



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO AMBIENTAL Y ENERGÉTICO ENTRE LA RECOGIDA DE BASURAS NEUMÁTICA Y CONVENCIONAL, USANDO LA HERRAMIENTA DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

ANEXOS

2 / 2

Autor:

Ignacio Bartolomé Pacheco

Director del proyecto:

Ignacio Zabalza Bribián

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Curso académico 2011/2012
Departamento de Ingeniería Mecánica



En Zaragoza, a 10 de Febrero de 2012

INDICE ANEXOS

ANEXO I: INTRODUCCIÓN AL PROYECTO FINAL DE CARRERA.....	97
1 NORMATIVA APLICABLE A LA GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RSU.....	97
1.1 NORMATIVA COMUNITARIA DE LA UE	97
1.2 NORMATIVA ESTATAL O ESPAÑOLA	97
1.2.1 La Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.....	99
1.3 NORMATIVA DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN	100
1.4 NORMATIVA LOCAL DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA APLICABLE A LA GENERACIÓN Y GESTIÓN DE LOS R.S.U	101
2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA: NORMAS ISO 14040/44	101
2.1 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y EL ALCANCE.....	101
2.2 ANÁLISIS DE INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (ICV).....	103
2.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	104
2.3.1 Elementos Obligatorios	105
2.3.2 Elementos Opcionales	105
2.3.3 Eco – Indicadores	105
2.4 LIMITACIONES / INCONVENIENTES	106
2.5 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA.....	106
3 ESTADO DE LA TÉCNICA.....	106
3.1 INTRODUCCIÓN	106
3.2 DEPÓSITO EN BOLSAS Y RECOGIDA PUERTA A PUERTA.....	107
3.3 RECOGIDA EN CONTENEDORES A NIVEL DE ACERA.....	109
3.3.1 Contenedores	109
3.3.2 Sistemas de descarga de contenedores	110
3.3.3 Conclusiones	117
3.4 SISTEMA DE RECOGIDA POR CONTENEDORES SOTERRADOS	118
3.4.1 Descripción general y tipos	118
3.4.2 Instalación	120
3.4.3 Funcionamiento del sistema	120

3.4.4	Sistema de seguridad del equipo	120
3.4.5	Recogida por contenedores convencionales soterrados.....	120
3.4.6	Recogida de contenedores por grúa-pluma	122
3.4.7	Ventajas e inconvenientes	124
3.5	RECOGIDA NEUMÁTICA DE RSU	125
3.5.1	Primeras instalaciones	125
3.5.2	Situación actual en España	125
3.5.3	Sistema neumático fijo de recogida de RSU	126
3.5.4	Sistema neumático móvil de recogida de RSU	130
3.5.5	Ventajas e inconvenientes	131

ANEXO II: INVENTARIOS DE LOS ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA 133

SECCIÓN I: INVENTARIO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE RECOGIDA DE RSU DE VALDESPARTERA..... 133

1	SISTEMA A ESTUDIAR	133
1.1	SISTEMAS DE CONTROL DE LA RECOGIDA NEUMÁTICA	134
1.1.1	Recogidas horarias estructuradas.....	135
1.1.2	Recogidas horarias estructuradas con recogidas por nivel	135
1.1.3	Método avanzado de recogida	136
1.1.4	Sistemas de regulación de la velocidad del aire	136
1.1.5	SISTEMA DE CONTROL CON INTELIGENCIA DISTRIBUIDA ..	139
1.1.6	Características de operación del sistema a estudio	142
2	INVENTARIO	142
2.1	PRODUCCIÓN	142
2.1.1	Central de recogida.....	143
2.1.2	Red de tuberías	154
2.2	TRANSPORTE	174
2.3	USO.....	176
2.3.1	Energía Eléctrica	176

2.3.2 Transporte de los RSU.....	178
----------------------------------	-----

SECCIÓN II: INVENTARIO DEL SISTEMA CONTENERIZADO DE RECOGIDA DE RSU DE VALDESPARTERA 181

1 SISTEMA A ESTUDIAR 181

1.1 RECOGIDA SELECTIVA EN ÁREAS DE APORTACIÓN 181

1.1.1 Contenedores 182

1.1.2 VEHÍCULOS DE RECOGIDA 183

1.2 EL LAVADO DE CONTENEDORES 186

1.2.1 Lavado interior in situ 187

1.2.2 Lavado exterior in situ..... 189

1.2.3 Lavado intensivo de contenedores ex situ 190

1.3 PLANTA O ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA..... 191

2 INVENTARIO 192

2.1 PRODUCCIÓN 192

2.1.1 Contenedores 192

2.1.2 Vehículo recolector 196

2.1.3 Vehículo lavador 197

2.2 TRANSPORTE 199

2.2.1 Escenario de recogida actual 200

2.2.2 Escenario de recogida de capacidad máxima 200

2.3 USO 200

2.3.1 Recogida y transporte de residuos..... 201

2.3.2 Lavado de contenedores 204

ANEXO III: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 206

1 SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL..... 206

1.1 IPCC 2007 GWP A 100 AÑOS 208

1.1.1 Introducción..... 208

1.1.2 Caracterización..... 209

1.1.3 Normalización y ponderación..... 209

1.2 DEMANDA ACUMULADA DE ENERGÍA PRIMARIA 209

1.2.1	Introducción.....	209
1.2.2	Caracterización.....	210
1.2.3	Normalización	210
1.2.4	Ponderación	210
1.3	ECO – INDICADOR 99	211
1.3.1	Caracterización.....	211
1.3.2	Incertidumbres.....	213
1.3.3	Normalización	214
1.3.4	Ponderación	214
1.4	CML 2 BASELINE 2000.....	214
1.4.1	Introducción.....	214
1.4.2	Caracterización.....	215
1.4.3	Normalización y ponderación.....	218
2	SISTEMA NEUMÁTICO.....	219
2.1	IPCC 2007 GWP A 100 AÑOS	219
2.1.1	Análisis del impacto de los flujos materiales y energéticos	219
2.2	DEMANDA ACUMULADA DE ENERGÍA PRIMARIA	225
2.2.1	Análisis del impacto de los flujos materiales y energéticos	226
2.2.2	Análisis del impacto de los procesos.....	232
2.3	ECO – INDICADOR 99	234
2.3.1	Categorías de daño	234
2.3.2	Categorías de impacto	235
2.4	CML 2 BASELINE 2000.....	236
2.4.1	Caracterización.....	236
2.4.2	Normalización	240
3	SISTEMA CONTENERIZADO	244
3.1	IPCC 2007 GWP A 100 AÑOS	244
3.1.1	Análisis del impacto de los flujos materiales y energéticos	244
3.1.2	Análisis del impacto de los procesos.....	248
3.1.3	Análisis del impacto ambiental de las sustancias emitidas.....	249

3.2	DEMANDA ACUMULADA DE ENERGÍA PRIMARIA	251
3.2.1	Análisis del impacto de los flujos materiales y energéticos	251
3.2.2	Análisis del impacto de sustancias	254
3.2.3	Análisis del impacto de procesos	256
3.3	ECO – INDICADOR 99	257
3.3.1	Categorías de daño	257
3.3.2	Categorías de impacto	257
3.3.3	Sustancia.....	259
3.4	CML 2 BASELINE 2000	261
3.4.1	Caracterización.....	261
3.4.2	Normalización	264

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

1. Diagrama de flujo del inventario del Ciclo de Vida de un producto) [Elaboración propia]	104
2. Distribución de los diferentes sistemas de recogida de RSU en España en el año 2010 [20].....	107
3. Recogida puerta a puerta en el pueblo vasco de Usurbil [8]	108
4. Diferentes tipos de contenedores de basura de baja capacidad [9]	109
5. Área de aportación de recogida selectiva con contenedores de gran capacidad [10]...	110
6. Camión de carga trasera de RSU [Elaboración propia]	111
7. Evolución del sistema de carga lateral en la recogida selectiva en España [20]	113
8. Camión de recogida de RSU de carga lateral) [Elaboración propia]	114
9. Camión con grúa-pluma para la recogida de basuras [11]	115
10. Contenedores de vidrio tipo iglú con boca para facilitar su vertido a los bares [12] ...	115
11. Camión de carga frontal [13]	117
12. Tipos de contenedores soterrados. A- Plataforma soterrada hidráulica para contenedores de descarga lateral o frontal [16]; B- Contenedor con asa con tapa abatible [16]; C- Contenedor soterrado de doble gancho [14]	119
13. Contenedores soterrados de carga trasera [15].....	121
14. Soterrado para carga lateral [15]	122
15. Contenedores monobloque [15]	123
16. Contenedor de asa abatibles integrales [14].....	124
17. Densidad de varios residuos [16]	126
18. Relación de la densidad del residuo con la velocidad de aire necesaria [16].....	127
19. Central de recogida de RSU [19]	128
20. Sistema móvil de recogida neumática de residuos [18]	130
21. Sistema de recogida neumática de RSU [27]	133
22. Diagrama general del sistema de regulación [28]	138
23. Perfil de consumo eléctrico a lo largo de la duración de una recogida [28]	139
24. Esquema de comunicación entre distintos dispositivos del sistema [28].....	140

25. Esquema del flujo de transmisión de datos a la herramienta SCADA [28]	141
26. Frontal y perfil del edificio de la central de recogida [ENVAC IBÉRICA S.A]	144
27. Sala de turboextractores de la instalación neumática de Valdespartera [Eco – Ciudad Valdespartera S.A]	145
28. Compactador tipo de una central de recogida neumática de RSU [27].....	146
29. Contenedor apilable de 25 m ³ de capacidad nominal [29].....	147
30. Elevación del contenedor mediante puente-Grúa con Spreader [30]	148
31. Esquema de componentes del ciclón y el separador rotativo [31]	150
32. Esquema de componentes de la sala de filtros [32].....	151
33. Sala de filtros monoblock [32]	153
34. Resumen del inventario de la central de recogida.....	154
35. Características de la red de tuberías	155
36. Esquema de la tubería de transporte.....	156
37. Esquema de los codos de la tubería de transporte	157
38. Esquema de los ramales tipo “Y” de la tubería de transporte	158
39. Resumen del inventario de tubo de acero.....	159
40. Composición del revestimiento del revestimiento de polietileno tricapa [35]	160
41. Resumen del inventario del revestimiento tricapa de la tubería.....	160
42. Resumen del inventario de la soldadura de fabricación de tubería	161
43. Resumen del inventario de la soldadura in situ.....	162
44. Cable eléctrico (azul) y tubo neumático (negro)[27]	162
45. Resumen inventario del cable blindado de transmisión de señal	163
46. Resumen del inventario del tubo de aire comprimido.....	163
47. Tubo corrugado	164
48. Resumen del inventario del tubo corrugado.....	164
49. Resumen del inventario del movimiento de tierras.....	165
50. Esquema de una zanja tipo para la instalación de la red neumática [26]	165
51. Esquema de un pozo de registro tipo para la inspección de la red neumática.....	166
52. Cuerpo de la válvula de aire [26]	168

53. Características de los distintos tipos de silenciadores	168
54. Silenciador cuadrado a la izquierda y silenciador cilíndrico a la derecha [26]	169
55. Torre de entrada de aire [26]	169
56. Resumen inventario de la válvula de aire	170
57. Válvulas de descarga [Eco-Ciudad Valdespartera S.A]	171
58. Resumen del inventario de las válvulas de descarga	171
59. Válvula de seccionamiento	172
60. Resumen del inventario de las válvulas de seccionamiento	173
61. Resumen del inventario de las tapas de inspección	173
62. Resumen del inventario de los tapones de acero	174
63. Resumen del inventario de los buzones de vertido	174
64. Resumen del inventario del transporte de los elementos del sistema neumático	176
65. Inventario del consume energético del escenario de recogida actual	177
66. Inventario del consume energético del escenario de recogida de capacidad máxima ..	178
67. Recorrido desde la central de recogida al lugar de valoración	179
68. RSU recogidos en Valdespartera actualmente y previsiones a 30 años	180
69. Inventario del transporte de residuos. Escenario de recogida actual	180
70. Inventario del transporte de residuos. Escenario de recogida de capacidad máxima ...	180
71. Tabla de características técnicas del lavado interior de contenedores [39]	188
72. Tabla de características técnicas del lavado exterior de contenedores [39]	189
73. Esquema del túnel de lavado de contenedores [40]	191
74. Área de aportación de contenedores en el barrio zaragozano del Picarral [Elaboración propia]	193
75. Dimensiones técnicas y croquis del contenedor de 3200 l de Contenur [42]	194
76. Tabla del inventario de producción de un contenedor	195
77. Tabla del inventario de producción de la dotación de contenedores para el escenario de recogida actual	196
78. Tabla del inventario de producción de la dotación de contenedores para el escenario de recogida de capacidad máxima	196

79. Vehículo lavacontenedores del fabricante Schmidt [44].....	198
80. Tabla de inventario de producción de la dotación de vehículos lavacontenedores para el escenario de recogida actual.....	199
81. Tabla de inventario de producción de la dotación de vehículos lavacontenedores para el escenario de recogida de capacidad máxima.....	199
82. Inventario de transporte de fábrica al lugar de implantación para el escenario de recogida actual	200
83. Inventario de transporte de fábrica al lugar de implantación para el escenario de recogida de capacidad máxima	200
84. Figura de la explicación de la aproximación realizada para el cálculo del transporte de los RSU [Elaboración propia]	202
85. Inventario de recogida y transporte de RSU de cada emplazamiento hasta el centro de recuperación de materiales en el escenario actual.....	202
86. Inventario de recogida y transporte de RSU de cada emplazamiento hasta el centro de recuperación de materiales en el escenario de capacidad máxima.....	203
87. Inventario del lavado de la dotación de contenedores en el escenario de capacidad máxima.....	205
88. Inventario del lavado de la dotación de contenedores en el escenario de capacidad máxima.....	205
89. Factores aplicados para realizar la evaluación del inventario de impacto ambiental [1]	207
90. Métodos de evaluación del inventario del impacto ambiental recogidos en el software SimaPro.....	208
91. Categorías de impacto usadas por el método CML 2 baseline 2000 [46].....	215
92. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo.	219
93. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Infraestructura sistema neumático.	220
94. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Red de tuberías. Escenario actual.	221
95. Diagrama de barras. Procesos. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo.	222

96. Diagrama de sectores circulares. Procesos. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo. Escenario capacidad máxima.	223
97. Diagrama de barras. Sustancias emitidas. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo. Escenario actual.....	224
98. Diagrama de sectores circulares. Sustancias emitidas. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo.	225
99. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo. Escenario de capacidad máxima.	226
100. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo.....	227
101. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo.....	227
102. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Infraestructura.....	228
103. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Infraestructura.	229
104. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Red de tuberías.	230
105. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Red de tuberías.....	231
106. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Red de tuberías.....	231
107. Diagrama de sectores circulares. Procesos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo. Escenario de capacidad máxima.	232
108. Diagrama de barras. Categorías de daño. Eco – Indicador 99. Sistema neumático completo.....	234
109. Diagrama de barras. Categorías de impacto. Eco – Indicador 99. Sistema neumático completo.....	235
110. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Sistema neumático completo.....	236
111. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Infraestructura del sistema neumático.	238

112. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Red de tuberías del sistema neumático.	239
113. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Sistema neumático completo.	240
114. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Infraestructura del sistema neumático. Escenario actual.	241
115. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Red de tuberías del sistema neumático.	242
116. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Sistema contenerizado completo.	244
117. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Infraestructura sistema contenerizado.	245
118. Diagrama sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Contenedores sistema contenerizado.	246
119. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Uso del sistema contenerizado.	246
120. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Lavado del sistema contenerizado.	247
121. Diagrama de barras. Procesos. IPCC GWP a 100 años. Sistema contenerizado completo. Escenario actual.	248
122. Diagrama de barras. Procesos. IPCC GWP a 100 años. Sistema contenerizado completo. Escenario de capacidad máxima.	248
123. Diagrama de barras. Sustancias emitidas. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo. Escenario actual.	249
124. Diagrama de sectores circulares. Sustancias emitidas. IPCC GWP a 100 años. Sistema contenerizado completo.	250
125. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo.	251
126. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema contenerizado completo.	251
127. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Infraestructura sistema contenerizado.	252

128. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Infraestructura sistema contenerizado.	252
129. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Contenedores sistema contenerizado.	253
130. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Uso sistema contenerizado.	254
131. Diagrama de sectores circulares. Sustancias. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema contenerizado. Escenario actual.	255
132. Diagrama de sectores circulares. Sustancias. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema contenerizado. Escenario de capacidad máxima.	256
133. Diagrama de barras. Categorías de daño. Eco – Indicador 99. Sistema contenerizado completo.	257
134. Diagrama de barras. Categorías de impacto. Eco – Indicador 99. Sistema contenerizado completo.	258
135. Diagrama de sectores circulares. Sustancias. Eco – Indicador 99. Sistema contenerizado completo. Escenario actual.	259
136. Diagrama de sectores circulares. Sustancias. Eco – Indicador 99. Sistema contenerizado completo. Escenario capacidad máxima.	260
137. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Sistema contenerizado completo	261
138. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Infraestructura del sistema contenerizado. Escenario actual.	262
139. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Uso del sistema contenerizado. Escenario actual.	263
140. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Sistema contenerizado completo.	264
141. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Infraestructura del sistema contenerizado.	265
142. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Contenedores del sistema contenerizado.	266
143. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Uso del sistema contenerizado. Escenario actual.	266
144. Diagramas de barras. Normalización. CML 2000. Lavado de contenedores del sistema contenerizado.	267

ANEXO I: INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

FINAL DE CARRERA

1 NORMATIVA APLICABLE A LA GENERACIÓN

Y GESTIÓN DE RSU

1.1 NORMATIVA COMUNITARIA DE LA UE

- **Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas:** Establece un marco jurídico para el tratamiento de residuos en la Unión Europea. Su objetivo es proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la prevención de los efectos nocivos que suponen la producción y la gestión de residuos. Integra en un mismo texto las tres Directivas anteriores referentes a residuos. Obliga a todos los países miembros a conseguir una tasa de reciclaje de al menos el 50% de papel, metal, plástico y vidrio para los RSU para el año 2020. Establece la gestión de RSU basada en cinco puntos: prevención, reutilización, reciclaje (recogida), recuperación y despacho final. Además, establece un régimen de sanciones para controlar vertidos ilegales.
- **Directiva 2006/12/EC,** introduce la necesidad de regular los residuos con rigor económico y el desarrollo de planes específicos de prevención. La actual política de residuos europea deja aparte la tradicional distinción entre residuos peligrosos y no peligrosos para establecer una legislación común para todos los tipos de residuo.

1.2 NORMATIVA ESTATAL O ESPAÑOLA

- **Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados:** Es aplicable a cualquier tipo de residuo a excepción de las emisiones atmosféricas, los suelos no contaminados excavados, los residuos radiactivos, explosivos desclasificados y materias fecales.
- **Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local:** asigna la competencia del tratamiento de residuos a los municipios.
- **Ley 11/1997 de 24 de abril de envases y residuos de envases (LERE), que traspone la Directiva 94/62/CE, de 20 de diciembre, relativa a los Envases y**

Residuos de Envases (DOCE L nº 365, de 31.12.94). Cuyo desarrollo

reglamentario se llevó a cabo por el **Real Decreto de 1 de mayo de 1998** establece que: envasadores, comerciantes de productos envasados o los responsables de su primera puesta en el mercado, debían aplicar una de las dos opciones que contempla dicha Ley para la recuperación de los envases:

- o Articular su propio sistema de depósito, devolución y retorno de envases (SDDR)
 - o Adherirse a un sistema integrado de gestión (SIG)
- **El RD 653/2003**, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.
- **El RD 1481/2001**, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero estableciendo unos objetivos específicos de reducción de la cantidad de residuos biodegradables que se eliminan en dichos medios.
- **Ley 9/2006, de 28 de abril**, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.
- **Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015:** Este plan hace especial hincapié en la aplicación de las “tres erres”(reducir, reutilizar y reciclar). La finalidad de este plan es promover una política adecuada en lo que se refiere a la gestión de residuos, disminuyendo su generación e impulsando un correcto tratamiento de los mismos. También trata de que la Administraciones públicas, los usuarios y los consumidores asuman su parte de responsabilidad. Está basado en los principios de autosuficiencia y proximidad y sigue los siguientes principios:
 - o Fomentar la gestión correcta de residuos a través de la creación de nuevas infraestructuras y mejoras de las ya existentes para garantizar la eficiencia en la gestión de residuos.
 - o Reducir la producción de residuos a través de cambios en su gestión, dando prioridad a la opción que menos afecta al cambio climático.
 - o Impulsar el correcto tratamiento de residuos, por lo tanto eliminar vertederos ilegales y consolidar programas de I+D+i, aplicados a la gestión de residuos.
 - o Incrementar la responsabilidad de los agentes involucrados: públicos, autoridades y servicios, empresas, consumidores y usuarios.

Según la **Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados**, en el artículo 12, se establecen las competencias administrativas en materia de gestión de residuos.

1.2.1 La Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados

1.2.1.1 *Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino*

- Elaborar el Plan Nacional marco de la gestión de residuos
- Establecer los objetivos mínimos de reducción en la generación de residuos, así como de preparación para la reutilización, reciclado y otras formas de valorización obligatoria de determinados tipos de residuos.
- Autorizar los traslados de residuos desde o hacia países no pertenecientes a la Unión Europea, así como ejercer labores de inspección y sanción.
- Recopilar, elaborar y actualizar la información necesaria para el cumplimiento de las obligaciones derivadas de la legislación nacional, comunitaria o de convenios internacionales.
- Las demás competencias que le atribuyan las restantes normas sobre residuos.

1.2.1.2 *Comunidades Autónomas*

- Elaboración de programas autonómicos de prevención y gestión de residuos.
- Autorizar, vigilar, inspeccionar y sancionar las actividades de producción y gestión de residuos.
- Registrar la información en materia de producción y gestión de residuos en su ámbito competencial.
- Potestad de vigilancia, inspección, y la potestad sancionadora en el ámbito de sus competencias.

1.2.1.3 *Entidades locales*

- Les compete la recogida, el transporte y el tratamiento de los residuos domésticos generados en los hogares, comercios y servicios en la forma en que establezcan sus respectivas ordenanzas en el marco jurídico de lo establecido en esta Ley, de las que en su caso dicten las CCAA. La prestación de este servicio corresponde a los municipios que podrán llevarla a cabo de forma independiente o asociada.
- Potestad de vigilancia e inspección, y la potestad sancionadora en el ámbito de sus competencias.
- Elaborar programas de prevención y de gestión de los residuos de su competencia.
- Gestionar los residuos comerciales no peligrosos y los residuos domésticos generados en las industrias en los términos que establezcan sus respectivas ordenanzas, sin perjuicio de que los productores de estos puedan gestionarlos por sí mismos.

- A través de ordenanzas, puede obligar al productor o a otro poseedor de residuos peligrosos domésticos o de residuos cuyas características dificulten su gestión a que adopten medidas para eliminar o reducir dichas características o a que los depositen en la forma y lugar adecuados.
- Realizar actividades de gestión de residuos directamente o mediante cualquier otra forma de gestión prevista en la legislación sobre régimen local. Esta actividad se podrá realizar por cada entidad local de forma independiente o por asociación de varias Entidades Locales.

Las administraciones públicas en sus respectivos ámbitos competenciales podrán declarar servicio público todas o algunas de las operaciones de gestión de determinados residuos cuando motivadamente se justifique por razones de adecuada protección de la salud humana y del medio ambiente.

[5] Gobierno de España (2011), Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, Artículo 12. Madrid, Ed: Boletín Oficial del Estado.

1.3 NORMATIVA DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN

Por la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminado, corresponde a las Comunidades Autónomas la elaboración de los planes autonómicos de residuos.

- **Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (GIRA 2009 – 2015):** a través del un programa de control establece como objetivo fundamental, proporcionar a los distintos agentes responsables y al público en general la información sobre el estado de los residuos. Además, se fijan los objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado, otras formas de valorización y eliminación; las medidas a adoptar para conseguir dichos objetivos; los medios de financiación, y el procedimiento de revisión, incluyendo la cantidad de residuos producidos y la estimación de los costes de las operaciones de prevención, valorización y eliminación, así como los lugares e instalaciones apropiadas para la eliminación de los residuos.
- **Ley 27/2006, de 18 de julio**, por la que se regulan los **derechos de acceso a la información**, de participación pública y de acceso a la justicia **en materia de medio ambiente**. (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE).
- **Ley 7/2006, de 22 de junio**, de protección Ambiental de Aragón, que regula el sistema de intervención administrativa de los planes, programas, proyectos,

instalaciones y actividades susceptibles de afectar al medio ambiente en el ámbito territorial de Aragón, como forma de prevención, reducción y control de la contaminación y del impacto ambiental.

1.4 NORMATIVA LOCAL DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA

APLICABLE A LA GENERACIÓN Y GESTIÓN DE LOS R.S.U

- **Ordenanza de Limpieza Pública, Recogida y Tratamiento de Residuos Sólidos** de 1986 y modificada en 1997, que regula las actividades de servicios de limpieza de los espacios públicos y privados, recogida de basuras, desechos y R.S.U y control y tratamiento de los mismos, para conseguir condiciones adecuadas de salubridad, pulcritud, ornato y bienestar ciudadano, en orden a la debida protección del medio ambiente.
- **Ordenanza fiscal nº 17.1 y 17.2:** establecen respectivamente la Tasa por prestación de servicios de recogida de R.S.U; y su tratamiento y eliminación respectivamente.

2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE

VIDA: NORMAS ISO 14040/44

2.1 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y EL ALCANCE

De acuerdo con la norma ISO 14040, el objetivo debe dejar claro el propósito del estudio, lo cual se concreta en la especificación de los siguientes puntos:

- Aplicación prevista
- Razones para realizar el estudio
- Público previsto (Instituciones o personas a las que se prevé comunicar los resultados)
- Posible utilización de los resultados en aseveraciones comparativas (UNE-EN ISO 14040:2006)

La definición del alcance debe estar conforme con el objetivo planteado y debe considerar y describir claramente los siguientes puntos:

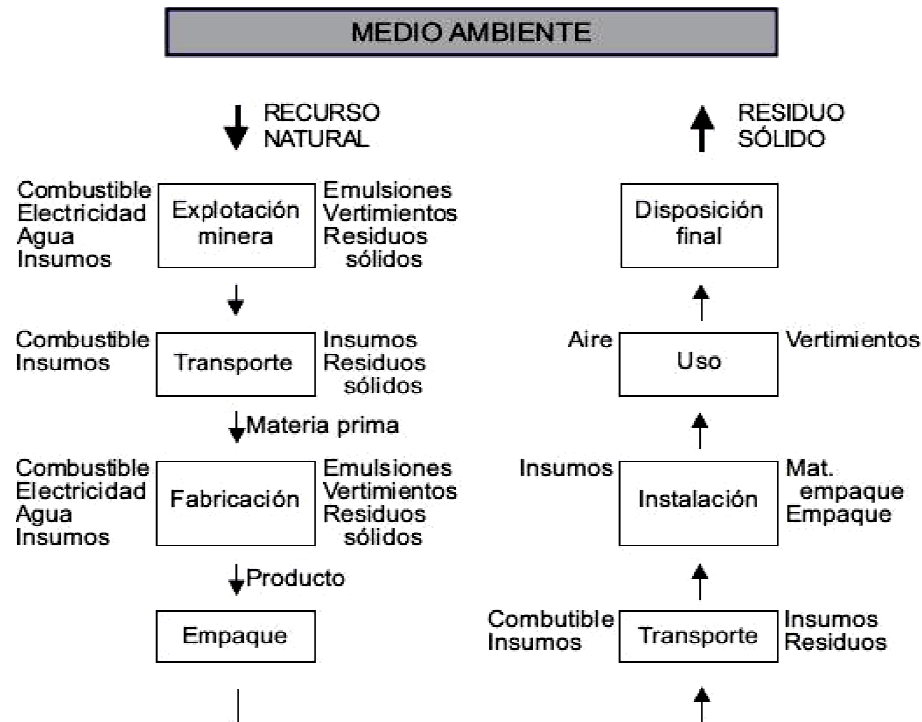
- Sistema del producto, bien o servicio: conjunto de procesos unitarios o subsistemas necesarios que, actuando a un tiempo, realizan una función definida.

- Funciones del sistema a estudiar: define sus características de operación. Hay que destacar que un sistema puede tener más de una función. Por ello, para poder comparar dos sistemas distintos, es condición necesaria que desempeñen la misma función.
- Unidad funcional: es una medida del comportamiento de las salidas funcionales de un sistema y su propósito es proporcionar una referencia para las entradas y salidas del mismo. Esta referencia es necesaria para asegurar que la comparación de uno o varios sistemas, que realizan una misma función, se hace sobre una base común.
- Límites del sistema: procesos y etapas unitarias del sistema que serán incluidos dentro del sistema estudiado. Hay que considerar que no es necesario malgastar recursos para el análisis de las entradas y salidas que no cambien significativamente las conclusiones del estudio. Por lo tanto, es necesario establecer unos límites que respalden los objetivos del estudio. De todas formas, toda decisión de omitir etapas del ciclo de vida, procesos o entradas/ salidas debe quedar claramente justificada y los criterios o reglas de corte utilizadas para fijar los límites del sistema deben garantizar la precisión y representatividad de los resultados obtenidos.
- Procedimientos de asignación: En los sistemas que producen más de un producto. Se usan criterios como el principio de causalidad, precio, cantidad (masa, número), etc.
- Metodología de la EICV (Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida) y tipos de impacto que se van a emplear en el análisis. Cada método de evaluación difiere en las categorías de impacto a tener en cuenta y su importancia.
- Interpretación a utilizar
- Requisitos relativos a la calidad de los datos: los datos deben definirse de modo que permitan lograr los objetivos del estudio. Especificar:
 - o Temporalidad (Antigüedad de los datos)
 - o Procedencia geográfica
 - o Tecnología utilizada en el proceso
 - o La precisión
 - o La amplitud
 - o Representatividad de los datos
 - o La consistencia y reproducibilidad de los métodos usados en el ACV

- o Fuente y representatividad de la información
 - o Incertidumbre de la información
- Suposiciones, juicios de valor y elementos
- Limitaciones
- Tipo de revisión crítica: es una forma de asegurarse la calidad del proyecto. Debe argumentarse la necesidad o no de llevarla a cabo y el equipo que la va a llevar.
- Tipo y formato de informe: detallar la estructura e información del documento y a quien va dirigido

2.2 ANÁLISIS DE INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

El Inventario del Ciclo de Vida implica la recopilación y la cuantificación de las entradas y salidas de cada uno de los procesos unitarios que formen el sistema en estudio. En definitiva se trata, de cuantificar cada una de las entradas y salidas del sistema a lo largo de su vida útil para la unidad funcional seleccionada. Existen tres tipos de flujos principales: flujos elementales (pueden ser emitidos al ambiente o extraídos del mismo) como emisiones o recursos energéticos, intermedios (entre unidades funcionales) que pueden ser de productos o energía, y flujo de residuos (un subtipo de flujo de productos). Para cada proceso unitario, las entradas incluyen las emisiones al aire y suelo, subproductos y otros vertidos, tal como muestra la siguiente Figura.



