT	EMPRESA	DIRECCIÓN	WEB	Teléfono	GIRO	TIPO GESTOR	PRODUCTO PRIORITARIO	CATEGORÍA PRINCIPAL	PRODUCTOS	PRODUCCION ANUAL ACTUAL	PRODUCCION ANUAL POTENCIAL	Cantidad Reciclada	TECNOLOGÍA
76054559-7	Polambiente S.A.	Frambuesa 17, Lampa, Región	www.polambiente.cl	(2) 2706 0330	Reciclaje de neumáticos	Reciclaje	NFU	Inferior Aro XX	Gránulos	10000		6500-7000 ton/año	Granulación 12-25
76054559-7	Polambiente S.A.	Frambuesa 17, Lampa, Región	www.polambiente.cl	(2) 2706 0330	Reciclaje de neumáticos	Reciclaje	NFU	Inferior Aro XX	Canchas Sintéticas				
76054559-7	Polambiente S.A.	Frambuesa 17, Lampa, Región	www.polambiente.cl	(2) 2706 0330	Reciclaje de neumáticos	Reciclaje	NFU	Inferior Aro XX	Placas Aislantes				Granulación 12-25
77.247.050-9	Bailac Ltda.	Mapocho 1999	www.bailac.cl	(2) 2697 0061	Servicios en ahorro de neumáticos	paración p/Reutiliza	NFU	Minero	NMFU Recauchados				
76429830-6	ENNAT	Cerro Los Cóndores 181, Quilicura,	www.ennat.cl	(2) 2738 5998	Energías Naturales Limitada*	Reciclaje	NFU	Todas	PostFormados				
76429830-6	ENNAT	Cerro Los Cóndores 181, Quilicura,	www.ennat.cl	(2) 2738 5998	Energías Naturales Limitada*	Reciclaje	NFU	Todas	Placas Aislantes				PostFormado
	ENNAT	Cerro Los Cóndores 181, Quilicura,	www.ennat.cl	(2) 2738 5998	Energías Naturales Limitada*	Reciclaje	NFU	Todas	Canchas Sintéticas				
76107092-4	Urbanmetal	Juan de la Fuente 479 C. Lampa,	www.urbanmetal.cl	(2) 2747129	Urban Metal Spa*	Transporte	NFU	Inferior Aro XX					
76107092-4	Urbanmetal	Juan de la Fuente 479 C. Lampa,	www.urbanmetal.cl	(2) 2747129	Urban Metal Spa*	Reciclaje	NFU	Inferior Aro XX					
93770000-8	Goodyear	Camino Melipilla Km 16, Maipú	www.goodyear.cl	(2) 25301213	Goodyear De Chile S A I C*	Transporte	NFU	Inferior Aro XX					
86020700-1	Michelin	Calle Luis Carrera 1131, Vitacura	www.michelin.cl	(2) 2224 7997	Michelin Chile Ltda*	Transporte	NFU	Inferior Aro XX					
96.607.990-8	Hidronor	Av. Vizcaya 260, Pudahuel	www.hidronor.cl	(2) 2570 5750	Servicios de Medioambiente,	Transporte	NFU	Inferior Aro XX					
93602000-3	Bridgestone	Avenida Presidente Kennedy 5735 Of. I	www.bridgestone.cl	(2) 2460 7200	Bridgestone Chile S.A.*	Transporte	NFU	Inferior Aro XX					
77072570-4	Pirelli	Cerro Del Plomo 5420 Of. 807, Las	www.pirelli.cl	(2) 2378 6244	Pirelli Neumaticos Chile Limitada*	Transporte	NFU	Inferior Aro XX					
96774640-1	Melón	Avenida Vitacura 2939 Piso	www.melon.cl	(2) 2280 0000	Melon Servicios Compartidos S. A.*	valorización Energética	NFU	OTR					
76070750-3	AA Comercial	María Josefina 1003 parque industrial,	www.aacomercial.cl	(2) 2964 2730	A A Comercial Limitada*	paración p/Reutiliza	NFU	Inferior Aro XX	NFU Recauchados				
89766400-3	Bacon	Avenida Rudecindo Ortega 01461,	www.bacon.cl	(45) 232 2516	Recauchadora Y Maquinas	paración p/Reutiliza	NFU	OTR	NFU Recauchados				
89766400-3	Bacon	Avenida Rudecindo Ortega 01461,	www.bacon.cl	(45) 232 2516	Recauchadora Y Maquinas	Transporte	NFU	OTR	NFU Recauchados				
92854000-6	Irenesa	Avenida Presidente Eduardo Frei	www.irenesa.cl	(2) 2520 7400	Industria Recuperadora De	paración p/Reutiliza	NFU	Inferior Aro XX	NFU Recauchados				
76876250-3	Recauflex	Avenida Reina De Chile 0682,	www.recauflex.cl	(2) 2880 6488	Recauchajes Recauflex Ltda*	paración p/Reutiliza	NFU	OTR	NFU Recauchados				
77764730-K	Puelo	Calle Limache 4491 Of. 10 Sector El	www.puwlo.cl	(32) 263 0021	Rio Puelo S.A.*	paración p/Reutiliza	NFU	Inferior Aro XX	NFU Recauchados				
77463320-0	Macrocaucho	Via Uno, Manzana N, Sitio 1 S/N Barrio	www.macrocaucho.cl	(57) 257 4835	Inversiones Munoz Y Orizola Limitada*	paración p/Reutiliza	NFU	Inferior Aro XX	NFU Recauchados				
80986500-2	Triggs	Avenida Arturo Alessandri Palma	www.triggs.cl	(75) 238 5000	Triggs S A*	paración p/Reutiliza	NFU	Inferior Aro XX	NFU Recauchados				