1. Diagrama de flujo del inventario del Ciclo de Vida de un producto)
[Elaboración propia]

Existen dos fuentes de ICV diferentes:

- Foreground (Primer Plano): Información específica de proveedores/operarios.
- Background (Antecedentes): Información de los materiales consumidos, cargas energéticas, etc. Utilización de bases de datos específicas.

En el modelado del sistema de producto ambas se vinculan.

Pasos asociados al ICV: recopilación y cálculo de datos, validación de datos, determinación de la relación de los datos con los procesos unitarios y la unidad funcional, ajuste de los límites del sistema (Proceso Iterativo). Por lo tanto, es necesario contar con un diagrama de flujo para el sistema de producto.

2.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En base a la información obtenida del inventario de ciclo de vida, se intenta evaluar la magnitud y cuan significativos son los impactos ambientales potenciales del sistema de producto analizado.

2.3.1 Elementos Obligatorios

- Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.
- Clasificación: Asignación de resultados y datos del ICV a las categorías de impacto previamente seleccionadas.
- Caracterización: Cálculo de los resultados de indicadores de categoría

2.3.2 Elementos Opcionales

- Normalización: Cálculo de la magnitud de los resultados de los indicadores de categoría con relación a las magnitudes reales o previstas en el área geográfica del estudio para dichos indicadores
- Valoración o ponderación: Cálculo subjetivo de resultados ponderados para cada categoría de impacto y posible agregación de los mismos.
- Análisis de calidad de datos

2.3.3 Eco – Indicadores

Los eco-indicadores son adimensionales e intentan cuantificar numéricamente el impacto ambiental del ciclo de vida de un proceso, producto o servicio. De este modo se pueden contrastar dos o más productos sustitutivos, siendo posible así precisar numéricamente la diferencia entre ellos. Partiendo del ICV, es una herramienta de Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.

- Mayor facilidad de interpretación respecto a un ACV
- El tiempo asociado al estudio es menor
- Menor profundidad del análisis de la información

Objetivo: Integración de los resultados del ICV en un único valor (Normalización y ponderación)

Limitaciones / inconvenientes:

- Los valores de eco-indicadores distintos no son comparables
- Ponderación del aporte de los distintos daños ambientales

2.4 LIMITACIONES / INCONVENIENTES

- Inventario:
 - o Posibilidad de no conseguir toda la información necesaria, lo que obliga a realizar hipótesis o estimaciones de valores
 - o Fiabilidad y precisión de la fuente y los sistemas de medición son necesarias
- Caracterización de daños o impactos en locales, regionales o globales.
- Valoración de daños e impactos

2.5 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

Fase del análisis de ciclo de vida en la que los hallazgos del análisis del inventario y la evaluación del impacto se evalúan con relación al objetivo y el alcance definidos para llegar a conclusiones y recomendaciones que sean útiles para la toma de decisiones. La interpretación consta de 3 partes fundamentales:

- Identificación de las variables significativas
- Evaluación de los resultados
 - o Análisis de Integridad (todos los datos necesarios están disponibles y completos) para establecer y reforzar la confianza y fiabilidad de los resultados del estudio.
 - o Análisis de Sensibilidad (confiabilidad de los resultados en función de la incertidumbre de los datos, los métodos de asignación y de cálculo)
 - o Análisis de Coherencia (hipótesis, métodos y datos realizados son finalmente coherentes con el objetivo y el alcance definidos previamente)
- Conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

3 ESTADO DE LA TÉCNICA

3.1 INTRODUCCIÓN

La prerrecogida es la primera etapa en la gestión de residuos. Suelen ser los ayuntamientos de cada municipio los encargados de educar a los ciudadanos sobre la forma de depositar los residuos en la vía pública para su posterior recogida. Para los distintos tipos de recogida, los RSU se suelen depositar en bolsas de polietileno de baja densidad, de distintos

volúmenes y en algunos casos con sistema de atado para evitar que los residuos se esparzan por los sistemas de prerrecogida (contenedores, bajantes...) y no se produzca suciedad.

La recogida de RSU se ha realizado tradicionalmente mediante contenedores situados a pie de calle en los que los ciudadanos depositan las bolsas de residuos. Aunque, en los últimos años ha dado lugar a la recogida mediante contenedores soterrados, que es un sistema de recogida de RSU más estético y con menor ocupación de superficie en la vía pública.

Actualmente, en España, la distribución de los sistemas de recogida implantados en los cerca de 45 millones de habitantes, para poblaciones de más de 50000 habitantes, en términos de población, es la siguiente:

IGLÚ	CARGA LATERAL	CARGA TRASERA	NEUMÁTICA	PUERTA A PUERTA	SOTERRADOS
33,2%	32,9%	27,0%	0,6%	0,7%	5,6%

2. *Distribución de los diferentes sistemas de recogida de RSU en España en el año 2010 [20]*

3.2 **DEPÓSITO EN BOLSAS Y RECOGIDA PUERTA A PUERTA**

Hasta no hace muchos años, el depositar las bolsas de basura directamente sobre la acera en puntos señalados por los ayuntamientos, era lo más habitual como sistema de prerrecogida.

Para evitar olores y contaminación estética se suele pedir a los ciudadanos que depositen la basura en un horario limitado. Así, también se consigue la acción de ratas, gatos y otros animales transmisores de enfermedades. Las bolsas son recogidas por camiones compactadores, que reducen el volumen de la basura para poder recoger una mayor cantidad de residuos con un solo trayecto a planta de recogida de residuos.

En los lugares donde se sigue utilizando este método, los distintos tipos de residuos van clasificados en bolsas de distinto color.

Una vez realizada la prerrecogida, existen dos formas de recogida para el posterior traslado a los centros de tratamiento diferenciado:

- En la primera de ellas, los camiones realizan varios trayectos al centro de recogida de residuos, uno para cada uno de los tipos de residuo existente.

- Como alternativa, se recogen todas las bolsas juntas pero se separan en la planta de tratamiento. Sin embargo, los residuos suelen llegar esparcidos, ya que las bolsas se suelen romper por acción del compactador en el interior del camión.



3. Recogida puerta a puerta en el pueblo vasco de Usurbil [8]

- Ventajas
 - o Comodidad para los usuarios con mínimo recorrido hasta los puntos de depósito
 - o Simplicidad del sistema
 - o Inversión inicial reducida
- Inconvenientes
 - o Propagación de olores
 - o Desarrollo de la acción de roedores y otros animales
 - o Complejidad en la recogida por el aumento de recorridos y recursos necesarios
 - o Agrava el impacto ambiental
 - o Contaminación estética
 - o Costes y dificultad de recogida con camión son elevados

3.3 RECOGIDA EN CONTENEDORES A NIVEL DE ACERA

3.3.1 Contenedores

La más habitual en la actualidad es que la bolsa de basura se deposite en contenedores. Estos se clasifican siguiendo dos criterios: la capacidad y el sistema de enganche para su vaciado.

La capacidad de los contenedores engloba un amplio rango establecido por la norma UNE-EN 840 para los contenedores móviles, que varía entre 500 y 1700 litros, siendo el más habitual el de 1100 litros.

Existen varios tipos de contenedores en desuso debido a que la recogida es difícilmente automatizable como pueden ser: cubos y recipientes con asas. Suelen ser de poca capacidad, con ruedas y fácilmente manejables.

Las normas UNE- EN 840 citadas previamente, se adaptan a legislación de obligado cumplimiento en países de la UE, Suiza y Noruega, y regulan características como el volumen, la capacidad de carga, identificación, métodos de ensayo, requisitos de seguridad e higiene, etc.



4. Diferentes tipos de contenedores de basura de baja capacidad [9]

En la actualidad, se está tendiendo en casi toda España a la implantación de la recogida lateral de residuos sólidos urbanos, la cual emplea contenedores fijos. Este sistema es muy eficaz y evita los problemas de acumulación existentes anteriormente de cuatro, cinco o seis contenedores de menor capacidad. Los contenedores más usados en este caso son de 2400 y 3200 litros.



5. *Área de aportación de recogida selectiva con contenedores de gran capacidad [10]*

Dependiendo del sistema de carga y la capacidad del contenedor, se fabrican habitualmente en Polietileno de alta densidad PEAD y chapa galvanizada.

3.3.2 Sistemas de descarga de contenedores

Existen diversos métodos de descarga de los contenedores mediante vehículos recolectores. Esto depende, del sistema implantado en la zona, características de la población, etc.

La capacidad de los vehículos recolectores de residuos se debe ajustar a los diferentes escenarios que se pueden plantear dentro de un mismo tipo de recogida de residuos. Esta capacidad variará dependiendo del volumen de residuos generados, diseño de la población y la densidad de población de cada zona, etc. En el caso de carga trasera lo habitual es que oscilen entre 5 y los 24 m³. Los de carga lateral van de 14 a 25 m³ y los de carga frontal entre 15 y 30. Suelen tener una capacidad de compactación de 6:1. Por tanto, existen vehículos adaptados al tipo de recogida planteado dependiendo de la situación del contenedor respecto al camión en el momento de la descarga. Para entender cada uno de los casos planteados, se van a describir detalladamente.

3.3.2.1 Vehículos de carga trasera (Contenedores de baja capacidad)

La recogida de carga trasera al servicio de recogida de residuos sólidos urbanos dispuestos en contenedores y efectuado por un equipo de trabajo compuesto por un conductor, dos operarios y un vehículo recolector compactador con sistema de elevación y carga trasera. Este servicio se desarrolla sobre una ruta de ubicaciones de contenedores predeterminada.

Los camiones de carga trasera fueron los utilizados en la ciudad de Zaragoza durante muchos años. Sin embargo, fueron sustituidos por los vehículos de carga lateral. Estos vehículos se componen de dos partes totalmente diferenciadas, que son la caja compactadora y el chasis. El chasis es un elemento estándar del mercado de la automoción, que posee características apropiadas dependiendo del uso al que va a ser destinado el vehículo. En este caso se dotara de marchas cortas, largos especiales, radios de giro mínimos...para poder maniobrar perfectamente por calles estrechas con la mayor rapidez y facilidad posibles.



6. Camión de carga trasera de RSU [Elaboración propia]

La potencia se suele obtener de un motor de explosión, aunque las últimas tendencias apuestan por el uso de combustibles alternativos, como el gas natural, que reducen el nivel de ruido y emisiones.

El sistema de propulsión del camión por gas natural licuado del petróleo, se empezó a implantar, con una experiencia piloto en el año 2000 en Barcelona, con la compra de un único vehículo al que posteriormente se le han ido añadiendo más. Para ello, se instaló una estación de carga de Gas Natural Licuado (GNL) en la explotación de CESPÀ situada en la Zona Franca de Barcelona. Sin embargo, el primer municipio que adoptó este combustible para los vehículos de recogida de RSU, fue Madrid en el año 2003 con la adquisición de 333 vehículos para la recogida y transporte de residuos. Estos vehículos reducen la emisión de contaminantes en cerca del 87%. Para abastecer los vehículos de combustible, se dispone de 102 puntos de repostaje de gas natural comprimido que permite el llenado del depósito en menos de siete minutos.

También existen vehículos híbridos, como es el caso de Madrid, ciudad en la que FCC invirtió 470 millones de € en el año 2007, en la modernización de la flota de vehículos de recogida de RSU, que usan un motor de combustión interna de gasoil para desplazamientos inter-urbanos y otro eléctrico para los trayectos de recogida urbanos. No es sólo el silencio la principal ventaja. Los vehículos no emiten prácticamente gases, tienen una conducción más suave y la batería eléctrica se recarga cuando está en funcionamiento el motor diesel.

En este sistema los contenedores utilizados suelen ser de baja capacidad, hasta 1100 litros. Además, los contenedores de residuos especiales se sitúan junto al contenedor de restos.

Entonces, los contenedores de recogida selectiva se sitúan distanciados entre sí la misma distancia que el contenedor de restos. Los residuos son depositados también en bolsas.

Las **ventajas** de este sistema respecto a la recogida puerta a puerta son las siguientes:

- La tapa dificulta el acceso de los animales a los residuos, mejorando los problemas higiénicos.
- La franja horaria es más amplia favoreciendo la comodidad del usuario
- Los contenedores son descargados mecánicamente, aumentando la eficiencia de los equipos de trabajo
- Se reduce el riesgo de accidentes laborales y la carga de trabajo de los operarios de limpieza.
- Es más fácil realizar la recogida selectiva de distintos tipos de residuos, usando contenedores de distintos colores y mensajes escritos
- Sistema flexible al cambio de los puntos de recogida

- Cortos desplazamientos del usuario a los puntos de recogida
- Sistema simple

Los **inconvenientes** principales de este método son:

- La franja horaria más amplia produce problemas de olores.
- Ocupa mucha superficie de suelo en la ciudad
- Se producen mezclas entre residuos por equivocación o por negligencia ya que estos contenedores se encuentran uno al lado de otro. Esto da lugar a que la calidad de los residuos no sea la esperada.
- Sistema caro, con más puntos de recogida y con contenedores de menor capacidad que deben ser vaciados frecuentemente, lo que conlleva un mayor consumo de combustible.
- Impacto visual y estético en la ciudad, así como de ruidos de recogida
- Poco higiénico por posibles olores y reboses que facilitan el acceso de roedores a la basura.

3.3.2.2 Vehículos de carga lateral

Este sistema de recogida es efectuado con un camión de gran capacidad que lleva acoplado un sistema de elevación y carga lateral de los RSU.

Los equipos de carga lateral son automáticos y manejados por un solo operario.



7. Evolución del sistema de carga lateral en la recogida selectiva en España [20]

Este es el sistema que se ha implantado en la gran mayoría de los barrios de la ciudad de Zaragoza. Las operaciones son controladas por operarios cualificados mediante tele-cámaras y

sistemas robotizados que detectan la posición y distancia a la que se encuentra el contenedor. En este caso los vehículos son de dimensiones mucho mayores que los de carga trasera.



8. *Camión de recogida de RSU de carga lateral) [Elaboración propia]*

En muchos municipios, como en el caso de Zaragoza, podemos encontrar contenedores de gran volumen para la recogida selectiva de papel-cartón, vidrio o envases que son recogidos con este tipo de vehículos. Normalmente, van agrupados uno o varios contenedores de cada tipo formando lo que se denomina, “áreas de aportación”. Este tipo de contenedores son de mayor tamaño que los anteriores, pudiendo llegar a los 3000 litros. Las “áreas de aportación” suelen estar a más distancias entre sí que los puntos de recogida de contenedores más pequeños. Por tanto, los usuarios deberán desplazarse mayor distancia para depositar sus residuos.

A veces, la recogida de residuos como el vidrio y el cartón que se recogen con menos asiduidad, se realiza con otro tipo de camiones. Estos llevan acoplada una grúa-pluma, que se trata de un brazo articulado extensible que levanta el contenedor y lo vuelca para descargar el contenido en el camión. Estos vehículos pueden ser compactadores o de caja abierta, aunque estos últimos son más económicos, son de menor capacidad.



9. *Camión con grúa-pluma para la recogida de basuras [11]*

Los contenedores más habitualmente empleados en este sistema de descarga, son los de tipo iglú y los de tijera. Los primeros se emplean fundamentalmente en recogida selectiva de vidrio, aunque en el municipio de Zaragoza ya han sido sustituidos. Disponen de una o dos bocas circulares para depositar los envases de vidrio de uno en uno, aunque otros disponen de bocas más amplias para facilitar la descarga a los bares o restaurantes, que producen una mayor cantidad de este tipo de residuos.



10. *Contenedores de vidrio tipo iglú con boca para facilitar su vertido a los bares [12]*

Las **ventajas** de la descarga lateral de los contenedores son las siguientes:

- Reducción de personal, puesto que es un operario la encarga de realizar todas las operaciones desde el vehículo.
- No existe contacto entre el operario y la basura, reduciendo el riesgo de sufrir daños o infecciones
- Se reduce la carga física de trabajo

Sin embargo, para llegar a hacer realidad las ventajas anteriores es necesario que el usuario cumpla una serie de normas:

- No dejar ninguna bolsa o residuo fuera del contenedor, puesto que obligaría al operario a recogerla manualmente imposibilitando el ahorro de tiempo
- No estacionar cerca de los contenedores para permitir la maniobra de descarga del camión recolector
- No mover los contenedores de su lugar preestablecido. Si el contenedor está desplazado o girado un determinado ángulo, el sensor óptico no funciona correctamente y no es posible la recogida automática.

Los **inconvenientes** más destacados de este sistema son:

- Gran esfuerzo en inversión económica inicial, ya que es necesario la completa renovación del parque de vehículos recolectores y de los contenedores.
- Para un funcionamiento eficiente del sistema se requieren calles amplias y despejadas de cualquier obstáculo.
- Mayor cualificación de los operarios
- Imposibilidad de recoger los residuos depositados fuera del contenedor, haciendo necesario un servicio de “repaso” previo o posterior a la recogida automática.
- Colocación correcta del contenedor para la detección óptica de la posición

3.3.2.3 Vehículos de carga frontal

Los equipos de carga frontal no tienen gran aceptación en el mercado español ni europeo en general. Su diseño se adapta perfectamente a la estructura urbanística amplia y abierta típica de las ciudades estadounidenses, donde es posible la ubicación del vehículo recolector frente al contenedor.



11. Camión de carga frontal [13]

En el caso de la gran mayoría de municipios españoles, debido al diseño del tramado viario, es imposible enfrentar el vehículo al contenedor.

3.3.3 Conclusiones

Estos sistemas son los más implantados habitualmente en la actualidad. Sin embargo, los sistemas de recogida de RSU, están evolucionando hacia métodos más limpios, rentables, cómodos y seguros, tanto para los usuarios como para el personal encargado de realizar la recogida. Se están implantando nuevas tecnologías más avanzadas y modernas, como es la recogida por medio de contenedores soterrados o la recogida neumática.

Las grandes **ventajas** de la recogida tradicional de RSU son:

- Gran flexibilidad para adaptarse a nuevos requerimientos de la población o de su forma de vida, así como de cualquier modificación del urbanismo de la ciudad.
- Reducida inversión inicial en comparación con otros sistemas más novedosos
- Sistemas más conocido por la población, y por lo tanto, el que mejor utiliza

Sin embargo, este sistema presenta una serie de **inconvenientes** muy a tener en cuenta:

- Provoca un impacto visual en una ciudad plagada de contenedores que dan mala imagen.
- Ocupan gran cantidad de espacio en la vía pública
- Ruidos nocturnos generados por los vehículos de recogida en su recorrido por el interior del municipio
- Olores de los residuos al no ser contenedores estancos
- Proliferación de plagas de roedores en busca de los residuos que están mucho más accesible que en método más modernos, como pueden ser los contenedores soterrados

- Sistema anticuado frente a sistemas que están surgiendo en los últimos años como alternativas más sostenibles y que mejoran la calidad de vida del ciudadano.

3.4 SISTEMA DE RECOGIDA POR CONTENEDORES

SOTERRADOS

3.4.1 Descripción general y tipos

El contenedor tradicional tiene los inconvenientes atribuidos anteriormente, por lo que en los últimos años se están instalando en zonas céntricas, núcleos históricos, turísticos y otros lugares de interés donde las calles son estrechas, unos sistemas de recogida en los que los contenedores se sitúan bajo el nivel de la vía pública, quedando únicamente en la superficie una boca de descarga.

Suelen emplearse dos tipos, cuya única diferencia es la forma de recoger el contenedor. En uno, el vehículo recolector extrae el recipiente mediante una grúa-pluma, y en el otro, un sistema hidráulico eleva los contenedores usados en la recogida tradicional hasta el nivel del suelo. Se pueden usar contenedores de gran o de baja capacidad dependiendo de las necesidades de recogida de cada zona.

Además, dentro de los contenedores de vaciado con el sistema de grúa-pluma, existen dos variantes, en una de ellas la tapa se abre y en el alojamiento hay un contenedor metálico con un asa para su elevación, y en la otro tipo, la boca y el contenedor forman un mismo cuerpo, que es elevado mediante un gancho doble o simple acoplado a la boca de vertido, como se muestra en la imagen.



12. Tipos de contenedores soterrados. A- Plataforma soterrada hidráulica para contenedores de descarga lateral o frontal [16]; B- Contenedor con asa con tapa abatible [16]; C-Contendor soterrado de doble gancho [14]

El sistema consiste básicamente en alojar bajo la superficie del suelo el contenedor de recogida de RSU que en la recogida tradicional se encuentra a nivel de la calle. Los contenedores utilizados en este caso pueden ser de 1100 a 4000 litros de capacidad. Todo el sistema queda cerrado herméticamente mediante una tapa metálica dotada de juntas de goma consiguiendo estanqueidad frente al agua y polvo, además de evitar olores y proliferación de roedores. Además, esta tapa se entrega para colocar sobre su superficie un acabado igual al pavimento exterior. Sobre esta tapa, se encuentra situada la boca de vertido por la que el usuario introduce los RSU, puede ser metálica o de polietileno.

3.4.2 Instalación

Para la instalación de los equipos es preciso practicar un foso de hormigón armado para el alojamiento de los mismos. Es indispensable que en el fondo del foso se hayan compactado las tierras y se haya formado una solera de hormigón nivelada para el asentamiento del equipo. Efectuadas las operaciones previas se procede a la ubicación del equipo, depositándolo en el foso, nivelándolo y alineándolo con la superficie del suelo. En esta misma operación se procederá a dar a la tapa la inclinación correspondiente para su adaptación a la pendiente de la calle.

3.4.3 Funcionamiento del sistema

A nivel de utilización, por parte de los usuarios, el buzón de vertido está diseñado de tal forma que sea imposible la introducción de cualquier elemento que exceda de las dimensiones del buzón. El buzón permanece normalmente cerrado, siendo abierto solamente por el usuario en el momento de depositar la bolsa. Una vez colocada la bolsa sobre el tambor, éste se deja libre y automáticamente se cierra dejando caer la bolsa en el interior del contenedor.

3.4.4 Sistema de seguridad del equipo

El equipo está diseñado y fabricado considerando los requisitos esenciales de seguridad e higiene. En concepto de higiene se ha prestado una especial atención para evitar los malos olores producidos por los residuos. Durante la operación de elevación, vaciado y bajada del equipo, no existe riesgo de que alguna persona pudiera caer en su interior, debido a que todo su volumen está ocupado por el propio contenedor y éstos, a su vez, separados por unas defensas que sirven de protección y guía del contenedor, evitando de ésta manera cualquier desplazamiento o vuelco involuntario de la carga. Los cilindros deben incorporar una válvula anti rotura que bloquee el descenso incontrolado del equipo en caso de hipotética rotura de algún tubo del circuito hidráulico.

3.4.5 Recogida por contenedores convencionales soterrados

El sistema consiste en alojar bajo el pavimento contenedores de recogida convencional que estarían situados a nivel de acera ocupando gran espacio. La tapa cierra herméticamente mediante una junta de goma para evitar proliferación de roedores y propagación de olores. Los contenedores son elevados, mediante una plataforma hidráulica o eléctrica.

El fluido hidráulico para accionar la plataforma elevadora, es suministrado por el camión de recogida mediante una manguera. Sin embargo, en el caso de que la plataforma sea

de elevación eléctrica, esta se acciona a través de un mando a distancia que active un motor eléctrico acoplado a la instalación.

Los elementos de fuerza están compuestos por dos cilindros de simple efecto los cuales, al ser accionados, proporcionan la fuerza necesaria para elevar la plataforma.

3.4.5.1 Contenedores soterrados de carga trasera

En este sistema, los camiones de recogida y los contenedores son los mismos que los usados para la recogida convencional con alguna modificación, si lo que se pretende es elevar la plataforma mediante aceite suministrado por el vehículo de recogida mediante una manguera como se puede apreciar en la imagen siguiente.



13. Contenedores soterrados de carga trasera [15]

En primer lugar, se acciona el sistema hidráulico de elevación de los contenedores con el fin de extraer los mismos. Luego se procede a su extracción y a su vaciado en el camión de recogida. Por último se recolocan correctamente en la plataforma, se reduce la presión de aceite y el sistema procede a su bajada hasta a la posición de uso.

3.4.5.2 Contenedores soterrados de carga lateral

En este sistema, los camiones de recogida y los contenedores también son los mismos que los usados para la recogida convencional de mayor tamaño que en el caso anterior. Además, también posee la ventaja de una mayor automatización, lo que implica la reducción del número de operarios para realizar la operación de descarga.



14. Soterrado para carga lateral [15]

Este caso, el sistema de descarga de los contenedores es algo más complicado que en el caso anterior. En primer lugar, se acciona el sistema de elevación del contenedor con el fin de extraer el mismo. A continuación, el camión extrae el contenedor mediante unos “ganchos” y lo vuelca sobre la parte superior del camión. Una vez finalizada la maniobra de descarga, se procede a la colocación del contenedor y, posteriormente, al cierre del sistema. Una vez cerrado el sistema, éste se encuentra preparado para su uso.

3.4.6 Recogida de contenedores por grúa-pluma

3.4.6.1 Contenedores monobloque o integrados

Cuando no se dispone camiones de recogida de RSU con la adaptación hidráulica para la elevación de los equipos soterrados, y no se desea realizar dicha adaptación, se pueden instalar los equipos integrados o monobloque.

Los contenedores monobloque son el modelo más sencillo para la recogida selectiva ya que integran en un solo cuerpo el buzón la tapa y el contenedor formando un único conjunto. Su principal ventaja es que no se precisa de conexión hidráulica para su elevación, la cual se realiza de forma directa mediante la grúa-pluma del debe disponer el camión de recogida.

El cofre en el que se aloja el contenedor es de hormigón armado, prefabricado en un solo bloque, lo que reduce los tiempos de montaje y garantiza la seguridad ante corrimientos de tierra.

Tanto las bocas de vertido como el cuerpo del propio contenedor, pueden ser de polietileno de alta densidad o de metal.

El volumen habitual de los contenedores, comprende un rango desde 3000 a 5000 litros.



15. Contenedores monobloque [15]

3.4.6.2 Contenedores de asa abatibles integrales

En este caso el contenedor va en el interior de un foso realizado en hormigón prefabricado o in situ. El contenedor puede ser de polietileno de alta densidad o metálico.

En este caso no es necesario un sistema de elevación hidráulico, ya que el contenedor se eleva mediante una grúa-pluma instalada en el camión de recogida de basura.

Existen dos métodos de descarga, sin embargo, ambos utilizan un contenedor estándar que dispone de un gancho simple o doble para el primer método y de dos salientes que sirven de soporte para el segundo método.



16. Contenedor de asa abatibles integrales [14]

En el primero de ellos, primeramente, se eleva el contenedor mediante la grúa-pluma, para seguidamente llevarlo a la parte superior de la caja del camión, y por último se abre una trampilla situada en la parte de abajo del contenedor para permitir su descarga.

El volumen habitual de los contenedores, comprende un rango desde 3000 a 5000 litros como en el caso anterior.

La otra alternativa, usa vehículo de recogida de RSU de carga trasera. A pesar de que el sistema de elevación es el mismo, el último paso consiste en depositar el contenedor sobre los brazos de carga del vehículo situados en la parte trasera como se observa en la Figura.

3.4.7 Ventajas e inconvenientes

3.4.7.1 Ventajas

- Reducción del impacto visual por la eliminación de los contenedores en superficie
- Libera espacio público al minimizar el mobiliario urbano utilizado en superficie, lo que les hace ideales para entramados de viales estrechos
- Son impermeables, lo que hace que se reduzca el porcentaje de humedad de los residuos favoreciendo a los tratamientos de valorización posteriores.
- Evitan la propagación de olores
- Evitan la proliferación de parásitos y roedores
- Eliminan barreras arquitectónicas para personas con minusvalía

- Fomenta el reciclaje entre los ciudadanos
- Más económico que la recogida neumática
- Aprovecha la flota de camiones existente

3.4.7.2 *Inconvenientes*

- Gran inversión económica en comparación con sistemas habituales. Por ejemplo: La implantación de la recogida neumática, requiere 11 veces el dinero requerido para la implantación de la recogida contenerizada por contenedores de carga lateral. [23]
- Mantener un control de llenado exhaustivo
- Bocas de vertido muy pequeñas
- Mayor gasto de gestión y mantenimiento
- Mayor nivel de ruido, ya que los camiones suelen ser más grandes
- Puede ser una manera de esconder al ciudadano bajo el suelo el grave problema que supone la generación de residuos
- Necesaria una campaña de concienciación al ciudadano para usarlos adecuadamente y evitar pilas de bolsas de basuras fuera de las bocas de vertido

3.5 **RECOGIDA NEUMÁTICA DE RSU**

3.5.1 Primeras instalaciones

Esta solución nació en los años treinta en Suecia, en los hospitales. Lo usaban para la ropa sucia, y después se dieron cuenta que se podían aplicar a la basura. La recogida neumática nació a finales de los años 50 en Suecia y llegó a España a finales de los años 80, en ambos casos impulsados por una empresa sueca. La primera experiencia española en recogida neumática de basuras tuvo como escenario la Villa Olímpica de Barcelona. Instalado en 1990, con este sistema se pretendían cubrir las necesidades de recogida de residuos de las viviendas destinadas a los deportistas olímpicos.

3.5.2 Situación actual en España

Actualmente a fecha de 11 de Noviembre de 2010, existen 600 instalaciones en más de 20 países. A título ilustrativo, resulta interesante señalar que en Suecia, el 35% de la basura se recoge actualmente con este sistema.

En la actualidad, España es el país de Europa, detrás de Suecia, con más sistemas de recogida neumática instalados. A fecha de 11 de Noviembre de 2010, hay en funcionamiento en España 60 sistemas de recogida automatizada de residuos, situadas en 38 ciudades, entre ellas las

cinco más pobladas de nuestro país: Madrid, Barcelona, Bilbao, Valencia y Sevilla. Asimismo, actualmente hay otros 38 sistemas en ejecución en España.

Los usuarios que disfrutan actualmente de este sistema en España se elevan a 1.000.000 habitantes (325.000 hogares).

3.5.3 Sistema neumático **fijo** de recogida de RSU

3.5.3.1 *Descripción del sistema*

La recogida neumática de residuos urbanos es un moderno sistema de recolección y transporte relativamente sencillo: los residuos se introducen en buzones de recogida (5) colocados en la calle o en compuertas de vertido en el interior de los edificios. Estos cuentan con unas bajantes donde se van acumulando los RSU. Cuando la bajante está llena o se da la señal desde el centro de recogida, se abre la válvula de descarga (2) y los RSU son succionados hasta una central de recogida mediante una corriente de aire, a una velocidad máxima de 60 km por hora, a través de tuberías subterráneas. Esta velocidad máxima depende de la densidad de los residuos y de la distancia desde la boca de vertido a recoger hasta la central de recogida, pero prima más el primer factor. En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre densidad del residuo y velocidad del aire necesaria.

Materia	Densidad en kg/m³
General	60 a 120
Orgánico	180 a 380
Papel	20 a 70
Plástico	10 a 50
Vidrio	160 a 420
Metales	50 a 1.100

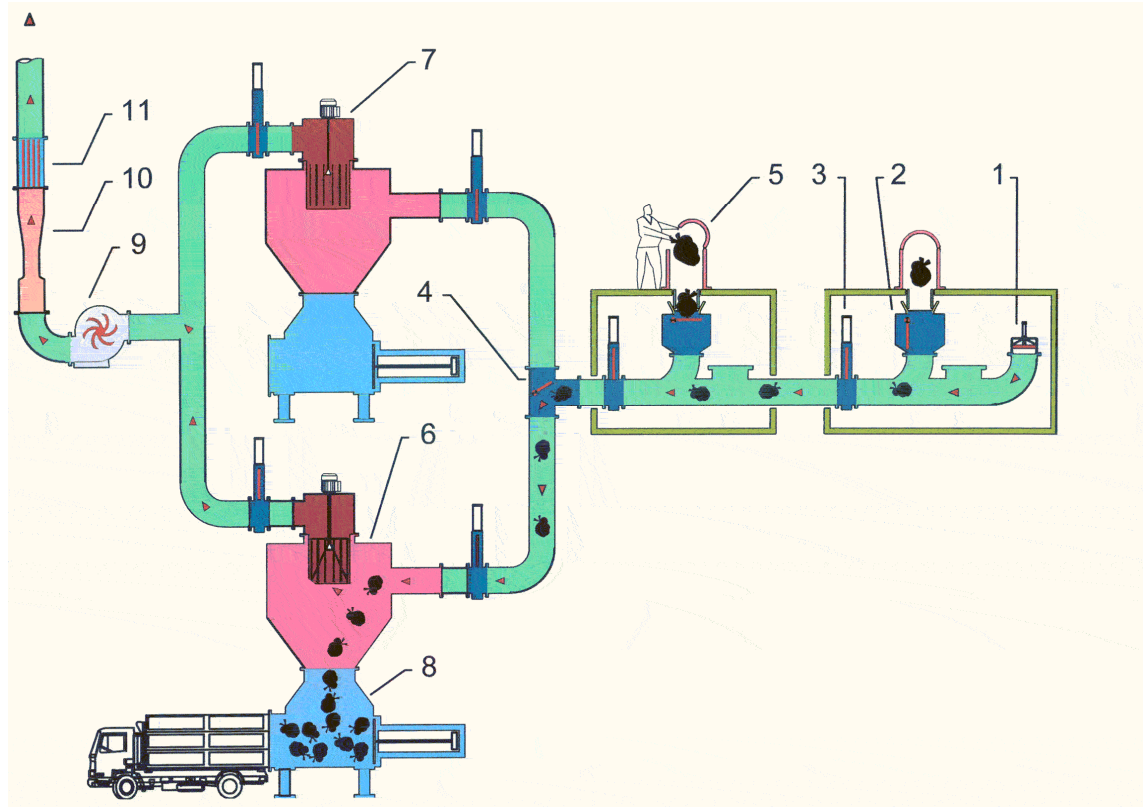
17. Densidad de varios residuos [16]



18. Relación de la densidad del residuo con la velocidad de aire necesaria [16]

Los residuos se transportan por una sola tubería y posteriormente en el centro de recogida existe una válvula triversona (4) para desviar cada fracción al contenedor correspondiente, si se realiza recogida selectiva de residuos.

La succión es generada por un grupo de ventiladores (9) accionados por el mismo número de motores eléctricos. El control del sistema activa estos ventiladores que provocan una depresión de unos 3m.ca en la red. Alcanza esta depresión, a través de válvulas de admisión de aire (1) que se encuentran ubicadas al final de cada ramal, se permite la entrada de aire en la red, que es el encargado de realizar el transporte. Existen válvulas de seccionamiento (3) por toda la instalación para permitir aislar una parte de la tubería y así poder realizar tareas de mantenimiento, reparación o sustitución sin afectar al resto de la instalación.



1- Válvula de admisión de aire	2- Válvula de descarga
3- Válvula de seccionamiento	4- Válvula trivertidora
5- Buzones de vertido	6- Ciclón de decantación
7- Separador ciclónico	8- Compactador de residuos
9- Ventilador	10- Tubo de venturi a medida
11- Filtro anti olores	

19. Central de recogida de RSU [19]

La central, a la que llegan los residuos impulsados por la succión, se ubica generalmente fuera del ámbito en el que se lleva a cabo la recogida de basuras, con el fin de evitar las molestias que causa el tránsito de camiones recolectores o los malos olores asociados a la labor de recogida.

Cuando los residuos llegan mezclados con el aire al centro de recogida, donde se separan de este mediante un ciclón de decantación primeramente (6), para posteriormente, pasar por un separador ciclónico (7) para separar las partículas de RSU más pequeñas. El aire sale del ciclón por la parte superior y pasando a ser (sistema de filtros (11) y pasando posteriormente por un tubo de venturi, que controla la velocidad del aire de la instalación, para por último, ser expulsarlo a la atmosfera con una purificación a veces superior al aire del propio municipio. En

cambio, los residuos caen por la parte de abajo del ciclón donde se encuentra el compactador (8) que los reduce de volumen y los introduce a un contenedor de transporte. Cuando el contenedor está lleno, se carga mediante un puente grúa en un camión de transporte que traslada cada fracción de basura a su destino final.

De la misma manera que cualquier vecino deposita su basura en el buzón correspondiente, los hosteleros y comercios tienen sus propios depósitos para arrojar desechos, generalmente contenedores soterrados para vidrio, cartón y papel.

3.5.3.2 Costes

En un principio, la inversión necesaria para su puesta en marcha es superior a la del sistema tradicional, debido a la instalación de las tuberías que requiere un periodo de ejecución de entre 6 meses y 1,5 años. Pero una vez instalada la red, el coste de explotación se reduce entre el 30 y 40% frente al modelo imperante. La expectativa de vida del sistema ronda los 30 años de media y los ingresos de la empresa proceden del pago por parte del municipio de un canon anual.

El precio de implantación del sistema depende de la densidad de la zona, oscila entre los 900 y 1.500 € por vivienda; en el caso de mayor densidad su precio se encuentra entre los 2.000 - 2.500 €. El Código Técnico de la Edificación (aprobado en 2006), prevé la recogida neumática. [17]

Debido al gran esfuerzo económico que supone la implantación de este sistema, solo es recomendable para ciudades con una alta densidad de población. Sin embargo, se podría prever la pre-instalación en caso de tener que cambiar cualquiera de las instalaciones de urbanización, aprovechando las zanjas que se van realizando para introducir la instalación municipal de este sistema de recogida de residuos. Por lo tanto, la parte de la inversión inicial que tiene que ver con la realización de zanjas se ahorraría haciendo aumentar la rentabilidad de la instalación.

3.5.3.3 Sistema logístico de recogida

- **Horario:** Cuando todos los buzones de residuos se vacían y transportan, secuencialmente, a horas concretas, estando parada la instalación el resto del tiempo. Dispone de un circuito de “barrido” de zonas, mediante el cual, de forma automática y secuencial, se recogen los residuos las veces que se haya programado. Cuando se han barrido todos los puntos de la red es cuando se ha completado el ciclo de recogida, y el sistema queda parado hasta la próxima hora programada. El problema, es que en este caso el sistema pone en marcha los motores al 100%, no controlando la energía necesaria en cada momento, además las bajantes se suelen vaciar con un llenado medio

del 65%. Por tanto, es necesario dimensionar las bajantes teniendo en cuenta la estimación de generación de basura. A veces un aporte extra de basura puede originar un riesgo de rebose y uso de la vía pública para depositar las bolsas. Es importante concienciar al ciudadano de depositar la basura en otro buzón cuando lo encuentre lleno.

- **Nivel:** Cuando el sistema opera continuamente y actúa sobre cada buzón en cuanto recibe la señal de que los residuos han llegado a un nivel de llenado predeterminado. El sistema funciona a régimen del 10% en los momentos en que no transporta residuos, realizando una labor de higienización de la red. Las señales de nivel de cualquiera de los buzones activa el programa informático que pone en marcha al 100% el transporte, realizando las secuencias de recogida. Sin embargo, en este caso los ventiladores tienen velocidad variable y están en marcha siempre, permitiendo ahorro en el consumo al recoger buzones asociados, a menor régimen los buzones más cercanos etc. Además, el sistema se puede parar en periodos de nula aportación, como es la noche, reduciendo aun más el consumo energético.

3.5.4 Sistema neumático **móvil** de recogida de RSU

En el sistema móvil, las bajantes verticales están conectadas a contenedores herméticamente cerrados en cuartos situados en los sótanos de los edificios, o en arquetas subterráneas para el caso de buzones a la intemperie y, éstos, a una red de tuberías que dirige la basura hacia unos puntos de recogida.



20. Sistema móvil de recogida neumática de residuos [18]

Estos puntos de recogida se encuentran situados estratégicamente de forma que el camión que recoge por succión las basuras almacenadas en los contenedores, no tiene necesidad

de circular por el área residencial. El sistema móvil es ideal para zonas residenciales con baja densidad de edificación.

3.5.5 Ventajas e inconvenientes

3.5.5.1 *Ventajas*

- Ausencia de contenedores en la vía pública y mejor adaptación paisajística
- No existe el contacto visual con la basura
- Libera espacio público al minimizar el mobiliario urbano utilizado en superficie
- Las bajantes son impermeables, lo que hace que se reduzca el porcentaje de humedad de los residuos favoreciendo a los tratamientos de valorización posteriores.
- Evita la propagación de olores
- Evita la proliferación de parásitos y roedores
- Eliminan barreras arquitectónicas para personas con minusvalía
- Fomenta la recogida selectiva entre los ciudadanos
- Eliminación del ruido generado por los camiones de recogida
- Menor coste de explotación
- Larga expectativa de vida
- Evita manipulaciones de la basura
- Posibilidad de deshacerse de la basura las 24h del día y los 365 días del año
- Evita que muebles y grandes electrodomésticos se arrojen a los contenedores
- Ahorro en los costes de operación y mantenimiento por tonelada de basura recogida frente al sistema tradicional
- Reduce los problemas de tráfico y las emisiones de dióxido de carbono

3.5.5.2 *Inconvenientes*

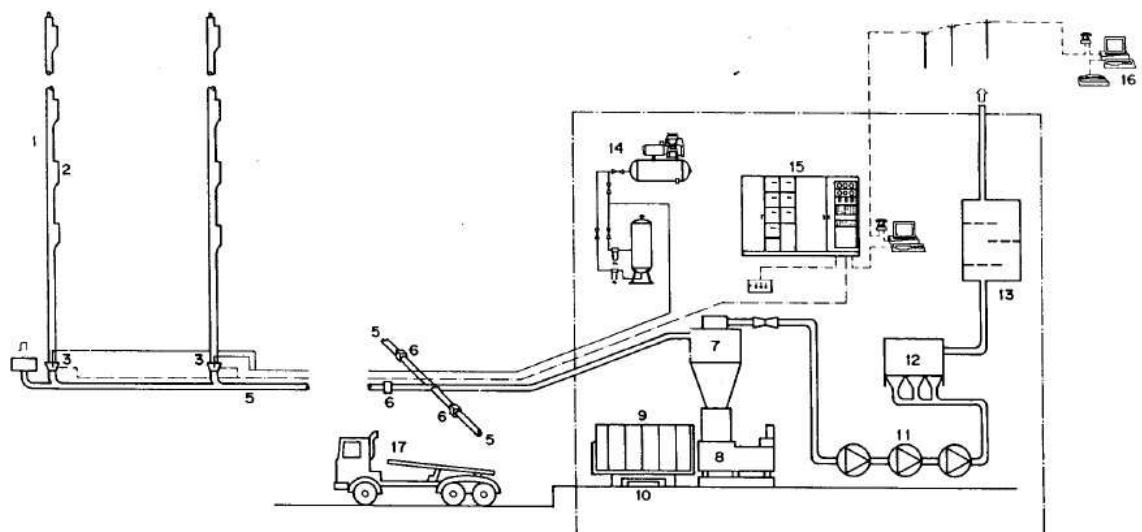
- Gran inversión inicial para la implantación del sistema, más si cabe si esta implantación se hace en una zona urbana ya consolidada.
- Altos costes energéticos para el funcionamiento del sistema
- Dificultad para buscar un sistema de recogida de RSU alternativo en caso de avería o fallo del sistema
- Elevado riesgo ante acciones vandálicas
- Gran inversión en campañas de información y concienciación periódicas, para que el ciudadano haga un uso correcto del sistema
- Se precisa de un alto grado de colaboración ciudadana
- Dificultad para ejercer acciones sancionadoras ante un mal uso del sistema

- Durante el proceso de ejecución de las obras de canalización se generan molestias a los vecinos y comercios, cuando la implantación de este sistema tiene lugar en suelo urbano ya consolidado
- En caso de la recogida neumática fija de RSU, necesita disponer de una parcela de terreno adecuada en dimensiones y localización para la construcción de la Central de Recogida
- Es necesario disponer de un servicio paralelo de recogida de voluminosos

ANEXO II: INVENTARIOS DE LOS ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

SECCIÓN I: INVENTARIO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE RECOGIDA DE RSU DE VALDESPARTERA

1 SISTEMA A ESTUDIAR



- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Bajante vertical | 10. Transportador de contenedores |
| 2. Compuerta de vertido | 11. Turboextractores |
| 3. Válvula de basura | 12. Filtro sintético |
| 4. Válvula de entrada de aire | 13. Silenciador |
| 5. Tubería de transporte | 14. Equipo para aire comprimido |
| 6. Válvula de seccionamiento | 15. Equipo de control con ordenador |
| 7. Separador de basura | 16. Módem para control a distancia |
| 8. Compactador de basura | 17. Camión para transporte de contenedores |
| 9. Contenedor de basura | |

21. Sistema de recogida neumática de RSU [27]

Los residuos se depositan en compuertas o buzones de vertido (2) depositándose en las bajantes verticales (1) hasta que se abren las válvulas de basura (3) situadas al final de la

bajante. Entonces, los RSU pasan a la tubería subterránea de transporte (5) donde son arrastrados por una corriente de aire hasta la central de recogida. Esta corriente de aire, se consigue por aspiración con turboextractores conectados en serie (12), permitiendo la entrada de aire al sistema mediante unas válvulas de aire (4) colocadas en el extremo de cada ramal de tubería. También existen válvulas de seccionamiento (6) que aíslan los ramales principales de la red de tuberías, facilitando así las tareas de mantenimiento y reparación.

Dentro de la central de recogida, la basura se desvía en función de la fracción de residuos que transporta. Posteriormente, se separa del aire mediante un separador de basura o ciclón (7). La basura cae por la parte de abajo del ciclón y el aire sale por la parte de arriba. La basura sale por debajo alimentando una prensa compactadora (8), que la empuja y compacta dentro de grandes contenedores (9). Un puente grúa con spreader (10) se encarga de reemplazar los contenedores llenos, que se cargan en un camión, por otros vacíos.

Tras separar el aire de la basura, el aire es sometido a un tratamiento de depuración y acondicionamiento antes de devolverlo a la atmosfera. Este tratamiento, consta de un filtro sintético (12) donde se eliminan las partículas de polvo. Por último, antes de ser expulsado el aire, pasa por un silenciador (13) para evitar ruidos molestos.

El proceso de recogida, se controla y supervisa de manera automática por el equipo de control con ordenador (15).

La única operación que requiere mano de obra, es la carga, descarga y conducción del camión (17), que transporta los contenedores llenos al Complejo para Tratamiento de Residuos Urbanos de Zaragoza, ubicado en el Polígono denominado Parque Tecnológico de Reciclaje (PTR).

1.1 SISTEMAS DE CONTROL DE LA RECOGIDA NEUMÁTICA

Para obtener mejores resultados en estos sistemas, es importante optimizar el uso, eficacia y coordinación de los distintos elementos. Por ello, el uso de herramientas informáticas se hace imprescindible para definir la logística de la recogida óptima.

El objetivo, de un sistema informático de control, es optimizar tiempos de recogida y consumos ofreciendo al ciudadano un servicio de calidad con el mínimo coste posible. Por ello, lo más importante es vaciar los buzones con el máximo nivel real de residuos, ya que el consumo se reparte entre una mayor cantidad de RSU, haciendo disminuir el coste por kg de RSU recogido.

En ocasiones, por características especiales de una instalación en concreto, como de recogida por horario, recogida en “horas valle” con costos de energía más baratos, u otros, la optimización de la capacidad cede su prioridad a los costes de operación o al mejor servicio.

A continuación, se realiza una exposición de los distintos métodos del control de las recogidas automatizadas desde las más simples hasta las más complejas.

1.1.1 Recogidas horarias estructuradas

La red de tuberías y válvulas se modela en el sistema de control introduciendo datos como distancias a los distintos colectores y ramales de la red de vertido. Además, sabiendo las distintas velocidades de transporte de las distintas fracciones de la basura, el sistema minimiza los tiempos de recogida.

Con este principio, y una larga experiencia en la gestión de grandes de redes de recogida neumática, se ha comprobado que la recogida horaria estructurada es la forma más óptima de control de este tipo de redes. Sin embargo, se debe disponer unas buenas estimaciones en cuanto a los hábitos de uso de los usuarios.

Como resultado de la regularidad, las recogidas estructuradas se programan se programan para iniciarse automáticamente a las horas más adecuadas según los hábitos de los ciudadanos.

El comportamiento cotidiano y regular de los ciudadanos, se consigue solo en el tipo de instalaciones que dan servicio a edificios y recintos privados, ya que estas instalaciones son usadas por las mismas personas en horarios repetitivos. Además, las bajantes se diseñan con capacidad suficiente para almacenar la basura sin llegar al llenado completo.

1.1.2 Recogidas horarias estructuradas con recogidas por nivel

Cuando las instalaciones dan servicio a buzones o compuertas de acceso general situados en la vía pública, se dan dos problemas que deben tenerse en cuenta:

- Las bajantes son más reducidas por la limitación de altura, por ello es necesario controlar el llenado para evitara saturación.
- Los puntos de vertido se usan de una forma más irregular, ya que cualquier persona puede acceder a ellos y saturarlos en momentos puntuales.

Para solucionar este problema, se instalan detectores de nivel en las bajantes más conflictivas para evitar la saturación. De esta forma, el sistema está preparado para actuar contra situaciones conflictivas de aumento del vertido puntuales en cualquier buzón de la red.

Los sensores informan en tiempo real de la situación de estos buzones, para que, en caso necesario, se interrumpa una recogida programada para vaciar las bajantes saturadas, o iniciar un proceso de recogida de bajantes llenas si la central está parada.

Cuanto más interrupciones de las recogidas programadas se ejecutan, la eficiencia global del sistema disminuye, ya que obliga a realizar saltos descontrolados.

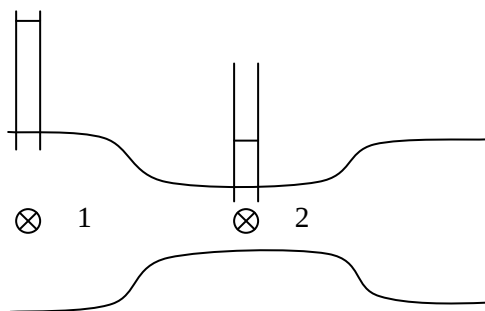
1.1.3 Método avanzado de recogida

Envac ha patentado un nuevo método avanzado de recogida (patente Envac titulada “Automated next-hop algorithm for a multi-branch refuse collection system”, International Application Number: PCT/SE2003/000661), que consiste en realizar un análisis constante a tiempo real, de estado de toda la red neumática. Entonces, una vez completa la recogida de un ramal, el sistema de control decide cuál va a ser el siguiente ramal a ser recogido, en base a las predicciones de hábitos de los usuarios.

1.1.4 Sistemas de regulación de la velocidad del aire

El sistema de regulación de la velocidad del aire es controlado automáticamente por el sistema de control general. Su función es regular la velocidad del aire en la tubería de transporte hasta alcanzar los valores consignados por el programa de recogida. Este sistema de control, se compone de unos variadores de frecuencia para los turbo-extractores, un tubo de Venturi, el sistema de control general, y diversos dispositivos de medición.

Cuando el aire atraviesa el tubo de Venturi, la sección de paso se reduce de 1 a 2 haciendo que aumente la velocidad del aire y disminuya la presión en el punto 2 dentro del tubo de Venturi. En el sistema de control, esta diferencia de presión, denominada presión dinámica, se convierte en una señal eléctrica y se utiliza para compararla con el nivel de consigna establecido. En función del resultado de la comparación, el sistema de control actúa sobre los variadores de frecuencia para regular la velocidad de los turbo-extractores. En la figura, se muestra el efecto venturi.



Aplicando la ecuación de Bernoulli (1) y de continuidad (2) de la dinámica de fluidos a los puntos 1 y 2 del tubo de Venturi, se obtiene lo siguiente:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho \cdot v_2^2 \quad (1)$$

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \quad (2)$$

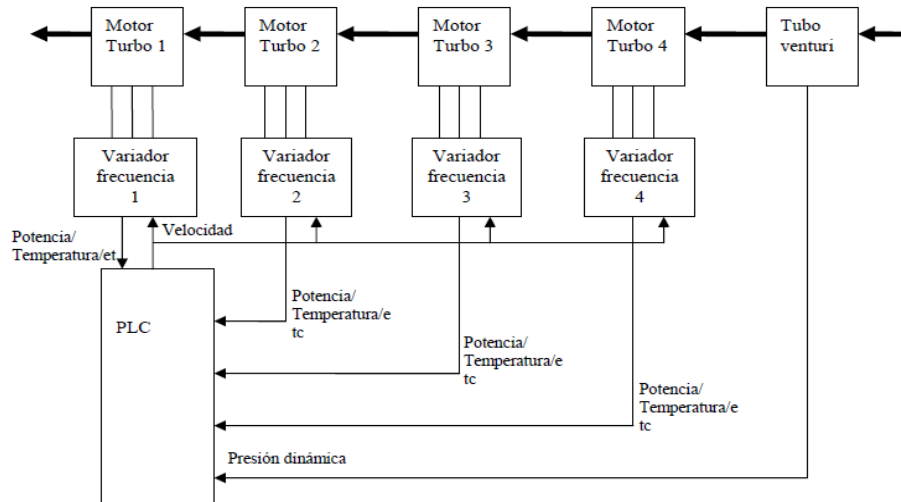
Reemplazando (2) en (1), y despejando v_1 , se tiene:

$$v_1 = S_2 \sqrt{\frac{2 \cdot (p_2 - p_1)}{\rho \cdot (S_2^2 - S_1^2)}}$$

El sistema aumenta o disminuye el número de turbo-extractores en funcionamiento, dependiendo de la distancia a la que se encuentre el punto de vertido a vaciar y de la densidad de la fracción a recoger.

Cuando la presión dinámica cae por debajo de un límite mínimo preestablecido, y durante un tiempo también preestablecido, se activa una alarma. Entonces, el sistema actúa para poner en marcha un turbo-extractor adicional, si existe, sino detendrá el proceso de recogida, ya que existe alguna anomalía en la instalación.

Las tomas de presión del tubo de Venturi, conectadas a un transductor, dan el valor de la presión dinámica permanentemente al sistema de control, en este caso un PLC. Cada turbo-extractor es gobernado por un variador de frecuencia, que recibe una señal con la velocidad necesaria para el motor, desde el sistema de control. A su vez, los variadores de frecuencia informan al sistema de los distintos parámetros de operación como son, el consumo de cada motor, temperatura interna del variador, velocidad del motor, etc.



22. Diagrama general del sistema de regulación [28]

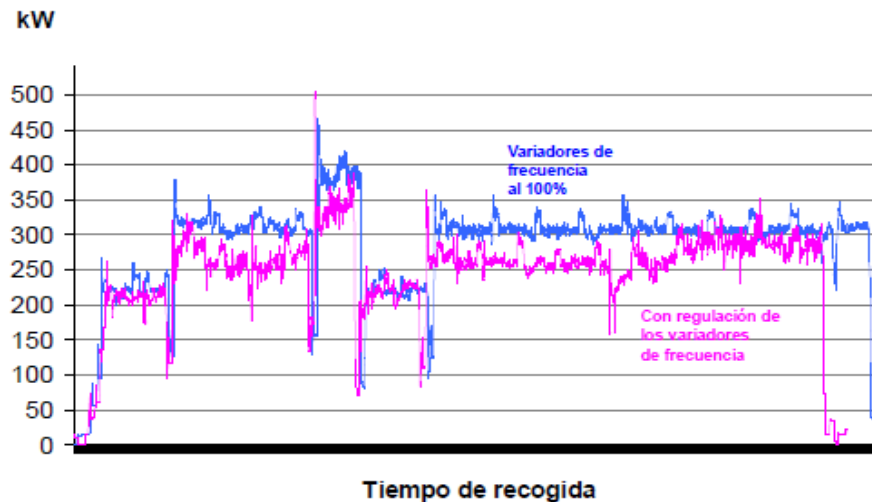
1.1.4.1 Consumo energético

Gracias a esta regulación de la salida de los variadores de frecuencia, en función de la presión dinámica del aire de transporte, se consigue optimizar el consumo energético durante la recogida de cualquier buzón de la instalación neumática, así como ajustar de una manera muy estable la velocidad del aire de transporte al valor de consigna, que depende de la densidad del residuo a recoger.

En la siguiente gráfica, se muestra una gráfica donde se puede apreciar la diferencia de consumo entre la regulación permanente de los variadores de frecuencia (curva rosa) frente al trabajo permanente al 100% de los variadores de frecuencia (curva azul). Además, también se aprecia una reducción del tiempo del proceso de recogida, ya que la regulación óptima de la presión dinámica minimiza las interrupciones en la recogida.

Se calcula que la reducción del consumo energético obtenido es de, al menos, el 17 %.

Es importante, comentar que el número de turbo-extractores que debe trabajar debe ser tal que dependiendo de la distancia de recogida y de la densidad de la fracción a recoger, trabajen en zonas cercanas al régimen nominal. De esta forma se evitan pérdidas de eficiencia por trabajar en regímenes distintos del nominal, consiguiendo un ahorro energético.



23. Perfil de consumo eléctrico a lo largo de la duración de una recogida [28]

1.1.4.2 Regulación de la presión dinámica

Gracias a la rápida respuesta del sistema de control de los variadores de frecuencia la presión dinámica se mantiene muy próxima al valor de consigna, independientemente del punto de vertido recogido.

La presión dinámica se debe mantener en un valor cercano al de consigna, ya que al trabajar por debajo se pueden provocar atascos o depósito de residuos, y un exceso puede acarrear ruidos innecesarios en las válvulas de aire, además de un desgaste prematuro de la tubería, acortando la vida útil de la instalación.

1.1.4.3 Factor de potencia

Los turbo-extractores son motores trifásicos asíncronos, que son grandes cargas inductivas, que generan potencia reactiva durante su funcionamiento. Para que la instalación no sea penalizada por la compañía eléctrica por el consumo de esta energía, se debe compensar el factor de potencia. Normalmente, se suele hacer con la instalación de una costosa batería de condensadores. El uso necesario del variador de frecuencia en esta instalación, no hace necesaria la batería de condensadores, ya que es el propio variador de frecuencia el que corrige el factor de potencia. El factor de potencia de una recogida media sin la instalación de los variadores de frecuencia es de 0,68, en cambio, con su instalación pasa a 0,92.

1.1.5 SISTEMA DE CONTROL CON INTELIGENCIA DISTRIBUIDA

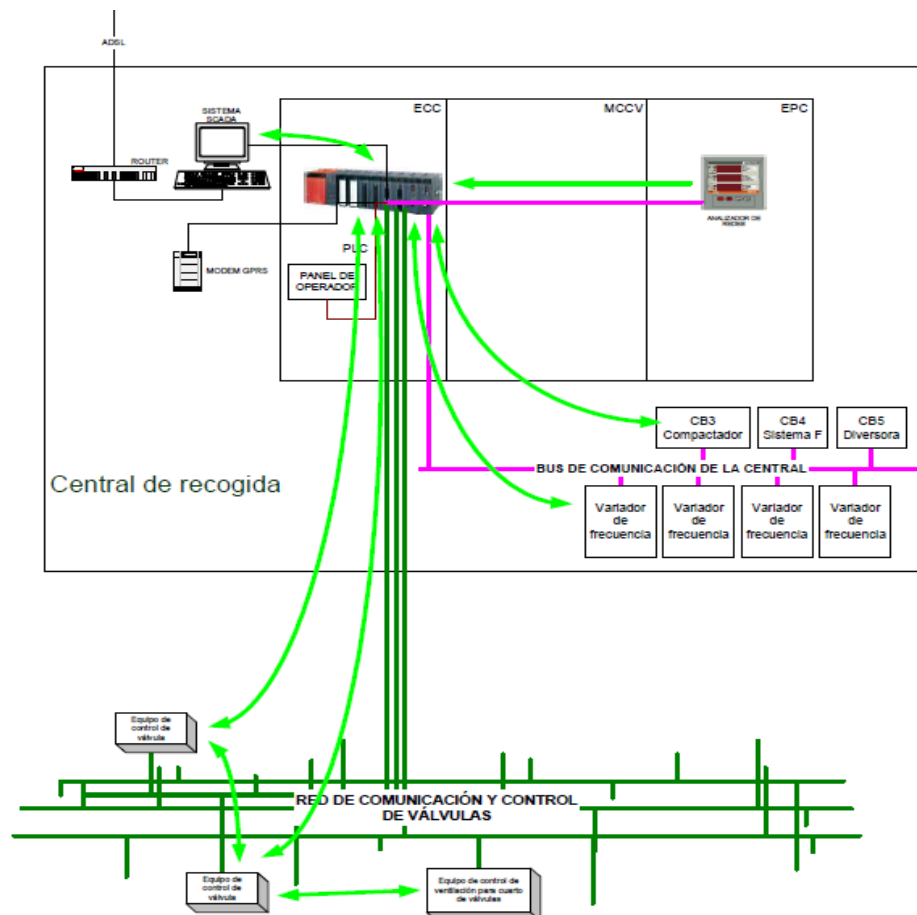
El núcleo del sistema es el PLC central, instalado en el cuadro eléctrico de control (ECC). La PLC transmite órdenes a las distintas partes de la instalación, y se reciben señales de

estado para los procesos de recogida, actuando como coordinador de los demás componentes del sistema.