ANEXO N°14 MODIFICACIONES FORMULARIO RETC

DOCUMENTACIÓN DECLARACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS (incluye req. información art. 6)

GENERADOR

- | | | | |
|------------------------------|------------------------|-----------|----------|
| 1. Nro. Identificación | 2. Autoridad Sanitaria | | |
| 3. Nombre Empresa | 4. RUT Empresa | | |
| 5. Dirección Establecimiento | 6. Comuna | | |
| 7. Teléfono | 8. Fax | | |
| 9. Persona Responsable | 10. Correo Electrónico | | |
| 11. Empresa Transportistas | | | |
| 12. Empresa Destinataria | | | |
| 13. OBSERVACIONES | 14. Firma | 15. Fecha | 16. Hora |

TRANSPORTISTA

- | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| 1. Nro Identificación | 2. Autoridad Sanitaria | | |
| 3. Nombre Empresa N°1 | 4. RUT Empresa | | |
| 5. Dirección Sucursal | 6. Comuna | | |
| 7. Teléfono | 8. Fax | | |
| 9. Persona Responsable | 10. Correo Electrónico | | |
| 11. Identificación Transporte | 12. Identificación Acoplado | | |
| 13. Cantidad Recibida | | | |
| 14. OBSERVACIONES | 14. Firma | 15. Fecha | 16. Hora |

DESTINATARIO (GESTOR)

- | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--|
| 1. Nro Identificación | 2. Autoridad Sanitaria | | |
| 3. Nombre Empresa | 4. RUT Empresa | | |
| 5. Dirección Establecimiento | 6. Comuna | | |
| 7. Teléfono | 8. Fax | | |
| 9. Persona Responsable | 10. Correo Electrónico | | |
| 11. Identificación Transporte | 12. Identificación Acoplado | | |

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 13. Cantidad Recibida | 14. Costos asociados |
| 15. Tipo de Residuos | 16. Tarifa del Servicio |
| 17. Tratamiento | 18. Destino |

- | | | | |
|-------------------|-------------------|-----------|----------|
| | 19. Firma | 20. Fecha | 21. Hora |
| 22. OBSERVACIONES | 23. DISCREPANCIAS | | |

OBLIGACIONES (art. 22)
INFORME DE AVANCES FINALES (REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS)

1. Cantidad de productos prioritarios comercializados por el productos
2. Descripción de las actividades realizadas
3. Costo de gestión de residuos (en el caso de que sea un sistema individual)
4. Tarifa al costo de la gestión de residuos (en el caso de un sistema colectivo), incluya fórmula de cálculo de tarifa
5. Cumplimiento de las metas de recolección y Valorización
6. Cumplimiento de las obligaciones asociadas

AUTORIZACIONES (art. 26)

PLAN DE GESTIÓN (A PRESENTAR A TRAVÉS DEL REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES)

1. Identificación del o los productores (información de representantes e información de contacto)
2. En el caso de sistema colectivos de gestión:
 - a) Identificación de la persona jurídica
 - b) Copia de sus estatutos
 - c) Identificación de los asociados
 - d) Reglas y procedimientos (1)
 - e) Procedimiento de licitación
3. Estimación anual de los productos prioritarios a ser comercializados en el país
4. Promedio de vida útil de los productos prioritarios
5. Estimación de los residuos a generar en igual período
6. Estrategia para lograr el cumplimiento de las metas y demás obligaciones asociadas en todo el territorio nacional
7. Mecanismo de financiamiento de las operaciones de gestión y copia de la garantía constituida
8. Mecanismos de seguimiento y control de funcionamiento de los servicios contratados para el manejo de residuos
9. Procedimientos para la recolección y entrega de información al Ministerio
10. Sistema de verificación de cumplimiento del plan.