El PLC, también controla gran variedad de equipos de control que tienen como misión, procesar la información que recibe de los sensores, de los equipos de control de su entorno, así como las órdenes recibidas desde el sistema central. También, toman las decisiones necesarias y activan los diferentes actuadores (electro-válvulas, cerraderos eléctricos, motores, etc.). Esta información es transmitida a tiempo real desde estos equipos a la PLC central.

Por último, la herramienta informática SCADA, es la interface del operador y supervisor, para configurar el sistema y transmitir ordenes que se requieran. Además, registra (con fecha y hora) todos y cada uno de los cambios de estado que ocurren en cualquier parte de la instalación, para el posterior procesamiento de información.

En el siguiente esquema se muestra el flujo de información entre los dispositivos de la instalación:

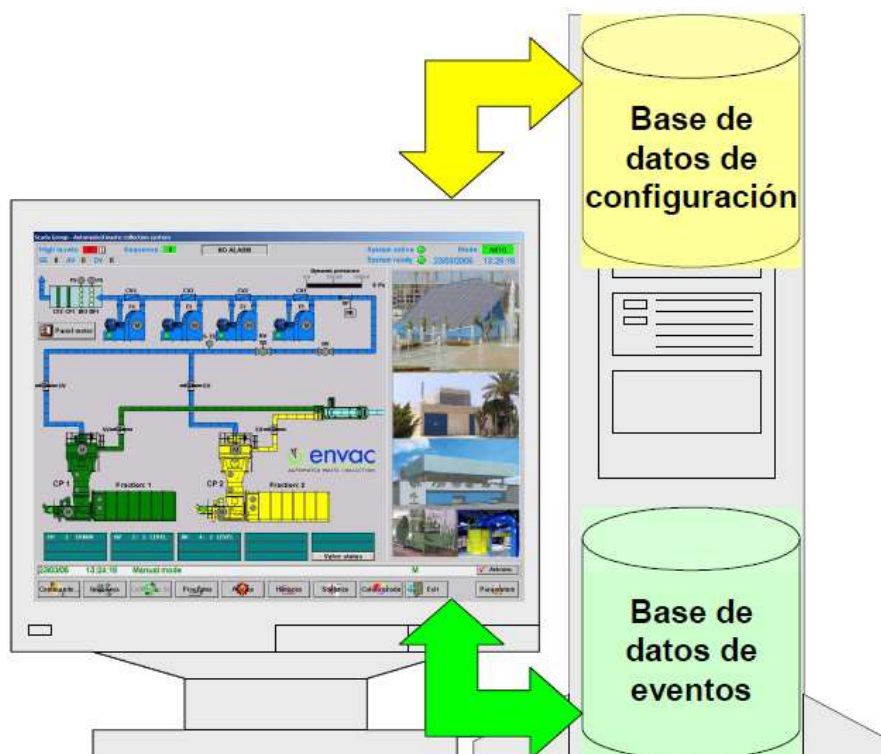


24. Esquema de comunicación entre distintos dispositivos del sistema
[28]

1.1.5.1 Gestión del sistema de datos

Además, el sistema SCADA, es el encargado de la gestión de datos que se almacenan en dos bases de datos distintas:

- **Base de datos de configuración:** Contiene los datos de configuración y operación de todos los componentes del sistema. Toda esta información, se introduce a través de las distintas pantallas de SCADA.
- **Base de datos de eventos:** En ella se va almacenando toda la información generada como resultado de la operación de la instalación, para obtener informes del funcionamiento del sistema.



25. Esquema del flujo de transmisión de datos a la herramienta SCADA [28]

Como se puede observar en la figura anterior, existe un proceso de realimentación continua entre la interface SCADA y las dos bases de datos. Al inicio de la explotación de la instalación, la base de datos de configuración contiene los datos de operación del sistema, calculados a partir de la previsión de comportamiento de los usuarios. Sin embargo, el comportamiento final del usuario difiere con el tiempo, de la estimación, es más está en continuo cambio. Por ello, durante el funcionamiento del sistema, todas las variables se

almacenan en la base de datos de eventos lo cual ayuda a optimizar la operación del sistema modificando la base de datos de configuración continuamente.

1.1.6 Características de operación del sistema a estudio

El sistema de control implementado en la instalación sometida a estudio es el de las recogidas horarias estructuradas complementadas con recogidas por nivel en los buzones que pueden presentar problemas de saturación. El problema de esta instalación, es que la recogida se limita a las “horas valle” de tarificación eléctrica para reducir costos de operación. Además se instalan baterías de condensadores para optimizar el factor de potencia y reducir más si cabe, el coste de operación de la instalación.

Además, la interface SCADA se usa como intermediario entre el sistema de control y el equipo de personas encargado de operar y supervisar la instalación.

Sin embargo, esta instalación carece de variadores de frecuencia para la regulación de la presión dinámica y velocidad del aire requerido a tiempo real, y en su defecto se usa una regulación de la potencia requerida por número de motores en funcionamiento. Por lo tanto, el consumo eléctrico en esta instalación es de un 17% superior a otras instalaciones más recientes debido únicamente a este motivo. Este aspecto, se debe tener muy presente cuando se estudie el impacto ambiental del uso de la instalación, aunque ya se verá que el consumo por tonelada está muy por encima de lo óptimo debido principalmente a que la instalación neumática no es modulable.

2 INVENTARIO

En el análisis del inventario se pretende cuantificar las entradas y salidas en el ciclo de vida del sistema de recogida neumática de RSU (entradas de energía, entradas de materia prima, emisiones atmosféricas, al agua, etc.), definiendo claramente cuáles son los límites del sistema, es decir, que materiales y procesos productivos son objeto de estudio y cuáles no.

A continuación, se describe con más detalle el proceso de obtención del inventario del sistema de recogida de RSU neumático.

2.1 PRODUCCIÓN

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, este sistema de recogida de residuos, no es modulable, por tanto el apartado de producción, va a ser independiente del escenario de recogida estudiado.

2.1.1 Central de recogida

La central de recogida es el edificio donde va a parar la basura de la recogida neumática en sistemas grandes, con recogida selectiva de dos fracciones, (Orgánica e Inorgánica) después del transporte neumático por una única tubería de transporte.

El requisito principal para la elección de emplazamiento es que los camiones que transportan los contenedores de basura tengan libre acceso. Además, el diseño arquitectónico del edificio suele estar adaptado al conjunto urbanístico de los alrededores.

Se trata de un edificio de dos plantas. La altura de cada planta es de unos 4 metros. En la planta superior se instalan los ciclones y separadores rotativos, así como la válvula trivertical. En la planta baja, se instalan el resto de equipos y los contenedores. La sala donde están instalados los turboextractores está aislada acústicamente. Antes de ser expulsado a la atmósfera el nivel de sonido del aire de los turboextractores es reducido por un silenciador de placas que forma parte de las obras de construcción del propio edificio.

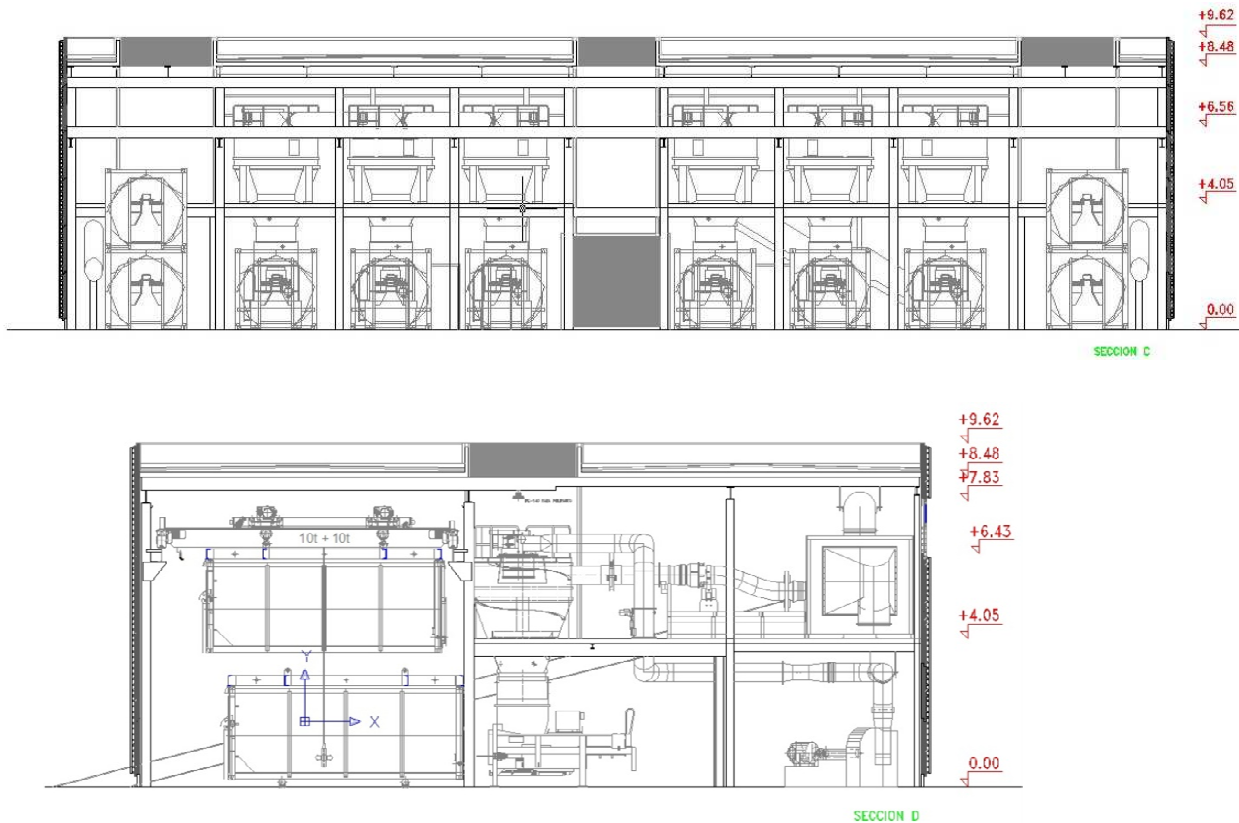
En la Central están instalados todos los equipos que ejecutan y supervisan el proceso de recogida, además de la separación de basura y aire, y la limpieza y depuración de este último antes de ser emitido a la atmósfera.

En el estudio, solo se van a tener en cuenta solo aquellos equipos dentro de la central que sean más significativos en cuanto a su peso, además del propio edificio de la central.

2.1.1.1 *Edificio*

Para evaluar el impacto ambiental de un edificio se necesita conocer el volumen del edificio en m^3 . Al disponer, tanto de los planos de la red de tuberías como de la central de recogida [36], se pueden obtener las dimensiones del edificio de recogida situado en la calle Centauros del desierto 50019, Zaragoza.

Además, también hay que tener en cuenta que, el horizonte temporal del uso de este sistema es de 30 años. Sin embargo, la vida útil de un edificio de estas características es de 50 años.



26. Frontal y perfil del edificio de la central de recogida [ENVAC IBÉRICA S.A]

- Dimensiones del emplazamiento: 32,78 x 19,99 de base x 9,62 de altura.
- Volumen total del edificio: **6303,72 m³**.
- Vida útil: 50 años.

2.1.1.2 Turboextractores

Los turboextractores son los encargados de generar la corriente de aire y la depresión adecuada para el transporte de los RSU. En la central de recogida se instalan 4 turboextractores en serie uno de ellos de reserva, por cada una de las clasificadoras. A través de acoplamientos flexibles, los turboextractores están accionados por motores eléctricos.

La capacidad conjunta de funcionamiento es la siguiente:

- Capacidad total de aspiración: 3 – 7 m³/s
- Depresión: 15 – 25 kPa
- Potencia absorbida: 80 – 530 kW
- Vida útil: 30 años.

Los motores están montados horizontalmente sobre armazones antivibratorios de acero junto con los turboextractores.

Las características principales de estos motores son las siguientes:

- Potencia del motor: 110 Kw
- Frecuencia de la corriente: 50 Hz
- Voltaje: 380 V
- Número de polos: 2
- Revoluciones: 2950 rpm
- Protección: IP- 54



27. Sala de turboextractores de la instalación neumática de Valdespartera [Eco – Ciudad Valdespartera S.A

Cada turboextractor consta de un motor de 110 kW cuyo peso se estima es de 400 kg prácticamente de acero, ya que no se poseen datos concretos. Además, la bancada donde se ancla cada uno de los ventiladores y el propio ventilador con sus recubrimientos de protección contra atrapamientos, se realizan también en acero, siendo su masa aproximada de otros 400 kg. En consecuencia, cada conjunto de ventilador, motor y bancada pesa alrededor de 800 kg de acero. Por tanto, el conjunto de los 8 turbo extractores supone **8000 kg de acero S355J2G3**.

2.1.1.3 Compactador

El compactador de basura, es del tipo de compactación horizontal y funciona hidráulicamente. Esta herméticamente cerrado para trabajar bajo depresión.

El compactador de basura está situado justo debajo de la tolva de alimentación del ciclón de separación y es el encargado de introducir y compactar la fracción correspondiente de basura en el interior de los contenedores por una de sus partes laterales.



28. Compactador tipo de una central de recogida neumática de RSU [27]

El compactador instalado en este caso presente las siguientes características:

- Dimensión de la placa de compactación: 0,9 x 1,3 m.
- Dimensión de la cámara de carga: 1,1 x 1,3 x 1,1 m.
- Dimensión del compactador: 3,3 x 2,5 x 1,7 m.
- Volumen de barrido por ciclo: $1,5 \text{ m}^3$
- Volumen barrido por hora: 260 m^3
- Tiempo del ciclo: 20 s
- Fuerza de compactado (normal): 250 kN
- Fuerza de compactado (compactado final): 280 kN
- Material: **acero S355J2G3** para todo el equipo. Aunque no es real se va usar esta suposición.
- Equipo eléctrico: 11 kW
- Vida útil: 30 años. Aunque, se debe realizar un mantenimiento no se va a tener en cuenta, ya que no va a afectar al resultado final del estudio.

Se dispone de de bastante información de las características técnicas de este equipo. Sin embargo, se carece del dato más importante y relevante para este estudio que es el peso total del equipo o de algunas de las partes. Por tanto, se va a suponer un peso total del conjunto de 1000 kg del acero S355J2G3, indicado anteriormente y teniendo en cuenta que se han instalado 4 compactadores de estas características, se necesitan **4000 k g del acero S355J2G3** para su fabricación.

2.1.1.4 Contenedor

Se trata de un contenedor de acero apilable de 25 m³ herméticamente cerrado y resistentes a la depresión. En su parte inferior están equipados con la construcción de perfiles que faciliten su carga / descarga sobre el camión.

Este tipo de contenedores apilable cumple con dos funciones fundamentales. La primera es la de recoger los residuos provenientes de la zona de vertido del sistema de recogida automática, y la otra la de poder almacenarse en altura, en los tiempos de espera de recogida de contenedores o de acoplamiento con compactadores. Están fabricados con las dimensiones estándar de la norma ISO 668:1995 con la designación 1CC.



29. Contenedor apilable de 25 m³ de capacidad nominal [29]

Las características del modelo usado en la instalación sometida a estudio son:

- Longitud: 6182 mm
- Anchura: 2438 mm
- Altura: 2591 mm
- Capacidad nominal: 25 m³

- Peso en vacío: 4650 kg
- Material: **S355J2G3**
- Presión de diseño: -0,3 bar
- Vida útil: 30 años.

Para la correcta operación de todo el sistema y reducir tiempos de espera, se proporciona a la central de recogida un total de 8 contenedores apilables. Suponer que todo el contenedor se realiza del mismo material. Por tanto, teniendo en cuenta el peso de cada uno de ellos y que hacen falta 8 contenedores, es necesario **37200 kg de acero S355J2G3**, para su manufactura.

2.1.1.5 Puente-Grúa y Spreader

Para el óptimo manejo de los contenedores y para la reducción del tiempo de cambio de contenedor y carga / descarga en camión, es necesario un puente – grúa. Además, reduce el espacio útil de la central de recogida respecto al otro sistema de manipulación de contenedores, que es la mesa de traslación. Para la correcta sujeción de los contenedores, el puente grúa está equipado con un spreader.



30. Elevación del contenedor mediante puente-Grúa con Spreader [30]

Las características del puente grúa con spreader son las siguientes:

- Carga de diseño: 20000 Kg.
- Accionamiento: Manual o Automático.

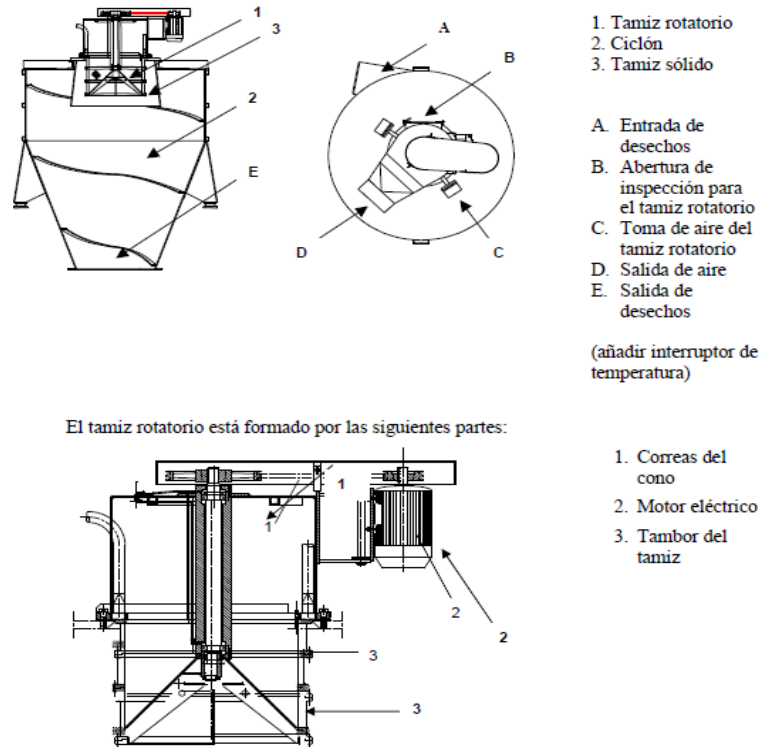
- Peso puente – Grúa: 10000 Kg.
- Peso spreader: 1000 Kg.
- Medidas del spreader: 6055 x 2398 mm.
- Material: acero S355J2G3
- Vida útil de ambos componentes: 30 años.

Para calcular el impacto ambiental relativo a su fabricación se tienen en cuenta el total un total de **11000 Kg de acero S355J2G3**. El peso considerado, tiene en cuenta todos los elementos que componen el puente – grúa y el spreader. Algunos de los elementos más importantes son, los polipastos de traslación y elevación, el carro de traslación, la viga cajón y las vigas carrileras. Sin embargo, para facilitar el proceso de cálculo y considerando que el 80-90 % del peso total corresponde a la viga cajón y vigas carrileras, se ha supuesto que todo el puente grúa se realiza del mismo material.

2.1.1.6 Separador rotativo y ciclón de separación

Existe un ciclón de separación por cada una de las fracciones de recogida selectiva. En él, se realiza una separación primaria de la basura respecto al aire de transporte. El ciclón es una construcción estanca con unas dimensiones de 4,5 m de altura y 2,5 m de diámetro. Está construido **de acero S355J2G3**, y equipado con indicadores de nivel de basura. A través de una tolva de alimentación, su parte inferior está conectada al compactador de basura mediante un acoplamiento resistente a la depresión.

El separador rotativo de basura o tamiz rotatorio es en el que se produce la separación secundaria, que separa las partículas finas del aire de transporte que no han caído al compactador por la acción del ciclón. Está ubicado en la parte superior del ciclón de separación.



31. Esquema de componentes del ciclón y el separador rotativo [31]

Las características principales de este equipo son las siguientes:

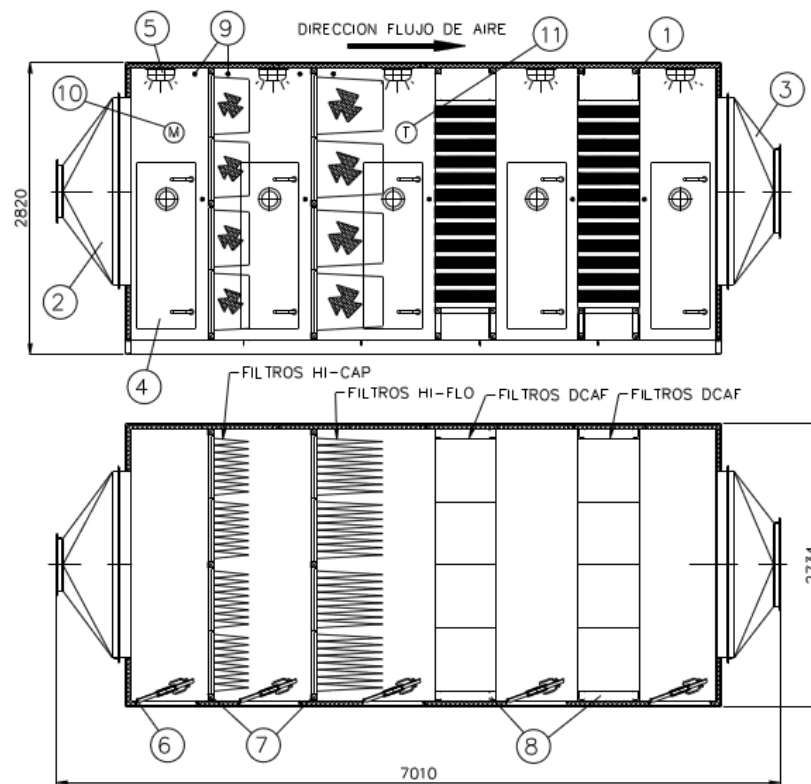
- Soporte: 4 patas con amortiguadores de vibraciones
- Velocidad del tambor del separador rotativo: 600 rpm
- Motor: SQ 132-4 7,5 kW 1745 rpm BEVI SE 132 S-4 1440 rpm BEVI (DN 400)
- Accionamiento: Por correas.
- Rendimiento de energía: 7,5 kW, 5kW (DN 400)
- Voltaje y frecuencia: 380 V, 60 Hz
- Arranque: Y/D Starter DN 400.
- Vida útil de ambos componentes: 30 años.

En esta instalación se recogen dos fracciones distintas de RSU. Además, dentro de la central de recogida, hay dos clasificadoras distintas, por lo que se han instalado 4 ciclones y 4 separadores rotativos. Se estima un peso de 2000 kg para el ciclón separador de basuras y de 1000 kg para el separador rotativo, ya que no disponemos de información real. Por tanto, el peso total del conjunto de ciclón y separador es de 3000 kg. Por tanto, para la fabricación de 4 unidades de cada tipo de dispositivo se requieren **12000 kg de acero S355J2G3**.

2.1.1.7 Sala metálica Monoblock

El aire antes de ser expulsado a la atmósfera, debe ser sometido a una depuración terciaria. Según lo mencionado anteriormente, una separación primaria fue efectuada en el ciclón de separación, y otra secundaria en el separador rotativo y tras pasar por los turboextractores, el aire es conducido a la sala de filtración. Esta sala dispone de cuatro niveles consecutivos de filtrado en seco, por donde el aire pasa hasta su emisión a la atmósfera.

El primer nivel está compuesto por filtros de bolsas o mangas según modelo HI-CAP para retener partículas gruesas. El segundo nivel compuesto por filtros de bolsas según modelo HI-FLO de alta eficacia para partículas ligeras. El tercer y cuarto nivel, formado por una barrera de filtros de carbón activado, DCAF, para adsorción y eliminación de olores, culminando el proceso de filtración del aire.



32. Esquema de componentes de la sala de filtros [32]

La sala de filtros es especialmente diseñada para alojar los filtros, con sus correspondientes puertas de acceso a cada uno de los cuatro módulos. Es construida con chapa negra pintada y aislamiento en el interior, y en el exterior chapa grecada o paneles tipo sándwich de 50 mm de espesor galvanizada exteriormente y unidas por soldadura continua estanca. El suelo es de chapa de acero al carbono y la estructura portante está formada por perfiles laminados en caliente (UPN-140 y PNL-60x60x6). En el interior, se alojan 16 prefiltros

HI-CAP, 16 filtros HI-FLO y bandejas de filtros de carbón. La sala está diseñada para trabajar a una presión interior de 250 mm.c.a.

Características técnicas de la sala metálica monoblock:

- Longitud: 7010 mm (Incluyendo plenums de entrada y salida)
- Anchura: 2734 mm
- Altura: 2820 mm
- Caudal nominal: 25000 m^3/h
- Peso: 7400 kg
- Material: **acero S355J2G3**
- Presión de operación: 250 mm.c.a.

Características técnicas de los filtros HI-CAP:

- Tipo: Filtros de bolsas sintéticos, media eficacia.
- Elemento filtrante: Fibra de poliéster.
- Eficacia EN 779: G3, G4.
- Eficacia gravimétrica: 80%
- Pérdida de carga final recomendada: 400 Pa
- Caudal máximo: 1,2 x caudal nominal
- Caudal nominal: 7 m^3/s

Temperatura: 70°C máximo en servicio continuo Características técnicas de los filtros

HI-FLO:

- Tipo: Filtro de bolsas en fibra de vidrio, alta eficacia.
- Elemento filtrante: Fibra de vidrio.
- Eficacia EN 779: F7.
- Eficacia opacimétrica: 80-85 %.
- Pérdida de carga final recomendada: 250 Pa.
- Caudal máximo: 1,25 x caudal nominal.
- Caudal nominal: 7 m^3/s

Temperatura: 90°C Características técnicas de los filtros DCAF:

- Tipo: Deep Cell Adsorption Filter.
- Elemento filtrante: Carbón activado específico según proyecto.
- Eficacia: 93 – 95% con carbón fresco.

- Caudal máximo: 1,25 x caudal nominal.
- Caudal nominal: 7 m³/s
- Temperatura: 85 - 90°



33. Sala de filtros monoblock [32]

En el frontal del primer compartimiento se dispone de manómetro de esfera, para la lectura directa de la presión estática relativa interior de la sala. En el frontal del tercer compartimiento contamos con un termómetro de esfera, para la lectura directa de la temperatura interior de la sala.

También, en el primer, segundo y tercer compartimiento tenemos tomas de presión diferencial conectadas a los manómetros diferenciales que se encuentran en la sala de control y que nos permite controlar el grado de ensuciamiento de los filtros de bolsas.

Tanto en la entrada como a la salida de la sala existen plenums para homogeneizar el flujo de aire y facilitar que los sistemas de depuración trabajen más eficientemente.

Como simplificación, y teniendo en cuenta que el componente más pesado de esta sala es la estructura portante y los cerramientos de la sala, se supone el único material necesario para su fabricación es acero. Por tanto, para calcular el impacto ambiental, se tienen en cuenta 7400 kg de cada sala, que hacen un total de **14800 kg de acero S355J2G3**.

2.1.1.8 Cuadro resumen del inventario de la central de recogida

EDIFICIO	Anchura (m)	Profundidad (m)	Altura (m)	Volumen (m ³)
Medidas	32,78	19,99	9,62	6303,72

EQUIPOS	Unidades	Peso unitario(kg)	Peso total (kg)	Material
Turboextractor 110 kW	8	800	6400	Acero S355J2G3
Compactador	4	1000	4000	Acero S355J2G3
Contenedor	8	4650	37200	Acero S355J2G3
Puente-Grúa	1	10000	10000	Acero S355J2G3
Spreader	1	1000	1000	Acero S355J2G3
Separador Rotativo	4	1000	4000	Acero S355J2G3
Sala metálica Monoblock	2	7400	14800	Acero S355J2G4
Ciclón Separador de Basuras	4	2000	8000	Acero S355J2G3
			85400	

34. Resumen del inventario de la central de recogida

2.1.2 Red de tuberías

2.1.2.1 Características

La red de tuberías de instalaciones grandes con recogida de dos o más fracciones, como la que en este caso nos ocupa, utiliza el mismo conducto de red para el transporte de todas las fracciones. La red de transporte está constituida por un conjunto de tuberías, codos y accesorios. Por el interior de ella discurren la corriente de aire que arrastra los residuos procedentes de las arterias principales y ramificaciones auxiliares procedentes de los buzones de vertido.

Las tuberías de transporte de basura normalmente son de acero al carbono. No obstante, en tuberías donde se transportan grandes cantidades de basura, ciertas partes (principalmente codos) tienen que ser de acero aleado o de metal Ni-hard.

Con excepción de las partes de las tuberías fabricadas con metal Ni-hard, todas las uniones de la red de tuberías son soldadas.

La tubería de transporte normalmente va enterrada bajo tierra, a una profundidad de aproximadamente 2 metros. Los cables eléctricos y los tubos de aire comprimido, que conectan todas las válvulas del sistema neumático con la central de recogida, están instalados junto con la tubería en la misma zanja.

Exteriormente, la tubería de transporte está expuesta al mismo tipo de corrosión que otras tuberías similares (conductos de agua, gas, etc.). Por lo tanto, es necesaria una protección

adecuada de la superficie exterior. En este caso se ha utilizado un revestimiento tricapa de polietileno.

La red principal de tuberías incorpora válvulas de sectorización o seccionamiento para cerrar ramales, cuya función es aislar posibles fugas de aire, que, según su grado, podrían llegar a afectar seriamente la eficacia del transporte neumático. Además, es necesario colocar registros en puntos estratégicos para controlar las posibles obturaciones.

El trazado de la red debe ser diseñada lo más rectilíneo posible y con giros suaves para mayor eficacia y evitar problemas de obturación y desgaste. Durante el ciclo de recogida, se genera una depresión máxima de 30 kPa, y la velocidad del aire oscila entre 15 y 25 m/s.

La red de tubería suele diseñarse para que tenga la misma duración que otros conductos o instalaciones urbanas, o sea, de 30 a 60 años. En el caso de del estudio, se va a suponer una vida útil de 30 años para todos los elementos.

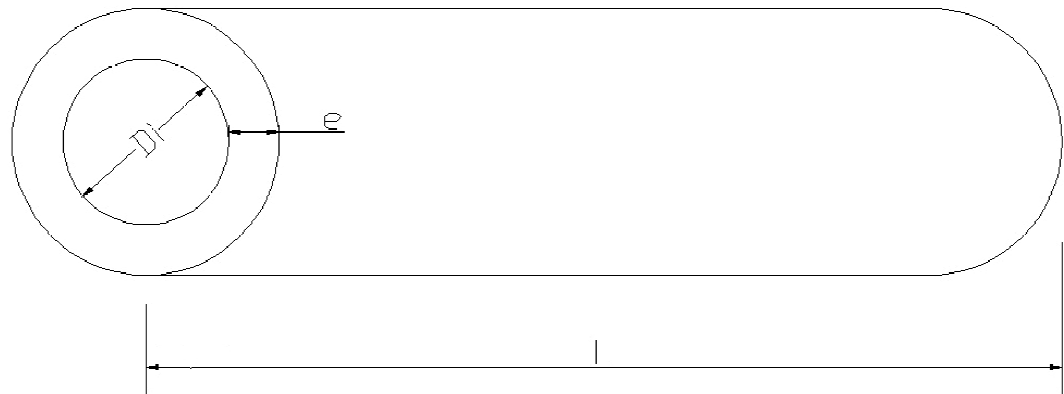
Las características principales de la red de tubería a tener en cuenta para contabilizar el peso de toda la red de tuberías, se muestran en la siguiente tabla:

Pendientes máximas de desnivel	20 %
Diámetro interior de tuberías	498 mm
Materiales	Acero St 37.2, Acero St 52.3, Acero Raex y metal Ni-hard
Protección contra corrosión	Revestimiento tricapa de PE
Espesores	Tubería recta 5 a 22 mm Codos 8 a 25 mm
Densidad del acero	7850 kg / m ³
Longitud	- Tubo recto: 12816,6 m - Codos: 1312,75 m - Total: 14130 m

35. Características de la red de tuberías

2.1.2.2 Tubo recto

Para el cálculo del impacto ambiental, se debe obtener la masa de acero necesaria para fabricar toda la tubería. El tubo recto representa un 90 % de la longitud total de la tubería, con una longitud total de 12816,6 m. Se calculan por separado los diferentes espesores, y al final se suman cada uno de ellos. La masa de acero del tubo recto se calcula como sigue a continuación:



36. Esquema de la tubería de transporte

$$m = \rho \cdot V$$

$$V = [\pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} + e\right)^2 - \pi \cdot D_i^2] \cdot L$$

A continuación se describen cada uno de los distintos tramos de tubería recta que se instalaron en el sistema sometido a estudio.

2.1.2.2.1 Tubos rectos de acero al carbono

Son tubos de acero de calidad DIN St. 37.2 o S235 JR según norma europea. La fabricación de la tubería se realiza en tramos de 12 metros. Primero, se parte de una plancha de acero del espesor deseado. Posteriormente, se dobla y se suelda interiormente y exteriormente de forma helicoidal para espesores de 5 a 12 mm y de forma longitudinal para espesores de 15 a 22 mm. En su parte posterior se realiza un tratamiento superficial de limpieza de chorro de arena Sa 2 ½ y se le aplica un revestimiento de polietileno extruido tricapa cumpliendo la norma DIN 30.670, DIN 30.672 “C”, de Gas Natural y/o de Repsol.

2.1.2.2.2 Tubos rectos de acero RAEX

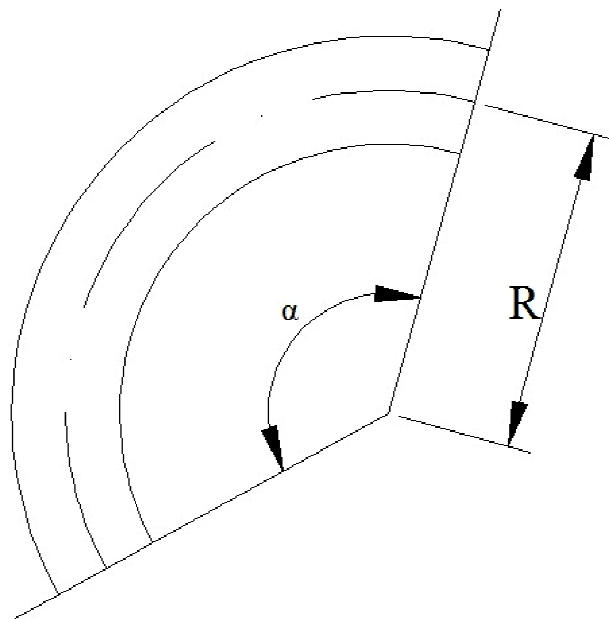
Son tubos de acero tipo RAEX de soldadura helicoidal, de elevada dureza (superior a 450 Brinell) de 8 y 15 mm de espesor. El tratamiento superficial y el revestimiento aplicado posteriormente son idénticos a los usados para la tubería de acero al carbono.

Este tipo de acero está registrado. Es un acero de alto límite elástico y resistencia al desgaste, con una dureza y una tenacidad favorables, que se suministra templado. Por tanto, se aumenta la vida útil de estos tramos de tubería que de otra forma debido al alto volumen de basura transportado por ellas, se sustituirían con bastante frecuencia. Además, también es

soldable (CE=0.42), que es un requisito indispensable para ser usado en este tipo de aplicaciones.

2.1.2.3 Codos

El procedimiento de cálculo de los codos es el mismo que para la tubería recta pero teniendo en cuenta, que el codo es un tramo de tubería recta curvado, entonces la longitud de tubería recta equivalente (L) que representa cada uno de los codos se calcula como sigue a continuación:



37. Esquema de los codos de la tubería de transporte

$$L = \alpha \text{ (rad)} \cdot R$$

2.1.2.3.1 Codos normales

Son codos de acero de calidad DIN St. 52.3 o S355 J2G3 según norma europea. Son fabricados por soldadura interior y exterior de forma helicoidal para espesores de 5 a 12 mm y de forma longitudinal para espesores de 15 a 22 mm. El tratamiento y revestimiento superficial se hace según tubos rectos.

- Espesor de la pared: De 8 a 18 mm.
- Radio de curvatura: 1800 mm.
- Ángulo de curvatura: De 10 a 90°

2.1.2.3.2 Codos de acero Raex

Son codos de acero Raex, ya comentado anteriormente con las siguientes características:

- Espesor de la pared: 8 y 15 mm.
- Radio de curvatura: 1800 mm.
- Tratamiento superficial: Según tubos rectos de acero al carbono.

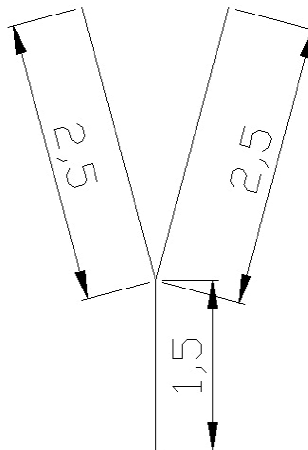
2.1.2.3.3 Codos de metal Ni-Hard

Codos de fundición de metal Ni-Hard de una dureza como mínimo de 500 Brinell. Este tipo de aleación pertenece al grupo de fundiciones blancas que contienen elementos de aleación para lograr alta resistencia al desgaste y abrasión. Se suele usar en piezas que están sometidas a abrasión y desgaste que deben ser reemplazadas al término de su vida útil como es en este caso los codos sometidos a una abrasión extrema. Estos codos tienen las siguientes características:

- Espesor de la pared: De 18 y 25 mm.
- Radio de curvatura: 1800 mm.
- Tratamiento superficial: Ninguno

2.1.2.4 Ramales tipo “Y”

Son conexiones prefabricadas de tubos rectos de acero. Para el cálculo de la cantidad de acero necesario para su fabricación, se tiene en cuenta que, la longitud de la parte principal 2,5 m, y de la parte de conexión de 1,5 m. El ángulo entre la parte principal y la parte de conexión es de 30°.



38. Esquema de los ramales tipo “Y” de la tubería de transporte

Como se puede ver en la Figura superior, el ramal tipo “Y” consta de dos partes de 2,5 m de tubo recto cada una y una parte de 1,5 m, unidas mediante soldadura en las que las dos partes largas forman un ángulo máximo de 30°. Por tanto, la longitud de tubo recto equivalente para cada ramal es de 6,5 m.

2.1.2.4.1 Ramales tipo “Y” de acero al carbono

Son conexiones pre-fabricadas de tubos rectos de acero de calidad DIN St. 37.2 o S235 JR según norma europea. Estas conexiones tienen las siguientes características:

- Espesor de la pared: De 5 a 15 mm.
- Tratamiento superficial: Según tubos rectos de acero al carbono.

2.1.2.4.2 Ramales tipo “Y” de acero Raex

Conexiones de las mismas características geométricas que las anteriores, pero de acero especial soldable de elevada dureza tipo Raex. Características:

- Espesor de la pared: De 8 y 15 mm.
- Tratamiento de superficie: Según tubos rectos de acero al carbono.

2.1.2.5 *Tabla resumen de inventario de tubo de acero*

	Peso (kg)
Acero DIN St 37.2 / S235 JR /ASTM A283 Gr.C	1168081,3
Acero DIN St 52.3 / S355 J2G3 / ASTM A678 Gr.A	92590,302
Acero RAEX (Resistente al desgaste)	23446,705
Aleación Ni-hard / Fundición Blanca / ASTM A 532 clase II Tipo A	17479,665
TOTAL	1301597,953

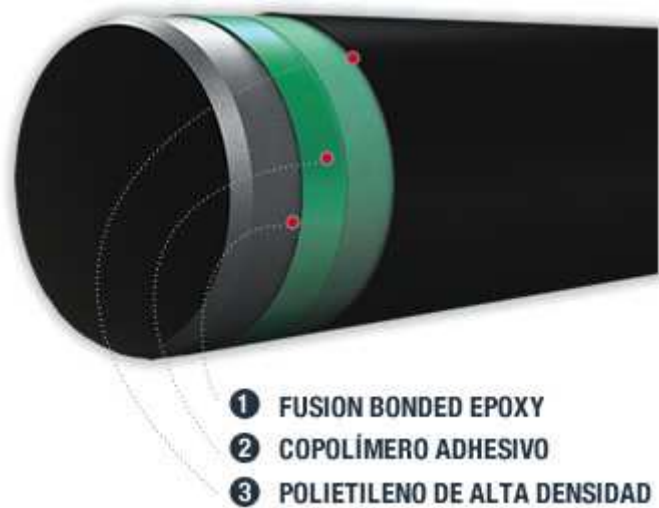
39. *Resumen del inventario de tubo de acero*

2.1.2.6 *Inventario del revestimiento de PE tricapa*

El revestimiento tricapa de Polietileno extruido aplicado sobre la superficie exterior de las tuberías de acero, tiene como fin alargar la vida útil del conducto, otorgándole una excelente protección contra la corrosión a largo del tiempo. Se usa para cañerías de acero enterradas como las que nos ocupan en este caso expuestas a ambientes agresivos.

Sobre la superficie del tubo granallado y calentado previamente, se aplica este revestimiento conformado por tres capas: [33]

1. Una película de resina epoxi en polvo de 150 µm de espesor, aplicado por medios electrostáticos.
2. Una película de copolímero o termopolímero, destinado a asegurar la adherencia entre la primera y tercera capa, de espesor de 300 µm aplicada por extrusión.
3. Una capa de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor aplicada por extrusión.



40. Composición del revestimiento del revestimiento de polietileno tricapa [35]

REVESTIMIENTO	densidad (kg/m ³)	Longitud (m)	Anchura (m)	Espesor (mm)	Peso (kg)
PE alta densidad	933	14129,4	3,4	2,00	89642
Adhesivo (Copolímero o Termopolímero)	975	14129,4	3,4	0,30	14051
Resina Epoxi	1350	14129,4	3,4	0,15	9728

41. Resumen del inventario del revestimiento tricapa de la tubería.

2.1.2.7 Soldadura para fabricar la tubería

En el proceso de fabricación de la tubería, tras el doblado de la chapa se unen ambos bordes mediante soldadura por arco MIG – MAG interiormente y exteriormente. Para evaluar el impacto ambiental que genera el proceso de soldadura, se necesita conocer la distancia total de soldadura para la fabricación de toda la longitud de tubería. Para ello, hay que tener en cuenta que la soldadura es de forma helicoidal para espesores de 5 a 12 mm y de forma longitudinal para espesores de 15 a 22 mm.

A continuación se presenta una tabla resumen de la longitud de soldadura a tener en cuenta para el cálculo del impacto ambiental.

SOLDADURA DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA	Longitud (m)
Soldadura Helicoidal 5 mm	30468,1
Soldadura Helicoidal 6 mm	993,6
Soldadura Helicoidal 8 mm	2749,4
Soldadura Helicoidal 10 mm	1095,0
Soldadura Helicoidal 12 mm	345,8
Soldadura Longitudinal 15 mm	1033,1
Soldadura Longitudinal 18 mm	656,3
Soldadura Longitudinal 22 mm	1774,0
	39115,3

42. Resumen del inventario de la soldadura de fabricación de tubería

Para el cálculo de las distintas longitudes se van a tener las siguientes consideraciones según sea la soldadura helicoidal o longitudinal.

2.1.2.7.1 Soldadura helicoidal

La tubería de 5 a 12 mm de espesor se fabrica mediante soldadura helicoidal interior y exterior. Para calcular la longitud de soldadura, se usa la siguiente ecuación de la longitud de una hélice:

$$Longitud\ helice = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{R^2 + a^2} \cdot L$$

Donde:

- a es el espesor.
- R es el radio exterior de las distintas tuberías tenidas en cuenta.
- L es la longitud de la tubería a considerar.

2.1.2.7.2 Soldadura longitudinal

La tubería de 15 a 22 mm de espesor se fabrica mediante dos cordones de soldadura longitudinales interiormente y exteriormente. Por lo tanto, la longitud del cordón de soldadura es el doble de la longitud de tubería que tiene los espesores indicados.

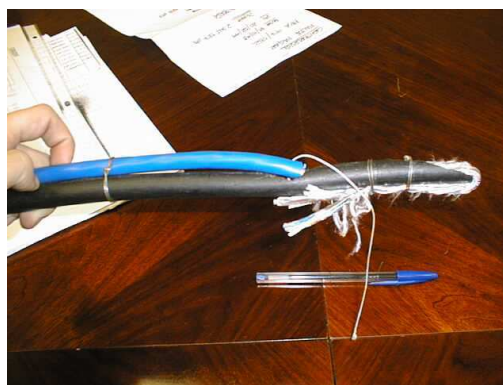
2.1.2.8 *Soldadura in situ de instalación de la tubería*

La tubería de la red se fabrica en tramos de 12 metros. Como procedimiento de unión entre tramos de 12 metros se usa la soldadura, además de para soldar las bajantes, los registros y otros elementos de la instalación. La cuantificación de los metros de soldadura necesarios para ejecutar la instalación de la red de tuberías, viene recogida en el documento Mediciones del proyecto de la instalación de la recogida automatizada [37].

SOLDADURA IN SITU	Longitud (m)
Soldadura de 5 mm	4719,75
Soldadura de 6 mm	268
Soldadura de 8 mm	236
Soldadura de 10 mm	146
Soldadura de 12 mm	10
Soldadura de 15 mm	38
Soldadura de 18 mm	44
Soldadura de 22 mm	69
TOTAL	5530,75

43. *Resumen del inventario de la soldadura in situ*

2.1.2.9 *Cable eléctrico de transmisión de señal*



44. *Cable eléctrico (azul) y tubo neumático (negro)[27]*

Estos cables eléctricos cumplen la función de transmisión de la señal electrónica entre la central de recogida y todas las válvulas de basura y de aire. Los cables se extienden a lo largo de toda la red de tuberías de transporte. Se trata de un cable blindado para transmisión de señal

digitalizada de $2 \times 4 + 2 \times 2 \times 0,5 \text{ mm}^2$ con pares de hilos trenzados y apantallados para protección especial contra interferencias externas e internas. Para la simplificación del cálculo, se supone que el cable está compuesto de 32 hilos de cobre de $0,5 \text{ mm}^2$ con un aislamiento exterior de polietileno de baja densidad de 2 mm de espesor. Suponiendo la densidad del cobre de $8920 \text{ kg} / \text{m}^3$ y la densidad del polietileno de baja densidad de $933 \text{ kg} / \text{m}^3$, en la tabla siguiente se muestra la masa total necesaria de cada uno de los dos materiales.

Cable blindado de transmisión de señal	Peso unitario (kg/m)	Longitud (m)		Peso total (kg)	Material
		FASE I	FASE II		
Cobre	0,14272	22845	7777	4370,37	Cobre
Recubrimiento polietileno	0,05275182	22845	7777	1615,37	PE de baja densidad

45. Resumen inventario del cable blindado de transmisión de señal

2.1.2.10 Tubo de aire comprimido en PE

Los tubos de aire comprimido transportan el aire a presión desde el compresor situado en la central a todas las válvulas de basura y de aire para realizar las operaciones de mando de apertura y cierre. Se extienden a lo largo de la red de tuberías de transporte. Los tubos son flexibles de polietileno de baja densidad y están diseñados para una presión de trabajo de 10 kp/cm^2 con diámetro exterior de 16 mm y diámetro interior de 11 mm.

En la tabla siguiente se muestra el inventario a tener en cuenta para este tubo de aire comprimido.

Tubo de aire comprimido en PE	Peso unitario (kg/m)	Unidades o Longitud (m)		Peso total (kg)	Material
		FASE I	FASE II		
Polietileno	0,098925057	22845	7777	3029,28	PE de baja densidad

Diámetro ext (mm)	16
Diámetro int (mm)	11
densidad PE baja densidad (kg/m ³)	933

46. Resumen del inventario del tubo de aire comprimido

2.1.2.11 *Tubo corrugado*



47. *Tubo corrugado*

Es un tubo de protección por el que discurren el cable de señal eléctrica y el tubo de aire comprimido. El tubo se fabrica en polietileno de baja densidad corrugado de doble pared con guía de poliamida, de diámetro 63 mm. Sin embargo, la poliamida representa un porcentaje muy pequeño del peso total del tubo, por tanto se va a despreciar en el inventario. El peso por metro lineal del tubo corrugado fue proporcionado por Jorge Lahuerta gerente de la empresa situada en valencia, Valpipe S.L.

En la tabla siguiente se muestra el inventario.

		Unidades o Longitud (m)		Peso total (kg)	Material
		FASE I	FASE II		
Tubo corrugado	Peso unitario (kg)				
Tubo de protección de PE corrugado	0,315	38231	16314,4	17181,8	Polietileno

48. *Resumen del inventario del tubo corrugado*

2.1.2.12 *Movimiento de tierras*

En este apartado, se contabiliza todas las zanjas y volumen de tierra necesario remover para poder realizar la correcta instalación de todos aquellos elementos que se encuentran situados bajo tierra como son la tubería, pozos de registro y arquetas de seccionamiento.

En la tabla siguiente, se muestra el resumen del volumen de tierra necesario mover para instalar los elementos que se encuentran bajo tierra.

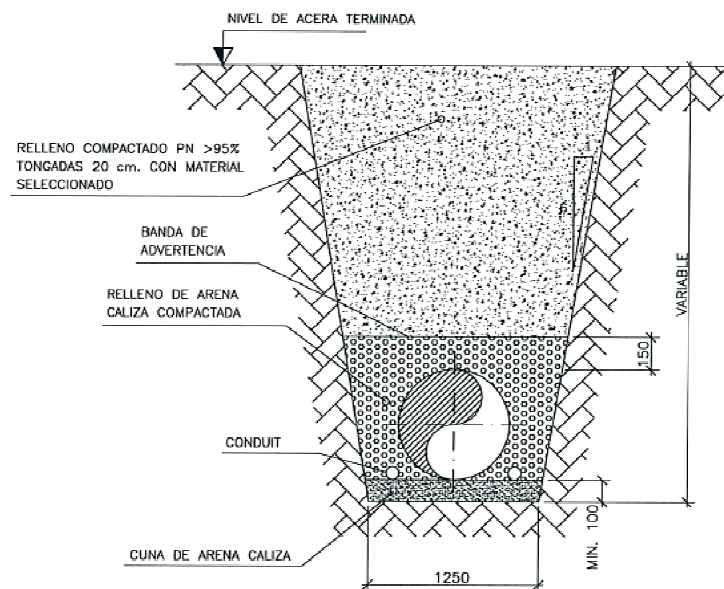
MOVIMIENTO DE TIERRAS	Volumen total (m ³)					
	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)			
Tubería	3,166	14129,4	46970,2			
	Unidades					
	FASE I	FASE II	Profundidad (m)	Anchura 1 (m)	Anchura 2 (m)	Volumen (m ³)
POZO REGISTRO	30	118	3	2	1,7	1509,6
ARQUETA SECCIONAMIENTO	6	2	2,45	1,5	1,8	52,92
ARQUETA SECCIONAMIENTO	6	3	3	1,5	1,8	72,9
ARQUETA SECCIONAMIENTO	6	1	3,5	1,5	1,8	66,15

49. Resumen del inventario del movimiento de tierras

2.1.2.12.1 Zanjas de tuberías

La tubería de transporte de basura se instala bajo tierra a una profundidad de 2 m, junto con el tubo de aire comprimido y el cable de transmisión de señal eléctrica. En siguiente figura, se representa la sección tipo de una zanja por la que discurre la tubería de transporte.

ZANJA TIPO (SECCION)
ESCALA 1/25



50. Esquema de una zanja tipo para la instalación de la red neumática

[26]

$$\text{Área}_{zanja} = 1.25 \cdot 2 + 0.333 \cdot 2 = 3.166 \text{ m}^2$$

2.1.2.12.3 Arqueta de seccionamiento

La arqueta de seccionamiento sirve para aislar ramales de la instalación cuando existe una avería y que el resto de la instalación funcione con total normalidad.

2.1.2.13 *Válvula de entrada aire*

Estas válvulas se sitúan en el extremo de cada ramal de tubería de transporte para permitir la entrada de aire al sistema y provocar la corriente de aire en el interior de la tubería que se encarga de transportar la basura desde los puntos de vertido a la central de recogida. Se suelen instalar en los sótanos o plantas bajas de los edificios, cerca de la última válvula de basura del ramal correspondiente. Las válvulas normalmente están cerradas, y se abren sólo uno o dos minutos durante los ciclos de recogida. No puede abrirse más de una válvula al mismo tiempo.

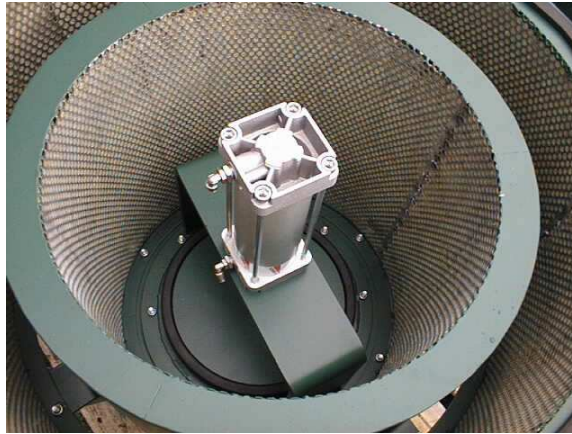
Las válvulas están conectadas al compresor de aire en la central de recogida, y los elementos de cierre están accionados por cilindros de aire comprimido. El funcionamiento de las válvulas está controlado por el micro-ordenador ubicado en la central de recogida. Terminales electrónicos, situados en los cuartos donde se alojan las válvulas, verifican y ejecutan las órdenes transmitidas por el ordenador.

A continuación se describen cada uno de los dispositivos de los que se compone la válvula de aire.

2.1.2.13.1 Cuerpo de la válvula de aire

El cuerpo de la válvula tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Material: Acero al carbono
- Dimensiones:
 - o Longitud: 675 mm
 - o Anchura: 540 mm
- Peso: 55 kg.
- Cilindro neumático: Parker C40-100-32-200
- Limit Switch: Telemecanique XCDM – 121
- Flujo de aire en funcionamiento: 3 – 6 m³/s



52. Cuerpo de la válvula de aire [26]

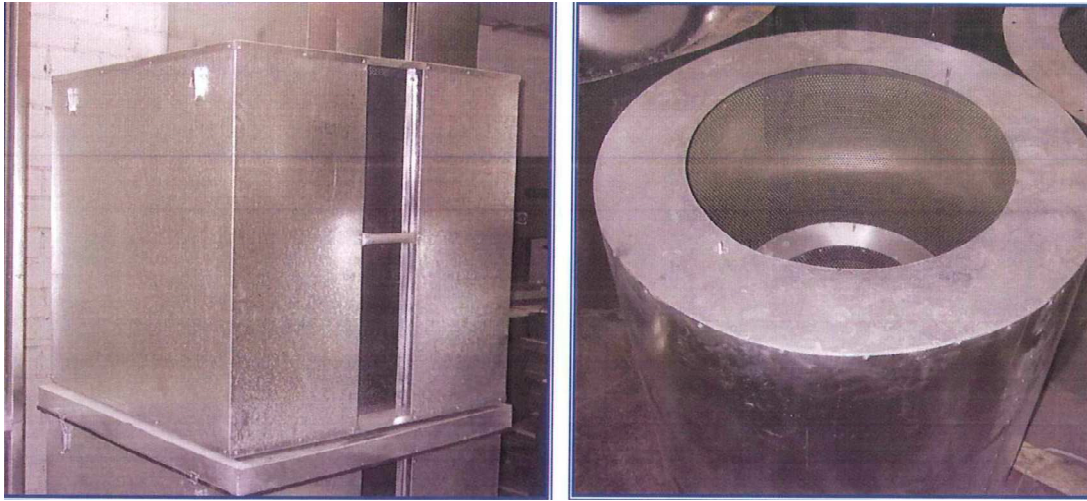
2.1.2.13.2 Silenciador

El nivel sonoro, causado por la entrada de aire a alta velocidad en la válvula, es considerable, y por esta razón las válvulas están equipadas con silenciadores.

Los silenciadores son del tipo absorción y están contruidos en acero al carbono galvanizado y como material de absorción utilizan lana de roca. Estos silenciadores están diseñados para conseguir la atenuación suficiente y respetar la normativa vigente en lo referente a ruidos. Se instalan silenciadores cilíndricos y cuadrados dependiendo del lugar de instalación, red general o red interior, es decir, las dimensiones de arqueta, sala de válvulas, etc. Las características principales de los distintos tipos de silenciadores están recogidas en la siguiente tabla.

Tipo de silenciador	1000/1000	850/850	850/1600
Dimensiones totales (mm)			
- Altura	1000	1000	1600
- Anchura	1000	850	Diámetro 850
- Longitud	1000	850	
Peso	126	98	185
Material del cuerpo	Acero al Carbono Galvanizado		
Material de absorción	Lana de roca		

53. Características de los distintos tipos de silenciadores



54. Silenciador cuadrado a la izquierda y silenciador cilíndrico a la derecha [26]

Para el cálculo del material a tener en cuenta en el inventario, se supone que todo el peso del silenciador corresponde al acero, ya que el peso de la lana de roca es despreciable frente a este.

2.1.2.13.3 Torre de entrada de aire



55. Torre de entrada de aire [26]

Esta torre de entrada de aire es cilíndrica, como su propio nombre indica, sirve para conseguir una entrada de aire suficiente, en arquetas de vías públicas, equipadas con válvulas de aire, cuando la altura de la arqueta, donde se encuentra la válvula de aire es menor que la altura del silenciador asociado a la válvula de aire. La superficie de entrada de aire de las torres

cilíndricas es suficiente para asegurar una correcta admisión de aire y está calculada para evitar posibles aumentos en el nivel sonoro de las válvulas. Aquí se enumeran las especificaciones más significativas del equipo:

- Peso total: 290 kg
- Material: Acero al carbono
- Altura: 1290 mm
- Diámetro: 950 mm

2.1.2.13.4 Tabla resumen del inventario

		Unidades o Longitud (m)		Peso total (kg)	Material
VÁLVULA DE AIRE	Peso unitario (kg)	FASE I	FASE II		
Cuerpo de la Válvula de Aire	55	234	1	12925	Acero al C
Silenciador cilíndrico	185	4		740	Acero al C Galvanizado
Silenciador cuadrado	126	230	1	29106	Acero al C Galvanizado
Torre de entrada de aire	290	234	1	68150	Acero al C

56. Resumen inventario de la válvula de aire

2.1.2.14 *Válvula de descarga tipo BDV*

Se trata de una válvula de accionamiento electroneumático. La válvula BDV está diseñada para ser ubicada en arquetas en viales. Dadas sus dimensiones y el tipo de conexión a la tubería de transporte permite reducir notablemente las dimensiones de la arqueta sin detrimento de la capacidad de almacenaje.

Los usuarios depositan las bolsas de basura directamente en las bajantes verticales de almacenamiento que conectan, que conecta al asiento de la válvula y ejerce la función de depósito temporal de residuos. Las válvulas permanecen cerradas, y se abren secuencialmente solamente unos segundos durante el ciclo de recogida, permitiendo evacuar los residuos almacenados en las bajantes correspondientes. Un cilindro neumático se encarga de abrir y cerrar la clapeta de la válvula. Mediante un módulo de control integrado y conectado al sistema de control se operan las válvulas desde la Central de recogida.

Especificaciones técnicas del equipo son:

- Peso: 150 kg.
- Material: Acero al carbono.

- Tensión de alimentación: 24 V DC.
- Suministro de aire comprimido: 5-8 bares.



57. Válvulas de descarga [Eco-Ciudad Valdespartera S.A]

	Peso unitario (kg)	Unidades o Longitud (m)		Peso total (kg)	Material
		FASE I	FASE II		
Válvula de Descarga	150	485	2	73050	Acero al C

58. Resumen del inventario de las válvulas de descarga

2.1.2.15 Válvula de seccionamiento



59. Válvula de seccionamiento

La función de las válvulas de seccionamiento es la de independizar cada uno de las ramificaciones principales que conectan directamente con el colector general de la Central de Recogida. Esto permite crear diferentes sectores de actuación dentro del área global. De este modo se optimiza el proceso de recogida, limitando las pérdidas mecánicas y se incrementan la flexibilidad de operación del sistema.

El número de válvulas depende del número de ramificaciones. En algunos casos, con el fin de mejorar el rendimiento del sistema, es posible situar dentro de una ramificación principal válvulas de seccionamiento intermedias.

La válvula permanecerá abierta mientras dure el proceso de recogida de la correspondiente ramificación principal. La válvula es estanca y accionada mediante un cilindro neumático, disponiendo de detectores que indican su posición al sistema de control general.

Especificaciones técnicas del equipo son:

- Diámetro nominal conexión: 508 mm
- Material:
 - o Válvula y Caja: Acero al carbono
 - o Rodillo: Acero Inoxidable
 - o Junta plana: Delrin
- Altura: 500 mm
- Longitud: 1890 mm

- Anchura: 860 mm
- Temperatura de trabajo: Máximo 70 °C
- Peso: 190 kg
- Ciclo de apertura: 2-4 s

	Peso unitario (kg)	Unidades o Longitud (m)		Peso total (kg)	Materia l
		FASE I	FASE II		
Válvula de Seccionamiento AUT+MAN	190	92	64	29640	Acero al C

60. Resumen del inventario de las válvulas de seccionamiento

2.1.2.16 Tapa de inspección

Las tapas de registro o inspección sirven para hacer registrables interiormente tramos de tuberías. Las tapas de registro se instalan cada unos 70 metros de longitud de tubería y se fabrican siguiendo los procedimientos de fabricación estándar. Las tapas de registro tienen unas dimensiones suficientes para el paso de un hombre y constan de dos tapas. Una sobre el cuerpo del registro y otra en la tubería asegurando la continuidad de forma de la misma. Se trata de una tapa de acero que consta de las siguientes dimensiones:

- Ancho: 400 mm
- Largo: 560 mm
- Espesor: 16 mm
- Material: Acero al Carbono

Para el cálculo de la masa de acero necesaria se tiene en cuenta la propia tapa, y posteriormente se mayor en un 10 % para tener en cuenta otros elementos como pernos, brida, conexiones, etc. En la tabla siguiente, se muestra el resultado.

	Peso unitario (kg)	Unidades o Longitud (m)		Peso total (kg)	Material
		FASE I	FASE II		
TAPA DE INSPECCIÓN					
Tapa de inspección	30,94784	125	67	5941,98	Acero St.52,3

61. Resumen del inventario de las tapas de inspección

2.1.2.17 Tapón de acero

Tapón de acero en chapa de 5 mm de acero al carbono y diámetro 508 mm, soldado con cordón de sello, para cierre de tubería de basura.

		Unidades o Longitud (m)			
TAPÓN DE ACERO	Peso unitario (kg)	FASE I	FASE II	Peso total (kg)	Material
Tapón de acero	7,955	93	68	1280,81	Acero al C

62. Resumen del inventario de los tapones de acero

2.1.2.18 Buzón de vertido

El buzón de vertido es el punto donde se depositan los residuos para, posteriormente, recogerse por medio del sistema de recogida automatizada. Existen 2 tipos de buzones de vertido: buzones de interior empotrados sobre la pared de la vivienda y buzones de exterior o de calle.

Los residuos se almacenan temporalmente en el interior de la bajante de 500 litros a 3.2 m³ y son retenidos por medio de una válvula de basura. Cuando esta válvula recibe la orden de abrirse desde el centro de control, los residuos son retirados y transportados hasta la central de recogida.

No se sabe la masa del buzón, por tanto se supone que cada uno de los buzones pesa 40 kg correspondiente únicamente al acero inoxidable. Esto es independiente del tipo de buzón del que se trata. En la tabla siguiente se muestra el inventario.

BUZON DE VERTIDO	Unidades	Peso (kg)	Peso total (kg)	Material
	487	40	19480	Acero Inoxidable

63. Resumen del inventario de los buzones de vertido

2.2 TRANSPORTE

En esta sección se pretende tener en cuenta en el inventario de impacto ambiental, el transporte de los diferentes elementos que se han tenido en cuenta en la sección anterior. Como, el inventario del transporte es dependiente de la sección de producción, va a ser independiente del escenario de recogida estudiado.

El transporte a tener en cuenta, va desde el lugar de producción de cada componente hasta el lugar donde está instalado que en este caso es el barrio zaragozano de Valdespartera.

Para cuantificar el impacto ambiental del transporte, se debe calcular la masa de material a transportar y multiplicarla por la distancia que esta debe ser transportada, obteniendo t*km.

Envac Ibérica S.A a través de Ecociudad Valdespartera, nos ha proporcionado el lugar de fabricación de algunos componentes y el medio de transporte utilizado. El transporte de todos los elementos, se realiza por medios terrestres. Esta información se muestra a continuación:

- Tubería: Desde Salamanca.
- Revestimiento tricapa: Desde Burgos.
- Válvulas de basura y seccionamiento: Desde Suecia
- Separador rotativo: Desde Suecia.
- Separador de basuras: Desde Suecia.

El resto de componentes de la instalación son mucho más comunes, por tanto se supone que son fabricados en los alrededores de Zaragoza, suponiendo una distancia de transporte por camión de 50 km. El camión es de 15.5 Tm de TARA y 38 Tm de MMA.

Las distancias desde los puntos de fabricación al lugar de instalación, se calculan con Google Maps y se muestran a continuación:

- Salamanca – Zaragoza: 538 km.
- Burgos – Zaragoza: 292 km.
- Suecia – Zaragoza: 3072 km.
- Alrededores de Zaragoza: 50 km.

En la tabla siguiente se muestra al inventario relativo al transporte de los equipos desde su lugar de fabricación al lugar de instalación.

	Material a transportar (kg)	Distancia de transporte (km)	30 AÑOS (t*km)
Tubería	1301598,0	538,0	700259,7
Revestimiento de la tubería	113422,0	292	33119,2
Válvulas basura y seccionamiento	102690,0	3072	315463,7
Otros Accesorios	135325,6	50	6766,3
Cable blindado de transmisión de señal	5985,7	50	299,3
Tubo de aire comprimido	3029,3	50	151,5
Buzón de vertido	19480,0	50	974,0
Turboextractor 110 kW	6400,0	50	320,0
Compactador	4000,0	50	200,0
Contenedor	37200,0	50	1860,0
Puente-Grúa	10000,0	50	500,0
Spreader	1000,0	50	50,0
Separador Rotativo	4000,0	3072	12288,0
Separador de Basuras	8000,0	3072	24576,0
			1096827,6

64. Resumen del inventario del transporte de los elementos del sistema neumático

2.3 USO

En esta sección se analizará el inventario asociado al uso del sistema de recogida implantado en Valdespartera. El impacto ambiental asociado al uso de dicho sistema de recogida reside en la ocupación del suelo urbano, en transporte de los residuos desde los buzones de vertido a la central de recogida mediante la red de tuberías y el transporte de estos desde la central de recogida hasta el Complejo para Tratamiento de Residuos Urbanos de Zaragoza, ubicado en el Polígono denominado Parque Tecnológico de Reciclaje (PTR). Este último traslado, se realiza mediante un camión donde los residuos van en el interior de un contenedor.

El inventario debido al uso es variable dependiendo de la cantidad de basura recogida, ya que el consumo eléctrico para recoger la basura y el transporte de los residuos desde la central de recogida hasta el vertedero aumenta cuando aumenta la cantidad de basura generada.

2.3.1 Energía Eléctrica

El consumo total de energía eléctrica, contabiliza el total de la energía eléctrica consumida por los todos los elementos que componen la instalación.

El consumo eléctrico es debido en su mayor medida a los 8 turboextractores que consumen 110 kW a pleno rendimiento. Según datos de operación de la instalación proporcionados por Envac Ibérica S.A, la mayoría de las válvulas se recogen una sola vez al día. Sin embargo, las válvulas en las que existe problemas de saturación, se llegan a recoger dos y tres veces al día.

Además, la iluminación de la planta, renovación de aire, y otros consumos auxiliares, pueden llegar a suponer del orden del 10 % del consumo energético total del sistema, dependiendo de la instalación y del número de sistemas de buzones.

Además, reseñar que en esta instalación no existe instalado un variador de frecuencia para optimizar el consumo de los turboextractores dependiendo de la distancia y la densidad del residuo de recogida.

Envac Ibérica S.A, facilitó datos relativos al consumo total energético de la instalación del año 2010 mes a mes. En este consumo, se tiene en cuenta tanto el consumo de recogida de los turboextractores, como de todos elementos auxiliares y consumos adicionales por atascos.

Como se ha comentado el consumo total de la instalación varía con la cantidad de recogida de basura por lo que se van a tener que analizar los dos escenarios de recogida por separado. Esto se debe principalmente a que los buzones se llenan de una forma más rápida siendo mayor el número de recogidas por día.

2.3.1.1 Escenario de recogida actual

En la tabla siguiente, se muestra el resumen del consumo total de la instalación mes a mes.

CONSUMO ENERGÉTICO (kWh)	TOTAL ANUAL	VIDA ÚTIL (30 AÑOS)
FASE A	204523	6135690
FASE B	312792	9383760
TOTAL	517315	15519450

65. Inventario del consumo energético del escenario de recogida actual

Actualmente, la instalación no opera de una forma óptima ya que no está trabajando a la capacidad nominal para la que fue diseñada. Si comparamos el consumo anual total, frente a la cantidad recogida anualmente, obtenemos un consumo específico por tonelada de unos 200 kW por tonelada recogida. Sin embargo, como se ha podido confirmar de diversas fuentes, el consumo específico de una instalación totalmente optimizada debe estar sobre los 50 kW por

tonelada recogida. Por todo ello, es conveniente analizar el sistema operando en condiciones totalmente óptimas.

2.3.1.2 Escenario de recogida de capacidad máxima

Como se ha comentado se va a analizar el sistema cuando recoge la cantidad de basura de las fracciones sometidas a estudio que se preveía según proyecto iba a generar la actuación urbanística de Valdespartera.

Como es obvio, es imposible conocer el consumo que se va a producir en un futuro con la instalación funcionando a pleno rendimiento. Además, se va a suponer que el sistema cuenta con un algoritmo de recogida totalmente optimizado, además de variadores de frecuencia para ajustar la potencia requerida de los motores trifásicos en cada momento para realizar el transporte. El consumo específico que se va a aplicar es de 50 kW por tonelada recogida.

En la tabla siguiente se muestra el consumo total anual con la instalación totalmente optimizada.

CONSUMO ENERGÉTICO (kWh)	ANUAL	962326,569
	VIDA ÚTIL (30 AÑOS)	28869797,1

66. Inventario del consume energético del escenario de recogida de capacidad máxima

2.3.2 Transporte de los RSU

Cuando los residuos llegan por las tuberías subterráneas desde cada uno de los buzones hasta la central de recogida, estos son compactados e introducidos en un contenedor. Este contenedor debe ser transportado desde la central de recogida hasta el Complejo para Tratamiento de Residuos Urbanos de Zaragoza, ubicado en el Polígono denominado Parque Tecnológico de Reciclaje (PTR).

Para el cálculo de la distancia desde la central de recogida situada en la Calle de Centauros del Desierto en el barrio de Valdespartera hasta Complejo para Tratamiento de Residuos Urbanos de Zaragoza, ubicado en el Polígono denominado Parque Tecnológico de Reciclaje (PTR) en la Calle del Azufre, se ha utilizado Google Maps. En la siguiente imagen, se muestra dicho recorrido que consta de 19,8 km.



67. Recorrido desde la central de recogida al lugar de valoración.

Todas las cantidades de basura que deben ser transportadas para ambos escenarios de recogida, ya se han detallado en el apartado de ESCENARIOS DE RECOGIDA DE RSU.

Para el transporte se usa camión con las siguientes características:

- MMA camión: 32 Tm
- TARA camión: 16 Tm

Para el cálculo del impacto ambiental debido al transporte de los residuos por carretera, se necesita cuantificar el producto de toneladas y kilómetros recorridos para introducirlo en la herramienta informática y utilizar alguna de sus bases de datos de impactos. Para ello, se necesita saber la masa de cada una de las fracciones que puede ser introducida en el contenedor descrito anteriormente, la masa del propio contenedor. A continuación, se muestran estos datos que han sido proporcionados por ECOCIUDAD VALDESPARTERA S.A:

- Peso del contenedor: 4650 kg.
- Peso de la fracción de materia orgánica: 12000 kg.
- Peso de la fracción de envases: 5000 kg.

2.3.2.1 Escenario de recogida actual

Sabiendo la cantidad de basura que se recoge actualmente y la distancia que se debe transportar que es la del recorrido obtenido anteriormente, se puede calcular el inventario del transporte.

	MENSUAL	AÑO	VIDA ÚTIL (30 AÑOS)
Recogida de envases (kg)	33100	397200	11916000
Recogida de materia orgánica (kg)	181500	2178000	65340000
Recogida de papel-Cartón (kg)	33560	402720	12081600
Recogida de vidrio (kg)	14060	168720	5061600
Recogida total de RSU (kg)	262220	3146640	94399200

68. RSU recogidos en Valdespartera actualmente y previsiones a 30 años

A continuación, se muestra el resultado del inventario del transporte de los residuos hasta el lugar de valoración.

IMPACTO TRANSPORTE RSU	VIDA ÚTIL (30 AÑOS)
Envases (t*km)	235936,8
Materia orgánica (t*km)	1293732
	1529668,8

69. Inventario del transporte de residuos. Escenario de recogida actual

2.3.2.2 Escenario de recogida de capacidad máxima

Para el escenario de recogida para el que fue diseñado el sistema, se obtienen los resultados que se muestran a continuación.

IMPACTO TRANSPORTE RSU	VIDA ÚTIL (30 AÑOS)
Envases (t*km)	1763344,603
Materia orgánica (t*km)	9669095,031
	11432439,63

70. Inventario del transporte de residuos. Escenario de recogida de capacidad máxima

SECCIÓN II: INVENTARIO DEL SISTEMA CONTENERIZADO DE RECOGIDA DE RSU DE VALDESPARTERA

1 SISTEMA A ESTUDIAR

Como se comentó anteriormente, es necesario implantar una recogida de RSU por contenedores hipotética, en el barrio de Valdespartera para poderlo comparar con el sistema existente actualmente. Debido a las características urbanísticas del barrio de Valdespartera, con largas y amplias avenidas con bloques de viviendas compactos, el sistema más eficiente para ser implantado en este barrio, es la recogida selectiva en áreas de aportación de contenedores de gran volumen, realizando la recogida de estos con vehículos de carga lateral de gran tonelaje.

1.1 RECOGIDA SELECTIVA EN ÁREAS DE APORTACIÓN

Este es el modelo usado para el servicio de recogida de la gran mayoría de la población de Zaragoza. Este modelo se basa en disponer varios contenedores en un mismo punto de aportación, uno para cada una de las fracciones reciclables solicitadas y, en ocasiones, uno o más de uno para la fracción resto.

Los contenedores se diferencian según las fracciones que son recogidas en cada uno de ellos por su color. El contenedor amarillo está destinado al depósito de envases de plástico, latas y envases tipo brick; el contenedor azul donde se depositan los envases de cartón y el papel; el contenedor de color verde destinado a la recogida de vidrio; y por último el contenedor destinado a la fracción de materia orgánica y los restos que es de color verde.

Estas áreas de aportación están alejadas de la mayoría de los ciudadanos, por lo que éstos deben desplazarse para depositar sus residuos que habrán teóricamente clasificado previamente en su casa. La previsión es de un contenedor por cada 500 habitantes en zonas urbanas, de acuerdo con el Plan Nacional de Residuos. Debido al gran tamaño de los contenedores, la recogida de estos se realiza de una forma más esporádica que en otros casos.

Este tipo de recogida implica, por un lado, una capacidad de almacenaje suficiente por parte del ciudadano, con finalidad de conservar los residuos clasificados en su domicilio hasta su próximo desplazamiento al área de aportación.

Debido al número y tamaño (en términos de capacidad) de los contenedores, se ubican en plazas o lugares espaciosos, al objeto de que los vehículos puedan realizar la recogida de los mismos con facilidad. Por todo ello, estas áreas de aportación están íntimamente ligadas a los lugares de uso habitual o de frecuente paso a los que los ciudadanos van por necesidad, como los supermercados, colegios, etc. De cara al éxito del sistema, actualmente se busca colocar estas áreas de aportación de tal manera que el cualquier ciudadano se tenga que desplazar una distancia media de 50 metros para depositar la basura.

Incluso se trabaja con los SIG (Sistemas de Información Geográfica) para buscar la ubicación óptima de los nuevos contenedores (o reubicar los existentes), dependiendo del tipo de material a recoger, la cantidad de aportación esperada, características (tráfico, edificabilidad,...) y disposición de las calles en los núcleos de población, las rutas existentes, etc., de modo que al final se consiga optimizar la participación de los usuarios y la economía y sostenibilidad del sistema.

1.1.1 Contenedores

Actualmente existen en el mercado una gran variedad de contenedores que son utilizados por las Entidades Locales y Unidades de Gestión en la recogida selectiva de los materiales reciclables secos. Atendiendo a diferentes aspectos los contenedores inicialmente pueden ser:

- Fijos (sin ruedas) o móviles (con 2 o 4 ruedas, dependiendo de la capacidad del contenedor).
- Dependiendo de la forma del contenedor y del tipo de carga: de carga superior o iglú (con forma de campana, rectangular,...), de carga lateral y de carga trasera (ya sea de tapa abierta o de tapa cerrada)
- Dependiendo de la ubicación de los contenedores pueden ser de superficie o soterrados.

Existen muchos tipos de contenedores en el mercado, todos ellos sujetos a la Norma Europea EN 840.

El sistema de recogida contenerizado de RSU planteado en el barrio de Valdespartera, utiliza contenedores de de gran capacidad con tapa que se cierra automáticamente tras el vertido

de los residuos. La diferencia con los contenedores de tapa abierta es que este tipo de contenedores disponen de un cierre que va a evitar la que la puerta se quede abierta al introducir los RSU y evitar así la proliferación de roedores y malos olores a gran distancia.

Para la implantación del hipotético sistema de recogida de basuras contenerizado en Valdespartera, se utilizan los contenedores de mayor tamaño usados en Zaragoza. Son contenedores móviles con 2 ruedas de carga lateral situados en superficie, generalmente en la acera.

Son contenedores de 3200 litros fabricados en plástico por el sistema de inyección, siendo bastante robustos y resistentes. Para su fabricación se usa polietileno de alta densidad (PEAD) y otros materiales en pequeñas proporciones como, los elementos metálicos que son fabricados en acero inoxidable. Disponibles en amplia gama de colores dependiendo de la fracción que se desee recoger.

1.1.2 VEHÍCULOS DE RECOGIDA

Existen una gran variedad de vehículos de recogida en el mercado, que son utilizados para realizar la recogida de las fracciones de vidrio, envases ligeros y papel – cartón. La elección del tipo de vehículo viene condicionada fundamentalmente por los siguientes factores:

- Tipo de contenedor utilizado en la recogida.
- Cantidad y características del material a recoger.
- Características físicas, geográficas,..., del municipio.

Respecto a esto último, las calles estrechas y sinuosas de los cascos históricos impiden el paso de vehículos de grandes dimensiones condicionando la recogida de los residuos al uso de vehículos de pequeñas dimensiones.

Para la recogida selectiva de envases en acera, los vehículos más utilizados son recolectores compactadores, ya sea con un único compartimento o con dos. Sin embargo, los vehículos pueden ser compactadores, semicompactadores o no llevar ningún sistema de compactación, aunque por su propia definición hace que el transporte de los residuos sea totalmente ineficiente, por lo que su uso está limitado.

La utilización de los camiones recolectores sin compartimentar para el caso de la recogida selectiva de envases, permite reducir la inversión para la puesta en marcha de este servicio, especialmente, cuando se utiliza la flota ya existente para la recogida tradicional de la basura doméstica. Los camiones recolectores con dos compartimentos, permiten la recogida

simultánea de dos fracciones sin mezclarlas y su uso estaría indicado, especialmente, en aquellas zonas rurales o con baja densidad de población.

De manera general, la carga de los diferentes camiones, sean mono o bicompartimentado, puede hacerse de manera manual o mecánica y, además, por la parte superior, lateral o trasera. En el caso de los camiones bicompartimentados, es importante que los dos compartimentos estén dimensionados sobre la base de los volúmenes de las diferentes fracciones de residuos a recoger. Otra posibilidad, es recurrir a los tabiques móviles que permiten adaptarse a diferentes situaciones.

1.1.2.1 Camiones de recogida bicompartimentados de carga trasera

Los camiones recolectores compactadores bicompartimentados que se comercializan hoy en día en España, se dividen en dos grupos en función de cómo se plantee la partición interior de la caja, la cual puede ser perpendicular al plano de la calzada o paralela al mismo. Los cubos utilizados están adaptados al vehículo de recogida.

1.1.2.1.1 Caja compactadora partida por un plano paralelo a la calzada

Los equipos cuya caja ha sido partida por un plano paralelo al de la calzada se caracterizan por:

- Capacidad: 17 m³, 20 m³ y 22 m³.
- Distribución de la capacidad de la caja en los dos compartimentos: 50% - 50%, 60% - 40% y 70% - 30%.
- Sistema de elevación de contenedores: permite cargar en ambos compartimentos contenedores de 2 y 4 ruedas. El elevador de contenedores está integrado por dos carros que pueden operar de forma simultánea o independiente. La actuación simultánea permite el vaciado de los recipientes de 4 ruedas y de dos contenedores de 2 ruedas cuya carga vaya a ser depositada en el mismo compartimiento. La operación independiente de cada uno de los carros permite vaciar de forma simultánea contenedores de 2 ruedas en compartimientos distintos.

Existe además, la posibilidad de adquirir estos equipos con 2 opciones distintas:

- Elevador automático. Este sistema identifica el contenido de los contenedores en base a una etiqueta adherida a los mismos, y automáticamente varía el recipiente en el compartimento correspondiente sin que el operario deba realizar la selección.
- Elevador para contenedores con tabique de separación. Estos contenedores de momento no son muy usuales en España. Éstos se caracterizan por tener un tabique de separación que permite depositar de forma diferenciada 2 fracciones de los

residuos. El camión con estas características, permitiría el vaciado de cada una de las fracciones al compartimento correspondiente.

Los compartimentos de los camiones recolectores bicompartimentados, disponen de sistemas de compactación independientes. Los mismos no están constituidos por el tradicional sistema de trineo-pala, sino que la compactación se produce por una placa que gira sobre un eje perpendicular al plano de la calzada. Cada compartimento dispone de su propia placa de expulsión, siendo común la compuerta trasera.

1.1.2.1.2 Caja compactadora partida por un plano paralelo a la calzada

En lo referente a los camiones recolectores compartimentados cuya caja ha sido partida en un plano perpendicular al de la calzada, la definición más clara que puede realizarse de los mismos es que son dos recolectores en uno, dado que todos los elementos más significativos de un camión recolector compactador tradicional están duplicados. Algunas de las características más relevantes de estos equipos son:

- Capacidad: dependiendo del fabricante suele oscilar entre 14 y 23 m^3 .
- Distribución de la capacidad de la caja en los dos compartimentos: normalmente es 70%-30%.
- Sistema de elevación de los contenedores: constituido por dos elevadores independientes que permiten vaciar en el compartimento de menor capacidad contenedores de 80 a 360 litros y en el de mayor capacidad toda la gama de recipientes hasta 1,1 m^3 .
- Cada compartimento dispone de su propio sistema de compactación constituido por el tradicional trineo-pala y de su propia placa eyectora. En cuanto al sistema de descarga de los residuos, o bien, el equipo dispone de dos compuertas traseras independientes, o bien, existe una única compuerta, evitándose el derrame de alguna cantidad de residuos del compartimento de menor capacidad mientras se está descargando el otro, por medio de una tapadera o guillotina con retención hidráulica, que no actúa cuando se desea descargar ese compartimento del recolector.

1.1.2.2 *Camiones de recogida de carga lateral*

También existen en España, los camiones recolectores compactadores de carga lateral, que sólo precisa de un único operario para desarrollar todas las operaciones, tanto las de carga y descarga de los contenedores, que se realizan por medio de un mecanismo elevacontenedores controlado desde la cabina, como las propias de conducción del vehículo. La capacidad de los

contenedores que habitualmente se recogen mediante este sistema oscila entre los 1.100 litros y los 3.200 litros, siendo los más frecuentes los de 2.400 y 3.200 litros de capacidad.

Para realizar la recogida, el vehículo se coloca paralelamente al contenedor y unos sensores ópticos detectan su posición y distancia al vehículo, tras lo cual, se eleva el contenedor y descarga el material.

Como apoyo a la recogida lateral, se suelen emplear unos vehículos satélite para retirar los residuos que no hayan sido depositados por los ciudadanos dentro de los contenedores, y que desde el vehículo de carga lateral no pueden recogerse.

1.1.2.3 Camiones para la recogida de la fracción de vidrio o carga superior

Para la recogida en área de aportación, habitualmente se emplean camiones de apertura superior dotados de grúa pluma (carga superior), dado que los recipientes a recoger suelen ser de tipo iglú o de características similares (ej. Contenedores soterrados). Estos recipientes disponen generalmente de dos ganchos, uno de los cuales, permite su elevación mientras que el otro realiza la apertura de la compuerta inferior y permite el vaciado del recipiente. Estos vehículos suelen construirse con una caja especialmente elevada, dada la escasa densidad de productos como son los envases. La capacidad de la caja compactadora oscila habitualmente entre 17 y 23 m³.

Es importante destacar, que la densidad del material en el interior de la caja compactadora, no depende tanto de la capacidad de prensado, como de los requerimientos de las instalaciones de clasificación, para evitar que el material esté apelmazado en exceso. Esta densidad también depende en gran medida de la calidad del material.

1.2 EL LAVADO DE CONTENEDORES

Independientemente del método de recogida empleado, lateral o trasera, tamaño y tipo de contenedores empleados, etc., el servicio de recogida de residuos debe complementarse con otro de lavado de contenedores que garantice la aplicación de tratamientos de limpieza programados y periódicos, de tal modo que el contenedor ubicado en la vía pública no sea un foco de suciedad y malos olores, lo cual incumpliría el principio de calidad de vida del usuario.

El mantener un estado de limpieza adecuado de los contenedores, es importante para mantener unas condiciones higiénicas sanitarias óptimas, además de para mantener la estética del servicio de recogida.

Independientemente del sistema empleado, la frecuencia de lavado debe regularse en función del grado de suciedad de los contenedores, clima, nivel de limpieza exigido por el entorno, colaboración ciudadana y nivel de inversión posible. Los programas de lavado son ideados estudiando cada municipio en concreto, analizando sus características particulares de horas de sol, para garantizar que el parque de contenedores se encuentre siempre en perfectas condiciones, tanto desde el punto de vista puramente estético, como desde el higiénico.

De forma general, como intervalo medio se puede considerar cada 15 días para lavados interiores con lavacontenedores, 30 para el exterior con el mismo vehículo, 60 para limpiezas con equipos autónomos y 350 para lavados intensivos en túneles.

El lavado de los contenedores debe ser interior y exterior, por ello a continuación se analizan por separado.

1.2.1 Lavado interior in situ

1.2.1.1 *Equipo de lavado interior*

Para el lavado in situ de los contenedores, se utiliza un vehículo lavacontenedores. El vehículo lavacontenedores es un equipo que por medio de un elevador, recoge de la vía pública el contenedor vacío y lo sitúa en una cámara de lavado y los pone al alcance de la acción de agua a presión y a alta temperatura, que produce el arranque de los residuos y el lavado de los contenedores.

El lavacontenedores es un equipo autónomo, ya que dispone de depósito de agua limpia, cámara de lavado, mecanismo de elevación, tolva para la recogida de los residuos procedentes de la propia operación y sistema de bombeo para las aguas utilizadas desde la tolva de residuos hasta el depósito del agua sucia.

Los lavacontenedores están compuestos de dos elementos diferenciados. Estos son: chasis cabina y equipo de lavado.

- Chasis cabina: en líneas generales, las características son similares a las de los compactadores.
- Equipo de lavado: el equipo de lavado consta de los siguientes elementos:
 - o *Cuba o cisterna*: normalmente lleva tres cubas ó bien una cuba con tres compartimentos, dos de agua limpia y una de agua sucia. Su capacidad oscila entre 4000 y 7000 litros de agua, dependiendo si utilizamos agua fría o caliente así como las necesidades de lavado.

- o *Sistema de lavado*: Básicamente se hace con agua a presión. Normalmente llevan dos cabezales fijos giratorios o uno rotativo robotizado de forma que son polivalentes para cubos y contenedores, los cuales en un espacio corto de tiempo (10 a 20 segundos), cubren un ciclo completo de lavado. Los cabezales fijos giratorios aplican un chorro pulverizado de agua por doquier, es un sistema sencillo y rápido, mientras que el cabezal robotizado se desplaza a través de una secuencia programada de movimientos por el interior del contenedor, siendo un sistema más lento y algo menos eficaz para suciedad persistente.

Existen equipos que cuentan con un equipo de depuración del agua para su el reciclado, en cambio los depósitos son de inferior capacidad. El material de construcción es similar a los equipos de baldeo a media presión.

Esto equipos también pueden realizar un lavado exterior, pero encontrando dificultad para la suciedad más persistente. El grado de limpieza se incrementa realizando lavados interior – exterior de forma secuencial, pero el rendimiento del servicio se reduce al tardar más tiempo por contenedor.

Las características técnicas generales del lavado son:

Lavado interior contenedores	Agua fría	Agua caliente
CAUDAL (l/min)	100-150	40-80
PRESION (kg/cm ²)	100-200	100-150
TEMPERATURA (°C)	Ambiente	70-90

71. *Tabla de características técnicas del lavado interior de contenedores [39]*

- Recepción de residuos: Los lavacontenedores llevan un depósito de 1000 litros aproximadamente, donde quedan depositados los R.S.U que tienen los contenedores.
- Accesorios: Suelen llevar un depósito con desinfectante que se mezcla con el agua de lavado. También pueden llevar una lanza para el lavado puntual de contenedores.

1.2.1.2 Organización del servicio

El lavado interior se suele hacer entre 1 vez / semana y 1 vez / mes. La forma más eficaz de desarrollar este servicio es organizar un tándem entre vehículo recolector de residuos y lavacontenedores. De este modo, el lavacontenedores sigue al vehículo de recogida de residuos efectuando su cometido inmediatamente después de su vaciado, con lo que se evitan que puedan

depositarse nuevos residuos que impedirían la operación. Este sistema exige que la duración de la operación quede limitada a un tiempo máximo para no perder al vehículo recolector.

Por otro lado, a costa de limpiar menos contenedores, pero aumentando los tiempos destinados al ciclo de lavado, puede realizarse de forma independiente, o sea, con circuitos independientes del camión de recogida. Para el caso de estudio de la recogida lateral, es posible limpiar 120 – 160 contenedores en el primer caso y, 100 – 150 en el segundo.

1.2.2 Lavado exterior in situ

Para el lavado exterior, lo más adecuado son equipos pequeños y compactos, ya que aunque el vehículo lavacontenedores disponga de la capacidad de limpieza exterior, la calidad del servicio para ciertas zonas es de baja calidad. Al igual que en el caso anterior, a continuación analizaremos los equipos de limpieza:

1.2.2.1 *Equipo de lavado exterior*

Los lavacontenedores están compuestos de dos elementos. Estos son: chasis cabina y equipo de lavado.

- Chasis cabina: lo más práctico, es utilizar furgonetas de 3500 Kg de PMA, en cuyo interior puede ir todo el equipo de lavado. La característica principal es que han de ser resistentes y ligeros y han de permitir la toma de fuerza para mover el equipo de presión.
- Equipo de lavado: el equipo de lavado consta de los siguientes elementos:
 - o *Depósito*: debe tener una capacidad de 1000 litros aproximadamente y ha de ser ligero de peso. El agua del lavado no se recupera.
 - o *Sistema de lavado*: Básicamente se hace con agua a presión. El equipo lleva una bomba de presión que es movida por el motor del vehículo, ya sea hidráulica o eléctricamente.

Las características técnicas generales son:

Lavado exterior contenedores	Agua fría o caliente
CAUDAL (l/min)	15-20
PRESION	150-250

72. *Tabla de características técnicas del lavado exterior de contenedores [39]*

El equipo, mediante una lanza, proyecta el agua a presión sobre los contenedores y ayudado por cepillos y productos químicos, ofrecen un alto grado de limpieza. El equipo de

trabajo destinado a este servicio especial, además de la limpieza de contenedores, es encargado de la limpieza de papeleras, pintadas, retirada de carteles, etc. La calidad final es muy superior al sistema anterior pero, por el contrario, su rendimiento es menor y la limpieza se realiza en el mismo acerado, pudiendo suponer alguna molestia para los viandantes, vehículos aparcados, etc.

1.2.2.2 Organización del servicio

La frecuencia de lavado exterior de un contenedor se suele hacer entre 1 vez / mes y 1 vez / trimestre.

Para este servicio se precisa una dotación de dos operarios y un vehículo con un PMA no superior a 3,5 Tm equipado de un depósito de agua de 1000 a 1500 litros y todos los útiles necesarios para la limpieza: grupo de presión, lanzas, detergentes, etc.

El lavado se realiza aplicando, por un lado, detergentes y, después, agua caliente a presión, con o sin la ayuda de cepillos, según el caso, para eliminar la suciedad, retirar pegatinas, carteles, etc. Al realizarlo de forma manual, el resultado final, será óptimo, pero apenas se podrán lavar entre 55 y 75 contenedores por cada servicio para el caso de estudio de los contenedores de recogida lateral.

1.2.3 Lavado intensivo de contenedores ex situ

Como plus de calidad en el servicio de recogida de materiales, algunas ciudades disponen de una instalación fija de lavado de contenedores.

Consiste en instalar en algún parque de limpieza un túnel de lavado de contenedores muy similar al empleado para vehículos.

En el túnel se introducen los contenedores que previamente han sido retirados y sustituidos de la vía pública por otros limpios y en perfecto estado y, se someten a un lavado mediante frotamiento con cepillos mecánicos y uso de diferentes detergentes, decapantes, desinfectantes. Antes de proceder a su lavado en el túnel, se comprueba el estado del contenedor y, en caso de presentar desperfectos, se pasa a la zona de mantenimiento para su reparación.

- 1- Entrada en el túnel mediante cinta de arrastre con tapa abierta. Rociado de detergente decapante en el exterior.
- 2- Cepillado interior, cepillado de contornos superiores y de tapadera
- 3- Rociado de detergente decapante. Lavado interior.
- 4- Aplicación de detergente odorizado. Cepillado exterior y aclarado final.



73. Esquema del túnel de lavado de contenedores [40]

En caso de suciedad persistente, un operario puede reforzar el tratamiento a la entrada o salida del túnel.

La capacidad teórica de lavado de estas instalaciones es de unas 24 unidades / hora, pero las operaciones de acercamiento, eliminación de restos sólidos, retirada y supervisión de contenedores, etc., reducen considerablemente el número de unidades lavadas.

Estos equipos de lavado permiten aumentar la calidad del servicio de limpieza de contenedores, mejorar la percepción que los ciudadanos tienen del estado de estos recipientes y reducir la contaminación acústica en la calle de los camiones lavacontenedores al uso. Sin embargo, entre sus debilidades cabe citar la necesidad de disponer de un número de contenedores en “stock” que permita la sustitución inmediata de los contenedores sucios por otros ya limpios; y los mayores costes de mantenimiento asociados al consumo de agua, electricidad, detergentes, cepillos,..., en relación con el lavado en vehículos recolectores, además de el gasto en transporte desde su ubicación hasta el centro de lavado.

1.3 PLANTA O ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA

Las estaciones de transferencia son unas instalaciones en las que se descargan y almacenan los residuos para posteriormente transportarlos a otro lugar para su valoración o eliminación, con o sin agrupamiento previo.

Estas plantas intermedias se suele establecer en zonas donde por dificultades de acceso e infraestructura los grandes camiones de recogida no pueden llegar, o cuando las instalaciones de selección, recuperación o eliminación están lejos de la zona de recogida de tal manera que

los vehículos de recogida tendrían que hacer grandes desplazamientos. En estas instalaciones se traspasaría la carga de los camiones recolectores a camiones de mayor capacidad de transporte para hacer más eficiente el transporte a la planta de recuperación, tratamiento o eliminación. Los residuos son previamente compactados en grandes contenedores de 35 o 40 m^3 , consiguiendo densidades superiores a $1Tm / m^3$.

Para garantizar su eficacia, y reducir los costes de transporte, se instalan en el centro geográfico de los municipios que van a depender de ellas, y en un enclave que posea buenos accesos de comunicación con el resto de localidades de la zona. Por lo general, este tipo de plantas interesa desde el punto de vista económico, cuando los vehículos de recogida tienen que recorrer más de 40 km hasta la instalación de recuperación o eliminación. Sin embargo, en el caso del sistema contenerizado hipotético de Eco-ciudad Valdespartera, los vehículos recolectores deberían desplazarse únicamente unos 20 km tras realizar el itinerario de recogida correspondiente hasta la planta de tratamiento de residuos, por lo que en este caso se prescinde de la instalación de transferencia.

2 INVENTARIO

2.1 PRODUCCIÓN

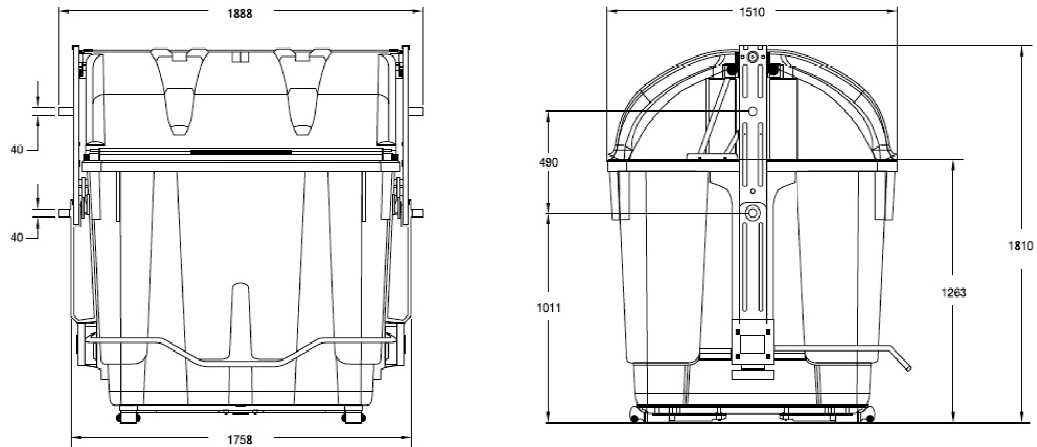
2.1.1 Contenedores

Los contenedores de la ciudad de Zaragoza son fabricados por Contenur en Madrid. Contenur dispone de una amplia gama de contenedores para todos los usos y de todos los colores para recoger las distintas fracciones de RSU.



74. Área de aportación de contenedores en el barrio zaragozano del Picarral [Elaboración propia]

Los contenedores usados en Zaragoza, son contenedores de carga lateral de 3200 m³ fabricados en polietileno de alta densidad. Contener mantiene en el proceso de diseño y producción de sus contenedores, los procedimientos basados en la norma UNE EN ISO 9001; además, el sistema de gestión medioambiental cuenta con la certificación UNE EN ISO 14001 para el aseguramiento de la calidad. En la figura siguiente, se muestra un esquema y una tabla con características y dimensiones técnicas.



DIMENSIONES TÉCNICAS

DENOMINACIÓN	CCL-3200	CARGA NOMINAL	1280 kg
CAPACIDAD	3200 litros	DIMENSIONES	1888 x 1510 x 1810 mm
PESO	180 kg	ALTURA DE CARGA	1260 mm

75. Dimensiones técnicas y croquis del contenedor de 3200 l de Contenur [42]

A continuación, se describen algunas de las características técnicas más significativas:

- El cuerpo y la tapa son fabricados mediante el sistema de inyección con polietileno de alta densidad coloreado en masa y estabilizado frente a la acción combinada del agua y los rayos U.V.
- El polietileno de alta densidad proporciona al producto una fuerte resistencia a los agentes atmosféricos y una gran estabilidad frente a los cambios de temperatura.
- En su fabricación se utilizan materiales reciclables.
- Los pigmentos utilizados no contienen materiales pesados.
- Colores estables y resistencia total frente a la corrosión.
- Elementos metálicos fabricados en acero inoxidable. Se supone que 10 kg del peso total corresponden a este material.
- Bocas de carga con dimensiones y características especialmente estudiadas para cada aplicación que permiten una fácil utilización.
- Posibilidad de equiparlo con diferentes accesorios para ofrecer soluciones concretas a cada necesidad tales como: pedal de apertura de tapa, amortiguador, bandas reflectantes, chip electrónico y sobretapa.
- Se pueden personalizar en el cuerpo mediante termoimpresión con una dimensión máxima de 400 x 385 mm.

- Se puede personalizar la tapa mediante serigrafía con una dimensión máxima de 280 x 220 mm.
- Disponible en una amplia gama de colores.
- Certificado de homologación de producto GS emitido por TÜV Product Service GmbH según normativa europea EN 12574.
- Marca CE con indicación de nivel sonora de acuerdo con la directiva 200/14/CE del Parlamento Europeo.91 db

Los materiales y procesos a tener en cuenta en el inventario son los siguientes:

Contenedores	Cada contenedor
Polietileno de alta densidad (kg)	170
Inyección de plásticos (kg)	170
Acero inoxidable (kg)	10

76. Tabla del inventario de producción de un contenedor

Para el realizar el inventario de los contenedores, es necesario tener en cuenta el porcentaje de reposición anual por rotura, vandalismo o cualquier otro inconveniente. Se va a diferenciar los dos escenarios de recogida de RSU tenidos en cuenta, ya que la dotación de contenedores para cada una de ellas es distinta.

Para conocer el número total de contenedores necesarios para este sistema para una vida útil del sistema de 30 años, se tiene en cuenta que la vida útil de cada uno de los contenedores es de 10 años y que el porcentaje de reposición como se mostro anteriormente, es del 5% y 15 % anual para los contenedores de envases y materia orgánica + Restos respectivamente. La dotación total de contenedores en la vida útil se calcula como sigue a continuación:

$$\begin{aligned}
 N^{\circ} \text{ Contenedores}_{total} &= N^{\circ} \text{ Contenedores} \cdot \frac{\text{Vida útil}_{sistema}}{\text{Vida útil}_{Contenedor}} + \text{Vida útil}_{sistema} \\
 &\cdot N^{\circ} \text{ Contenedores}_{reposición}
 \end{aligned}$$

El N° Contenedores es el calculado anteriormente, que representa dotación total de contenedores para los dos escenarios de recogida.

El $N^{\circ} \text{ Contenedores}_{reposición}$ anual se calcula como sigue a continuación:

$$\begin{aligned}
 N^{\circ} \text{ Contenedores}_{reposición} &= \text{Contenedores}_{envases} \cdot 0,05 + \text{Contenedores}_{materia\ orgánica} \cdot 0,15
 \end{aligned}$$

2.1.1.1 Escenario de recogida actual

Teniendo en cuenta lo anterior, el número total de contenedores necesarios para la operación del sistema contenerizado según el escenario de recogida actual es de 291. A continuación se muestra el inventario de la producción de los contenedores según este escenario de recogida.

Contenedores	Dotación total
Polietileno de alta densidad (kg)	97920
Inyección de plásticos (kg)	97920
Acero inoxidable (kg)	5760

77. Tabla del inventario de producción de la dotación de contenedores para el escenario de recogida actual

2.1.1.2 Escenario de recogida de capacidad máxima

Siguiendo el procedimiento de cálculo desarrollado anteriormente, se obtiene que se requieran 2073 contenedores para toda la vida útil del sistema. El inventario para el escenario de capacidad máxima del barrio de Valdespartera es mostrado a continuación.

Contenedores	Dotación total
Polietileno de alta densidad (kg)	352410
Inyección de plásticos (kg)	352410
Acero inoxidable (kg)	20730

78. Tabla del inventario de producción de la dotación de contenedores para el escenario de recogida de capacidad máxima

2.1.2 Vehículo recolector

Los chasis de los vehículos recolectores usados por FCC para la recogida de residuos son de varios fabricantes. Para simplificar el estudio, se va a suponer que todos los vehículos recolectores son montados sobre un chasis del fabricante Iveco, que forma parte del Grupo Fiat Industrial S.p.A. La fábrica de Iveco en España se encuentra situada en Madrid.

Una vez adquiridos los vehículos son transportados desde el lugar de fabricación, en este caso Madrid, hasta un carrocerero en Zaragoza para la instalación de la caja compactadora y todos los sistemas auxiliares que necesita un camión recolector de RSU para su correcto funcionamiento.

Para simplificar el análisis del inventario, y dada la escasez de datos al respecto, se ha simplificado la caja compactadora. Se ha supuesto que el peso unitario es de 5000 kg todo realizado de acero.

El cálculo del inventario de los vehículos recolectores necesarios, se calcula internamente en el software SimaPro introduciendo el dato de $t \cdot km$ a transportar los residuos durante toda la vida útil para cada uno de los escenarios de recogida.

2.1.3 Vehículo lavador

No se dispone de información concreta del vehículo lavador usado en el municipio de Zaragoza. Por tanto se han consultado varios fabricantes y se ha seleccionado para realizar el inventario el vehículo lavacontenedores de Schmidt Ibérica.

El vehículo seleccionado está constituido básicamente de los siguientes componentes:

- Cisternas de agua limpia y sucia de 7000 litros cada una. La cisterna de agua sucia o reciclada es de forma cilíndrica, tiene una compuerta posterior de apertura manual, un indicador de nivel de llenado, una válvula de seguridad de llenado y presión, un sistema automático de trasvase, una boca de hombre paso con válvula y un sistema manual de carga / descarga. La cisterna de agua limpia, de estructura cuadrangular reforzada, construida en torno a la cisterna cilíndrica para agua reciclada, de este modo el trasvase de agua entre las cisternas es muy rápido tras el ciclo de lavado del contenedor, sin variar el baricentro del vehículo en relación a sus ejes longitudinal y transversal.
- La cámara de lavado realizada en acero inoxidable y dotada de 2 boquillas rotativas para el lavado del contenedor.
- Motor auxiliar de 3 tiempos HATZ 4M40 insonorizado tipo “Silent Pack” dotado de bomba de alta presión, (± 100 litros a 150/170 bares de presión) para el lavado interno del contenedor, bomba hidráulica de servicio, bomba de vacío de $540 \frac{m^3}{h}$ con refrigeración por aire para el motor hidráulico, y filtro de aceite, combustible y válvula de sifón.
- La limpieza externa del contenedor se realiza a través de la rotación de cepillos que se mueven hidráulicamente. A su vez un sistema automático especial de las boquillas, limpia a presión, a intervalos de tiempo, con o sin detergente durante las fases de lavado y enjuague.
- Mientras el equipo lavacontenedores está conectado eléctricamente con el vehículo se seleccionará automáticamente el programa de lavado que verificará el

procedimiento entero de la fase de lavado y la fase de enganche y desenganche del contenedor.

- Certificado CE.

Este equipo puede ser montado y desmontado de forma sencilla, ofreciendo la posibilidad de utilizar el mismo chasis para realizar lavado y recogida.



79. Vehículo lavacontenedores del fabricante Schmidt [44]

Analizar de forma pormenorizada el inventario de un sistema como el descrito anteriormente puede ser una tarea que requiera mucho tiempo de trabajo para no obtener variaciones apreciables en las conclusiones finales del estudio. Por tanto, se va realizar una simplificación del sistema que se va a separar en los dos subsistemas siguientes:

- Chasis de un camión de transporte con una TARA de 10000 kg.
- Equipo de lavado construido mediante 3000 kg de acero inoxidable.

A continuación, se muestran el inventario del vehículo lavador para cada uno de los escenarios de recogida.

En el caso de este vehículo, solo se requiere un único vehículo lavador para proporcionar un servicio de calidad, ya que la limpieza de contenedores se realiza 1 vez al mes. Sin embargo, su vida útil es de 10 años, en cambio la vida útil de estudio del sistema contenerizado es de 30 años, por tanto harán falta 3 vehículos independientemente del escenario de recogida.

2.1.3.1 Escenario de recogida actual

Agua necesaria para el lavado de toda la dotación de contenedores: 4170 litros. Por tanto, en este primer escenario solo es necesario un itinerario de lavado para completar el lavado de toda la dotación, ya que el vehículo dispone de una cisterna de 7000 litros.

Vehículo lavacontenedores	Unidades	Masa x unidad (kg)	Inventario
Chasis del vehículo (ud)	3	10000	3
Acero equipo de lavado (kg)	3	3000	9000

80. Tabla de inventario de producción de la dotación de vehículos lavacontenedores para el escenario de recogida actual

2.1.3.2 Escenario de recogida de capacidad máxima

Agua necesaria para el lavado de toda la dotación de contenedores: 15460 litros.

En cambio, para este segundo escenario, son necesarios tres itinerarios de lavado para completar el lavado de toda la dotación, ya que el vehículo dispone de una cisterna de 7000 litros.

Vehículo lavacontenedores	Unidades	Masa x unidad (kg)	Inventario
Chasis del vehículos (ud)	3	10000	3
Acero equipo de lavado (kg)	3	3000	9000

81. Tabla de inventario de producción de la dotación de vehículos lavacontenedores para el escenario de recogida de capacidad máxima.

2.2 TRANSPORTE

En el inventario del transporte, se tiene en cuenta todos los impactos involucrados en el transporte de cada uno de los elementos del sistema contenerizado desde el lugar de fabricación hasta el lugar de implantación, Eco-ciudad Valdespartera situado al sur de Zaragoza. La distancia que cada elemento debe ser transportado se muestra a continuación:

- Contenedores: 332 km (Fabrica Contenur en Madrid → Eco-ciudad Valdespartera).
- Chasis vehículo recolector: 315 km (Fabrica Iveco en Madrid → Eco-ciudad Valdespartera).
- Chasis vehículo lavacontenedores y equipo de lavado: 237 km (Fabrica Schmidt Ibérica en Reus → Eco-ciudad Valdespartera).
- Caja compactadora: 30 km (Carrocero en provincia de Zaragoza → Eco-ciudad Valdespartera).

A continuación, se muestra el inventario de transporte para ambos escenarios de recogida.

2.2.1 Escenario de recogida actual

ESCENARIO ACTUAL	Distancia (km)	Masa (kg)	Impacto (t*km)
Contenedores	332	103680	34421,76
Vehículo recolector	315	30000	9450
Vehículo lavacontenedores	237	30000	7110
Caja compactadora	30	15000	450
Equipo de lavado	237	9000	2133
			53564,76

82. Inventario de transporte de fábrica al lugar de implantación para el escenario de recogida actual

2.2.2 Escenario de recogida de capacidad máxima

ESCENARIO DE CAPACIDAD MÁXIMA	Distancia (km)	Masa (kg)	Impacto (t*km)
Contenedores	332	373140	123882,48
Vehículo recolector	315	120000	37800
Vehículo lavacontenedores	237	30000	7110
Caja compactadora	30	60000	1800
Equipo de lavado	237	9000	2133
			172725,48

83. Inventario de transporte de fábrica al lugar de implantación para el escenario de recogida de capacidad máxima

2.3 USO

En este apartado se analizará el inventario asociado al uso del sistema de recogida contenerizado hipotético implantado en Valdespartera. El impacto ambiental asociado al uso recoge, todos los impactos relacionados con el funcionamiento u operación del sistema durante la vida útil de 30 años planteada.

Los impactos recogidos en la categoría de uso para este sistema, son principalmente la recogida y transporte de los residuos, tanto durante el itinerario de recogida como durante el transporte final al centro de recuperación de materiales. Además, también se tiene en cuenta el lavado de los contenedores mediante un vehículo lavacontenedores, que recoge el consumo de agua para lavar toda la dotación y el detergente usado; y el transporte del agua y el sistema de lavado durante el itinerario de limpieza.

2.3.1 Recogida y transporte de residuos

Para analizar el inventario de transporte, se debe calcular el número de toneladas que se deben transportar y la distancia que se deben transportar, ya que el inventario de transporte se debe cuantificar en $t \cdot km$ para su posterior análisis en SimaPro.

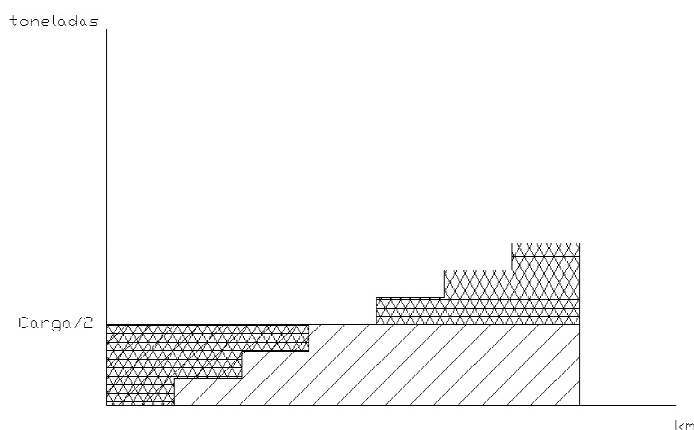
Se va a desarrollar el procedimiento de cálculo general para ambos escenarios de recogida y posteriormente, se comentarán las excepciones de cada uno de ellos y se mostrará una tabla resumen del inventario.

El transporte de los residuos se va a dividir primeramente en las dos fracciones sometidas a estudio:

- Fracción de envases.
- Fracción de materia orgánica + Restos.

Posteriormente, para simplificar el procedimiento del cálculo, se va a dividir el transporte de cada una de las fracciones, en las siguientes fases:

- Transporte de la caja compactadora: No es necesario tener en cuenta el peso de la caja compactadora en el inventario ya que, se ha usado un inventario de transporte mediante un camión de recogida de RSU de la base de datos ecoinvent y la caja compactadora está incluida en el inventario del camión.
- Transporte de los residuos durante el itinerario de recogida: En este caso, el camión va realizando la recogida de los contenedores y se va llenando, por tanto la masa transportada entre contenedores es cada vez mayor. Sin embargo, el impacto se puede contabilizar de una forma simplificada como la mitad de la masa total a recoger de una fracción concreta transportada a lo largo de todo el itinerario de recogida como se puede observar en el siguiente gráfico. El inventario del transporte, se obtiene como $t \cdot km$, por tanto viene representado como el área bajo la gráfica. Se puede observar, que las áreas sombreadas representan la misma superficie, y por tanto el impacto debido al transporte, es la mitad de la carga a transportar multiplicado por el número de kilómetros totales del itinerario de recogida.



84. Figura de la explicación de la aproximación realizada para el cálculo del transporte de los RSU [Elaboración propia]

- Transporte de los residuos final de los residuos: Es la forma de contabilizar cada uno de los viajes desde el itinerario al centro de recuperación de materiales, cuando el camión está lleno o ha terminado de recoger todos los residuos. Este impacto debe corresponder con el calculado en la recogida neumática para el transporte de los residuos desde la central de recogida al centro de recuperación de materiales.
 - o Masa: Es la masa total de los residuos.
 - o Distancia: La distancia desde el final del recorrido hasta el centro de recuperación de materiales (19,8 km).

A continuación, se muestra el resumen del inventario para cada uno de los dos escenarios de recogida con algún comentario.

2.3.1.1 Escenario de recogida actual

Trayecto entre fin de recogida y CRM (km)	19,8		Impacto ambiental (t*km)	
	Masa (kg/recogida)	Distancia de transporte (km/recogida)	ANUAL	30 AÑOS
CAPACIDAD ACTUAL				
Recorrido de recogida de envases	1103,33	13,88	2756,8	82703,0
Recorrido de recogida de M.O	6050,00	13,88	15116,4	453492,3
RSU final recorrido --> CRM envases	2206,67	19,8	7864,6	235936,8
RSU final recorrido --> CRM M.O	12100,00	19,8	43124,4	1293732,0
				2065864,1

85. Inventario de recogida y transporte de RSU de cada emplazamiento hasta el centro de recuperación de materiales en el escenario actual

2.3.1.2 Escenario de recogida de capacidad máxima

En este escenario, para el transporte de la caja compactadora, hay que tener en cuenta que se realizan 3 trayectos para la recogida de envases y 4 para la recogida de materia orgánica + Restos.

CAPACIDAD MÁXIMA	Masa (kg/recogida)	Distancia de transporte (km/recogida)	Impacto ambiental (t*km)	
			ANUAL	30 AÑOS
Recorrido de recogida de envases	4123,05	13,88	20603,5	618105,7
Recorrido de recogida de M.O	22608,25	13,88	112977,0	3389310,8
RSU final recorrido --> CRM envases	8246,09	19,8	58778,2	1763344,6
RSU final recorrido --> CRM M.O	45216,49	19,8	322303,2	9669095,0
				15439856,16

86. Inventario de recogida y transporte de RSU de cada emplazamiento hasta el centro de recuperación de materiales en el escenario de capacidad máxima.

2.3.2 Lavado de contenedores

En el análisis del inventario de ciclo de vida del servicio de lavado de los contenedores, se van a tener en cuenta dos aspectos totalmente diferenciados para cada escenario de recogida:

- El consumo de agua con detergente derivado directamente del lavado de los contenedores.
- El transporte de tanto del agua, como de todos los elementos del equipo de lavado a lo largo de todo el recorrido de lavado por todas las áreas de aportación.

Para realizar el análisis, se necesitan varios datos de operatividad del sistema de lavado que se muestran a continuación:

- Consumo de agua para el lavado del contenedor de envases: 40 litro por contenedor [41].
- Consumo de agua de cada lavado de contenedor de materia orgánica: 50 litros por contenedor [41].
- Dotación total de contenedores a lavar de cada tipo.
 - o Escenario Actual: 43 contenedores de envases y 49 contenedores de materia orgánica.
 - o Escenario de capacidad máxima: 159 contenedores de envases y 182 contenedores de materia orgánica.
- Número de lavados anualmente: 12.
- Peso del agua de la cisterna: 7000 kg (7000 litros).
- Peso del equipo de lavado y elementos auxiliares: 3000 kg.
- Agua necesaria para el lavado de toda la dotación:
 - o Escenario actual: 4170 litros.
 - o Escenario de capacidad máxima: 15460 litros.
- Número de cargas de agua en la cisterna por lavado de toda la dotación:
 - o Escenario actual: 1
 - o Escenario de capacidad máxima: 3
- Recorrido de lavado
 - o Escenario actual: 13881 metros. Es el mismo que el itinerario de recogida.
 - o Escenario de capacidad máxima: 13881 metros.
 - o Distancia media de retorno a cargar cisterna: 1000 metros.
- Detergente: Para limpiar y desodorizar en profundidad. Elimina la suciedad causada por el uso y la polución desengrasando con gran eficacia. Elimina olores

desagradables, difíciles y persistentes. Ayuda a mantener una imagen urbana limpia y cuidada.

- o Propiedades físicas y químicas: Líquido transparente, incoloro – Ambar
 - PH: 11
 - Densidad: $1.01 \pm 0.01 \frac{g}{cm^3}$
- o Composición cualitativa: Tensoactivos, secuestrantes, disolventes, sales orgánicas, anticorrosivos, conservantes y agua.
- o Dosis: La proporción de producto a mezclar con agua para una correcta eficacia limpiadora del producto.
 - Vehículo lavacontenedores (circuito cerrado): 0,175 %.
 - Máquina a presión (circuito abierto): 2%.
- o Composición cuantitativa: Agua (82,1%), surfactante (9%), disolvente (7%), agentes aquelantes (1.5%), metal silicato sódico (0,2%) y conservante (0,2%).

Todos los datos del detergente fueron proporcionados por Carmen Marcet, dirección técnica del fabricante de productos químicos Sucitesa (Higiene profesional) [45].

En las tablas siguientes, se resume el inventario final del impacto ambiental para este servicio.

2.3.2.1 Escenario de recogida actual

CAPACIDAD ACTUAL	ANUAL	VIDA ÚTIL
Consumo de agua (l)	50040	1501200
Recorrido de lavado (t*km)	1665,72	49971,6
Consumo de detergente (litros)	87,57	2627,1
Retorno camión al edificio (t*km)	120	3600

87. Inventario del lavado de la dotación de contenedores en el escenario de capacidad máxima.

2.3.2.2 Escenario de recogida de capacidad máxima

CAPACIDAD MÁXIMA	ANUAL	VIDA ÚTIL
Consumo de agua (l)	185520	5565600
Recorrido de lavado (t*km)	1665,72	49971,6
Consumo de detergente (litros)	324,66	9739,8
Retorno camión al edificio (t*km)	360	10800

88. Inventario del lavado de la dotación de contenedores en el escenario de capacidad máxima.

ANEXO III: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

1 SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Los métodos de evaluación de impacto ambiental asignan normalmente un factor a un flujo elemental del inventario del ciclo de vida obtenido en el paso anterior del ACV. Los factores son usados para obtener un resultado numérico. Hay cuatro factores que pueden ser aplicados, pudiendo usar uno o más de uno de ellos. A continuación, se muestran brevemente descritos por orden de aplicación en la siguiente tabla.

Nombre del factor	Descripción
Factor de clasificación	Clasifica las cargas ambientales inventariadas en diferentes categorías de impacto.
Factor de caracterización	Las cargas ambientales que contribuyen a un impacto, reciben una ponderación según su contribución. Generalmente, se considera que el efecto de la carga sobre el impacto es linealmente dependiente de la cantidad emitida.
Factor de normalización	Dividir el valor de la categoría de impacto por una referencia, así adimensionalizar los impactos, permitiendo de esta forma hacer comparaciones entre distintas categorías de impacto haciéndolo entendible para no expertos en ACV. Normalización puede ser aplicado a la evaluación de los resultados de caracterización y daño.
Factor de ponderación	Dar un peso a cada categoría de impacto teniendo en cuenta sus efectos ambientales actuales, multiplicándolas por un factor de peso. Es aplicado a resultados caracterizados,

	pero puede ser aplicado a puntuaciones normalizadas o no-normalizadas de diferentes categorías para calcular la puntuación de impacto final.
Factor de daño: La finalidad es el combinar varios indicadores de categoría de impacto en una categoría de daño (también llamada área de protección) como en el Eco – Indicador 99.	El posible daño debido a una emisión es representado mediante un factor. Este puede incluir un modelo para el destino medioambiental, una caracterización de la sustancia y una ponderación final.

89. Factores aplicados para realizar la evaluación del inventario de impacto ambiental [1]

Hay muchos problemas metodológicos al unir los métodos de evaluación ambiental con los flujos elementales de las bases de datos. Algunos de los más importantes son:

- El nombre de las sustancias de los flujos elementales in el método de evaluación ambiental y en la base de datos no coinciden.
- Los flujos elementales en la base de datos no son considerados por el método.
- Los factores en el método de evaluación de impacto ambiental no tiene un flujo correspondiente en la base de datos.
- Los modelos en la evaluación de impacto ambiental y en la base de datos no coincide o se solapan.

Estos problemas de metodología han llevado durante muchos años a diferentes resultados incluso aplicando el mismo método de evaluación de impacto ambiental al mismo inventario. Sin embargo, en los últimos años se han publicado muchos informes donde se desarrollan numerosas reglas para la asignación de factores a los flujos elementales.

Con el uso de indicadores se tiene un valor numérico final con el que se pueden comparar diversas situaciones y alternativas de impacto ambiental del sistema bajo estudio.

Lógicamente, los datos de inventario se van manipulando progresivamente para facilitar su compresión, pero a costa de la incorporación de una cierta subjetividad incluida dentro de las clasificaciones de impactos, los coeficientes de normalización y pesos de valoración.

En esta etapa se puede ver que aparecen diversos métodos de evaluación, según diferentes caracterizaciones, normalizaciones y ponderaciones.

El Software usado para realizar el análisis, SimaPro (Pré – Consultants) cuenta con una gran variedad de métodos de evaluación de impacto ambiental.

En la siguiente tabla, se muestran los métodos de evaluación de impacto ambiental implementados en la base de datos ecoinvent, usada por el software SimaPro. Los métodos usados para el ACV del presente proyecto son los remarcados en negrita.

MÉTODO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
CML 2000
Acumulación de energía primaria
Acumulación de exergía primaria
Eco-Indicador 99
Huella ecológica
Escasez ecológica 1997
Potencial de daño ecológico
Diseño medioambiental de los producto industriales 1997
Diseño medioambiental de los producto industriales 2003
Prioridades estratégicas medioambientales en el desarrollo de productos
Impacto 2002 +
IPCC 2007 (Potencial de calentamiento global)
TRACI
Indicadores de análisis de ciclo de vida selectos

*90. Métodos de evaluación del inventario del impacto ambiental
recogidos en el software SimaPro.*

Las reglas de asignación no pueden resolver todos los problemas de implementación. Para cada uno de los métodos, se debe encontrar a una descripción detallada de la implementación específica.

1.1 IPCC 2007 GWP A 100 AÑOS

1.1.1 Introducción

El Índice GWP (Global Warming Potential), índice de potencial de calentamiento global, da una medida de la capacidad de una sustancia para contribuir al calentamiento global mediante el conocido efecto invernadero.

IPCC 2007 GWP es una actualización del método IPCC 2001 GWP desarrollado por la Comisión Internacional del Cambio Climático. Este método enumera una serie de factores de cambio climático de IPCC con un marco temporal de 20, 100 y 500 años tomando como referencia el dióxido de carbono (CO_2), al que se le asigna por convenio un valor GWP de 1. En este caso, se va analizar para un marco temporal de 100 años. El potencial de calentamiento, depende de los siguientes factores:

- La absorción de la radiación infrarroja por una determinada especie.
- La ubicación del espectro de absorción de las siguientes longitudes de onda.
- La vida en la atmosfera, de las especies.

1.1.2 Caracterización

Los factores de caracterización del método del IPCC GWP son para las emisiones que tienen potencial de calentamiento global. Estas son:

- no incluida la formación indirecta de monóxido de nitrógeno de emisiones de nitrógeno.
- no las forzadas por la fuerza de la radiación debido a las emisiones de NO_x , agua, sulfatos, etc., en la baja y alta troposfera.
- no considerado el rango de efectos indirectos dados por el IPCC.
- incluida la formación de CO_2 de las emisiones de CO.
- considerado el CO_2 biogénico captado como un impacto negativo.

1.1.3 Normalización y ponderación

Normalización y ponderación no forman parte de este método.

1.2 DEMANDA ACUMULADA DE ENERGÍA PRIMARIA

1.2.1 Introducción

En algunas ocasiones es relevante añadir información al respecto de la suma total de energía fósil consumida por un sistema, siempre de acuerdo a los objetivos y el alcance del estudio de ACV. La información, además, puede ser segmentada por el tipo de fuente generadora de energía. Una forma simple para abordar el problema es la de sumar todos los consumos energéticos y multiplicarlos por el contenido energético del recurso, lo que proporciona un indicador que ofrece tanto información del consumo energético agregado del

sistema, como también del agotamiento de determinada fuente de energía. Este planteamiento, también se desarrolla en el CML 2000.

El método para calcular la demanda de energía primaria acumulada, es basado en el método publicado por la versión de ecoinvent 1.01 y expandido por Pré Consultants para los recursos energéticos disponibles en la base de datos de SimaPro. Sustancias extras recogidas en la versión de la base de datos ecoinvent 2.0, son implementadas. Este método, cuantifica toda la energía consumida directa o indirectamente a lo largo del ciclo de vida del producto. Para cada etapa del ciclo de vida se puede considerar:

- Consumo directo de energía durante la extracción y transporte de las materias primas, la fabricación, distribución, utilización y tratamiento de los residuos del producto.
- Consumo de energía asociada a los materiales.
- Consumo indirecto de energía relacionado con las infraestructuras necesarias para utilizar el producto o sistema.

Sin embargo, el impacto ambiental de un producto o servicio no puede ser estimado solo en función de la demanda de energía. Este método, solo tiene sentido en combinación con otros métodos.

1.2.2 Caracterización

Los factores de caracterización dados para los recursos energéticos, son divididos en 6 categorías de impacto.

- No renovable, fósil.
- No renovable, nuclear.
- No renovable, biomasa.
- Renovable, biomasa.
- Renovable, viento, solar y geotérmica.
- Renovable, agua.

1.2.3 Normalización

La normalización no es una parte de este método.

1.2.4 Ponderación

Para obtener una acumulación total de la demanda de energía, cada categoría de impacto es dada como factor de ponderación 1.

1.3 ECO – INDICADOR 99

Eco – Indicador 99 es el sucesor de Eco – Indicador 95. Ambos métodos usan el enfoque orientado al daño. El desarrollo de la metodología del Eco – Indicador 99 empezó con el diseño del procedimiento basado en la ponderación. Tradicionalmente, en el ACV las emisiones y la extracción de recursos son expresadas como 10 o más categorías diferentes de impacto, como acidificación, disminución de la capa de ozono, eco - toxicidad y extracción de recursos.

Para una comisión de expertos y no expertos, es muy difícil dar un significado coherente a todos los factores de peso para tal variedad y bastantes abstractas categorías de impacto. Se concluyó que la comisión no ponderar el impacto de las categorías pero si los distintos tipos de daño que son causados por estos impactos. La otra mejora fue, limitar el número de sustancias u objetos que son evaluados.

1.3.1 Caracterización

Los factores de caracterización son calculados para el último nivel (daño). El modelo de daño para las emisiones incluye el análisis del destino, exposición, análisis de efectos y análisis de daños.

Este método considera once categorías de impacto, dentro de tres categorías principales de daño, las cuales se ponderan para obtener un factor de daño global. Las categorías de enumeran a continuación:

1.3.1.1 *Daño a la salud humana*

- Sustancias cancerígenas: Efectos cancerígenos debido a la emisión al aire, al agua o a la tierra de sustancias cancerígenas. El daño es expresado en años de vida potencialmente perdidos por kg de sustancia emitida.
- Sustancias orgánicas que dañen en la respiración: Efectos respiratorios resultantes de la capa toxica de verano, debido a las emisiones de sustancias orgánicas al aire. El daño es expresado en años de vida potencialmente perdidos por kg de sustancia emitida.
- Sustancias inorgánicas que dañen en la respiración: Efectos respiratorios resultantes de la capa toxica de invierno producida por las emisiones de sustancias inorgánicas al aire. El daño es expresado en años de vida potencialmente perdidos por kg de sustancia emitida.
- Cambio climático: El daño es expresado en años de vida potencialmente perdidos por kg de sustancia emitida, resultante del incremento de enfermedades y causas de

muerte por el cambio climático producido por la emisión de gases de efecto invernadero.

- Radiación: El daño es expresado en años de vida potencialmente perdidos por kg de sustancia emitida resultantes de la radiación radioactiva.
- Agotamiento de la capa de ozono: El daño es expresado en años de vida potencialmente perdidos por kg de sustancia emitida, debidos al incremento de la radiación UV resultante de la emisión de sustancias destructoras de la capa de ozono.

1.3.1.2 Daño al ecosistema

- Eco – toxicidad: Daño de la calidad del ecosistema. Es resultado de la emisión de sustancias eco – tóxicas al aire, al agua o a la tierra. El daño es expresado en base al número de especies que desaparecen en una cierta área y durante un cierto tiempo por cada kg de sustancia emitida.
- Acidificación / Eutrofización: Daño de la calidad del ecosistema. Es resultado de la emisión de sustancias acidas al aire. El daño es expresado en base al número de especies que desaparecen en una cierta área y durante un cierto tiempo por cada kg de sustancia emitida.

El uso del suelo (en sistemas hechos por el hombre) tiene impacto en diversidad de especies. Basado en la observación del campo, una escala es desarrollada expresando la diversidad de especies por tipo de uso del suelo. La diversidad de especies depende del tipo de uso del suelo y del tamaño del área. Los efectos regionales y locales son tenidos en cuenta en la categoría de impacto:

- Uso del suelo: El daño es el resultado o de la conversión del suelo o de la ocupación del suelo. El daño es expresado en base al número de especies que desaparecen en una cierta área y durante un cierto tiempo por cada kg de sustancia emitida.

1.3.1.3 Daño a los recursos por la extracción

La humanidad siempre extraerá los mejores recursos primero, dejando los recursos de baja calidad para una futura extracción. El daño de los recursos será experimentado por las futuras generaciones, por lo que ellos se tendrán que hacer uso de gran esfuerzo para extraer los recursos remanentes. Este esfuerzo es expresado como “energía excedente”.

- Minerales: Aumento de la energía necesaria por kg de mineral o mena para futuras extracciones, como resultado del decremento de la concentración del mineral en la mena.

- Combustible fósil: Aumento de la energía necesaria por MJ, kg o m^3 de combustible fósil para futuras extracciones, como resultado de la peor calidad de los recursos.

1.3.2 Incertidumbres

Es importante prestar atención en las incertidumbres del método usado para calcular los indicadores. Dos tipos son distinguidas:

- Incertidumbre sobre la certeza del modelo usado
- Incertidumbre relaciona con los datos

La incertidumbre derivada de los datos es especificada para la mayoría de los indicadores de daño como la desviación típica en muchos estudios, pero no en SimaPro. No es útil expresar la incertidumbre del modelo como una distribución. La incertidumbre en el modelo está relacionada con la subjetividad de las elecciones llevadas a cabo para definir el modelo. Para poder tratar con la incertidumbre, se ha desarrollado tres versiones diferentes de la metodología, usando los arquetipos especificados en la teoría de las culturas y cada una de ellas tiene su propia ponderación para las categorías de daño. Estas versiones, son:

- Perspectiva jerárquica: El tiempo es elegido a largo plazo, las sustancias se incluyen si hay consenso en cuanto a su efecto. En la perspectiva jerárquica se supone que los daños son evitables mediante una buena gestión. En el caso de los combustibles fósiles se hace la suposición de que los combustibles fósiles no se pueden reemplazar fácilmente.
- Perspectiva igualitaria: El tiempo elegido es a muy largo plazo. Las sustancias se incluyen si no se encuentra ninguna indicación sobre su efecto. En la perspectiva igualitaria, los daños no se pueden evitar y puede dar lugar a eventos catastróficos. En el caso de los combustibles fósiles se hace la suposición de que los combustibles fósiles no pueden ser sustituidos.
- Perspectiva individualista: El tiempo elegido es a corto plazo (100 años o menos), las sustancias se incluyen si se ha completado la prueba sobre su efecto. En la perspectiva individualista, se supone que los daños son objeto de reembolso por el desarrollo tecnológico y económico. En el caso de los combustibles fósiles se hace la suposición de que los combustibles fósiles no pueden agotarse. Por lo tanto, quedan fuera de ponderación.

1.3.3 Normalización

La normalización es llevada a cabo a nivel de categoría de daño. Los datos de normalización son calculados a nivel europeo, mayoritariamente basados en 1993 como año base, con actualizaciones para las emisiones más importantes.

1.3.4 Ponderación

La ponderación es llevada a cabo a nivel de categoría de daño. Una comisión realiza la ponderación de las tres categorías de daño. Para cada perspectiva, existe una ponderación específica establecida. La media del resultado de la evaluación de la comisión está disponible como una ponderación establecida.

1.4 CML 2 BASELINE 2000

1.4.1 Introducción

En 2001, un grupo de científicos bajo el liderazgo del CML (Center of Environmental Science of Leiden) propuso un conjunto de categorías de impacto y métodos de caracterización para la fase de evaluación del impacto. Un enfoque orientado a problemas y un enfoque de daño son diferenciados. Por lo tanto, los enfoques de daño elegidos son el Eco – Indicador 99 y el método del EPS.

El método EPS (Environmental Priority Strategies in Products or services design), fue desarrollado en 1991 para Volvo Car Corporation en Suecia, y posteriormente ha sufrido sucesivas revisiones (Eriksson, 1996). Está enfocado a evaluar la restauración del daño ambiental desde el punto de vista económico. EPS traslada los impactos ambientales a distintas áreas o categorías y evalúa los cambios que se producen en ellas de acuerdo con la disponibilidad de la sociedad a pagar por restablecer los niveles estándar. Como unidad monetaria se utiliza el ELU (Environmental Load Unit), equivalente a 1€, y considera que una cantidad de 100€ por persona y año es una cantidad moderadamente molesta. Por tanto, se trata de un método de cuantificación del daño ambiental producido por los contaminantes emitidos al ambiente. Este método incluye la caracterización y ponderación, y considera cinco categorías de impacto: salud humana, capacidad de producción de los ecosistemas, recursos abióticos y valores culturales.

El método de evaluación de impacto implementado en ecoinvent como la metodología CML 2000, es un conjunto de categorías de impacto definidas desde un punto de vista medio.

Hay dos versiones de este método implementadas en SimaPro 7: “baseline” versión; y una versión extendida con todas las categorías de impacto. Para este estudio, se ha utilizado la “baseline” versión.

A continuación, se enumeran todas las categorías de impacto tenidas en cuenta.

CATEGORÍAS DE IMPACTO EN LA VERSIÓN “BASELINE”
Destrucción de la capa de ozono estratosférico
Toxicidad humana
Eco – toxicidad del medio acuático terrestre
Eco – toxicidad del medio marino
Eco – toxicidad del medio terrestre
Oxidación fotoquímica
Potencial de Calentamiento global (GWP 100)
Acidificación
Disminución de los recursos abióticos
Eutrofización

91. Categorías de impacto usadas por el método CML 2 baseline 2000 [46].

1.4.2 Caracterización

La guía del CML proporciona una lista de categorías de impacto agrupadas en:

- Categorías de impacto obligatorias (usadas en la mayoría de los ACV).
- Categorías de impacto adicionales (Existen indicadores operacionales, no usadas muy a menudo en los ACV).
- Otras categorías de impacto (Indicadores operacionales no disponibles, por lo tanto imposible incluirlos cualitativamente en los ACV).

Los indicadores básicos son recomendados para estudios simples. La guía del CML 2000 proporciona unas indicaciones para la inclusión de otros métodos e indicadores de categoría de impacto para el caso de estudios detallados y extensos. En este caso, el método usado para este estudio es el CML 2 baseline 2000, por tanto las categorías de impacto usadas en este estudio son las descritas a continuación.

1.4.2.1 Destrucción de la capa de ozono estratosférico

Debido a la reducción de la capa de ozono estratosférico, una gran fracción de radiación UV – B alcanza la superficie terrestre. Esto puede tener consecuencias dañinas sobre la salud

humana, la salud animal, los ecosistemas terrestre y acuático, los ciclos bioquímicos y en los materiales. Esta categoría es una salida relacionada a escala mundial. El modelo de caracterización es desarrollado por la Organización Mundial de Meteorología y define el potencial de destrucción de la capa de ozono de diferentes gases (kg CFC -11 equivalente / kg emisión). El objetivo geográfico de este indicador es a escala mundial. El tiempo abarcado es infinito.

1.4.2.2 Toxicidad humana

Esta categoría concierne efectos de sustancias tóxicas en el entorno humano. Los riesgos de salud de exposición en el entorno de trabajo no están incluidos. Los factores de caracterización y el potencial de toxicidad humana, son calculados con USES – LCA, describiendo el destino, exposición y los efectos de las sustancias tóxicas en un horizonte infinito de tiempo. Para cada sustancia tóxica HTP's son expresadas como 1,4 - diclorobenceno equivalente / kg de emisión. El ámbito geográfico de este indicador se determina en el destino de una sustancia y puede variar entre una ámbito local, regional o global.

1.4.2.3 Eco – toxicidad del medio acuático de agua dulce

Este indicador de categoría se refiere al impacto en los ecosistemas de agua dulce, como resultado de la emisión de sustancias tóxicos al aire, al agua y a la tierra. El potencial de eco – toxicidad es calculada con USES – LCA, describiendo el destino final, exposición y el efecto de sustancias tóxicas. El horizonte temporal es infinito y los factores de caracterización son expresados como 1,4 - diclorobenceno equivalente / kg de emisión. El indicador se aplica en un ámbito global, continental, regional y local.

1.4.2.4 Eco – toxicidad del medio marino

La eco – toxicidad del ámbito marino se refiere al impacto de sustancias tóxicas en los ecosistemas marinos (ver descripción de la eco – toxicidad del medio acuático de agua dulce).

1.4.2.5 Eco – toxicidad del medio terrestre

Esta categoría se refiere al impacto de las sustancias tóxicas en los ecosistemas terrestres (ver descripción de la eco – toxicidad del medio acuático de agua dulce).

1.4.2.6 Oxidación fotoquímica

Formación de foto – oxidantes es la formación de sustancias reactivas (principalmente ozono en la troposfera) por la emisión de precursores del ozono (NO_x, CO, CH₄, etc.) que son perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas; y que son dañinos para los cultivos. Este problema es también detectable por el “smog de verano”. El “smog de invierno” esta fuera del

ámbito de esta categoría. El potencial de creación fotoquímica de ozono por la emisión de sustancias al aire es calculado con el modelo UNECE de trayectoria (incluyendo el destino), y expresado en kg de etileno equivalentes / kg de emisión. El tiempo abarcado es de 5 días y el ámbito geográfico varía entre un escala local y continental.

1.4.2.7 Potencial de Calentamiento global (GWP 100)

El cambio climático puede resultar en efectos adversos sobre la salud de los ecosistemas, la salud humana y el estado del bienestar. El cambio climático está relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero al aire.

El modelo de caracterización, por lo tanto es desarrollado por la Comisión Intergubernamental del cambio climático (IPCC) que es seleccionada para el desarrollo de factores de caracterización. Los factores son expresados como Potencial de Calentamiento Global para un horizonte de 100 años (GWP 100), en kg de CO_2 / kg de emisión. El ámbito geográfico de este indicador es a escala global. Algunos factores de caracterización fueron añadidos del método IPCC 2001 GWP 100 años.

1.4.2.8 Acidificación

Las sustancias ácidas causan un amplio rango de impactos en la tierra, acuíferos, agua de ríos, organismo, ecosistemas y materiales (construcción). El potencial de acidificación de las emisiones al aire, son calculadas mediante el modelo RAINS 10 adaptado, describiendo el destino y deposición de las sustancias ácidas. El Potencial de acidificación es expresado como kg de SO_2 equivalentes / kg de emisión. El tiempo abarcado es eterno y el ámbito geográfico varía entre local y continental.

Los factores de caracterización incluyendo el destino fueron usados cuando estaban disponibles. Cuando no están disponibles, estos factores, excluyendo el destino fueron usados. El método fue ampliado para ácido nítrico, tierra, agua y aire; ácido sulfúrico, agua, tierra; sulfuro de hidrógeno, tierra, y todos sin incluir el destino. Oxido nítrico y aire (monóxido de nitrógeno) fue añadido incluyendo el destino.

1.4.2.9 Disminución de los recursos abióticos

Esta categoría de impacto se preocupa por la protección del bienestar de los humanos, la salud humana y de los ecosistemas. Este indicador de categoría de impacto está relacionado con la extracción de minerales y combustibles fósiles debido a las entradas del sistema. El Factor de disminución de los recursos abióticos (ADF, Abiotic Depletion Factor) se determina por cada extracción de mineral o combustible fósil (kg de antimonio equivalentes / kg extraído) basado

en la concentración de las reservas y la tasa de decrecimiento de la acumulación de recursos. El ámbito geográfico de este indicador es global.

1.4.2.10 *Eutrofización*

La eutrofización (también conocida como nutrificación) incluye todos los impactos debidos a excesivo nivel de macro – nutrientes en el medio ambiente causado por la emisión de nutrientes al aire, agua y tierra. El potencial de eutrofización está basado en el procedimiento estequiométrico de Heijungs (1992), y se expresa como kg PO_4 equivalentes / kg de emisiones. Destino y exposición no están incluidos, el tiempo abarcado es eterno y el ámbito geográfico varía entre local y continental.

1.4.3 Normalización y ponderación

La normalización es opcional para ACV simples, pero obligatoria para ACV detallados. Para cada indicador básico, las puntuaciones de normalización son calculadas para una situación de referencia: el mundo en 1990, Europa en 1995 y los Países bajos en 1997.

El resultado de la normalización para un impacto de categoría y región dadas es obtenido por la multiplicación de los factores de caracterización por sus respectivas emisiones. La suma de esos productos en todas las categorías de impacto da el factor de normalización.

1.4.3.1 *Agrupamiento y ponderación*

El agrupamiento y la ponderación son considerados como un paso opcional. Ninguna regla base recomendada o valores son dados por estas fases. Por lo tanto, estos pasos no están disponibles en SimaPro 7. No se va a obtener ningún valor numérico de ponderación de la normalización. Sin embargo, este paso está implícito cuando se entra a valorar los resultados de la evaluación del impacto ambiental del ciclo de vida.

Para proceder con la evaluación de impacto ambiental del inventario de ciclo de vida, se van a desarrollar los métodos explicados detalladamente anteriormente para los dos escenarios de recogida planteados para este estudio. El uso de varios métodos de evaluación del inventario se debe a que cada uno de ellos nos ofrece una visión distinta de los impactos del ciclo de vida, dando mayor importancia a distintos daños producidos por el impacto ambiental.

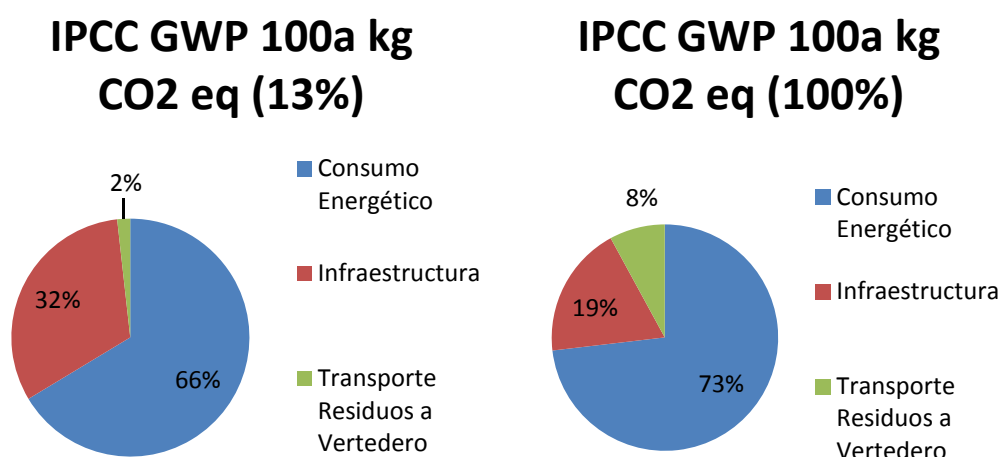
Se va detallar perfectamente, el escenario de recogida actual. Sin embargo, los resultados del escenario de capacidad máxima, se van basar en el escenario de recogida actual.

2 SISTEMA NEUMÁTICO

2.1 IPCC 2007 GWP A 100 AÑOS

2.1.1 Análisis del impacto de los flujos materiales y energéticos

2.1.1.1 *Sistema completo*



92. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo.

Como era previsible, la etapa de la vida de uso que viene englobada por el consumo energético y el transporte de los residuos desde la central hasta el vertedero representa más del 50 % de la capacidad del sistema para contribuir al calentamiento global llegando al 81% para la capacidad máxima del sistema.

Para tener una visión global de todo el sistema se debe realizar un desglose de las fases del ciclo de vida que mayor contribución tiene en el calentamiento global.

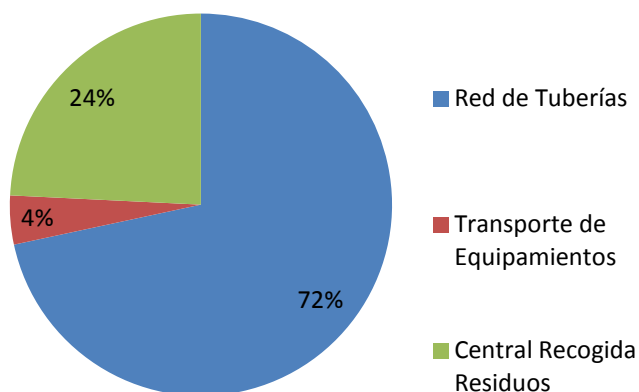
El consumo energético no se puede desglosar, ya que representa únicamente la energía eléctrica. El impacto va a ser, el generado para producir la energía eléctrica consumida por los turboextractores y todos los demás elementos eléctricos que forman parte del sistema en la vida útil de este, 30 años, según el mix – eléctrico español.

Sin embargo, la infraestructura comprende una gran cantidad de subsistemas que pueden ser desglosados y hacer más hincapié en los que mayor importancia relativa tienen en el potencial de calentamiento global total.

2.1.1.2 Infraestructura

La infraestructura es independiente de la utilización de la instalación, ya que este sistema no es modulable. Por tanto, se debe instalar un sistema capaz de recoger todo los residuos cuando la actuación urbanística esté completada.

IPCC GWP 100a kg CO₂ eq



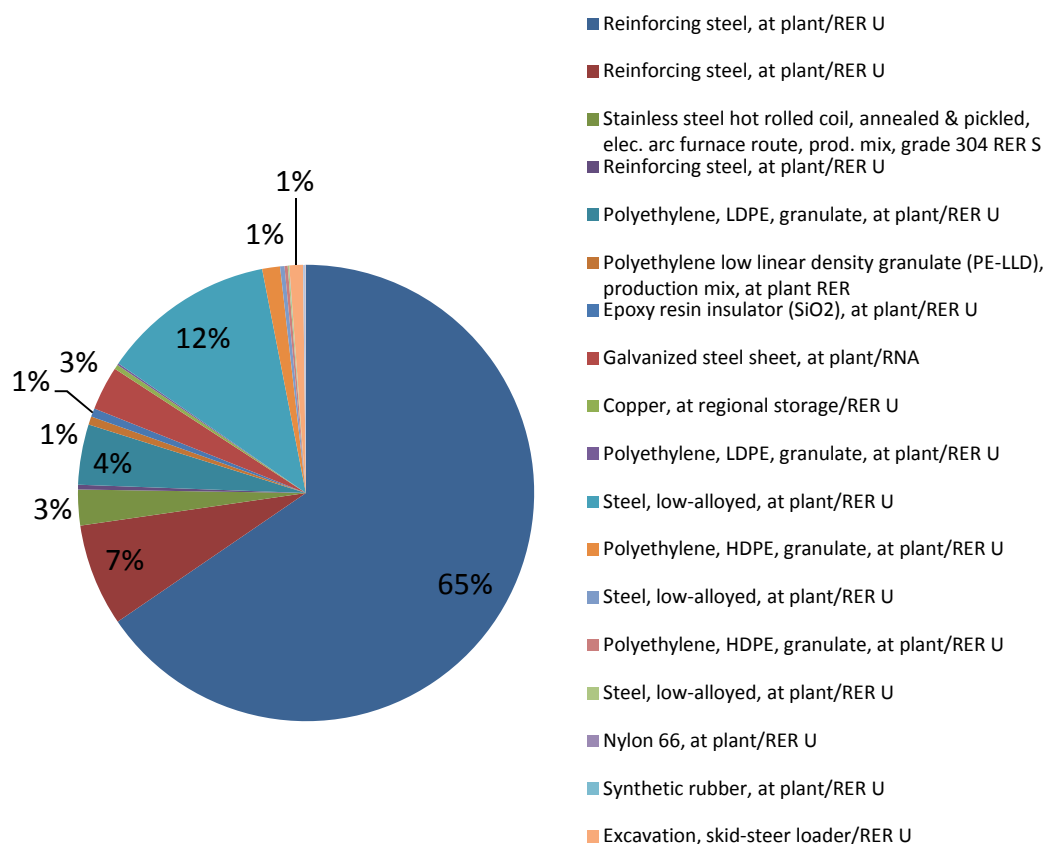
93. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Infraestructura sistema neumático.

La producción de la red de tuberías engloba todos los subsistemas enterrados y su impacto va desde la obtención de las materias primas, la excavación y otros trabajos para su instalación. En la gráfica anterior, se muestra que el potencial de calentamiento global del transporte de los equipamientos es despreciable, y más a medida que aumenta la utilización de la instalación, ya que la contribución al calentamiento global de la infraestructura se reduce.

A continuación, se va a analizar la incidencia de cada elemento que constituye la red de tuberías por ser el subsistema más importante en la producción de toda la infraestructura.

2.1.1.2.1 Red de tuberías

IPCC GWP 100a kg CO₂ eq



94. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Red de tuberías. Escenario actual.

Más del 60 % del potencial de calentamiento global de la red de tuberías, viene provocado por la producción del acero de alta resistencia con el que se construye la mayor parte de los conductos. Por lo tanto, habrá que prestar especial atención en la producción de este elemento.

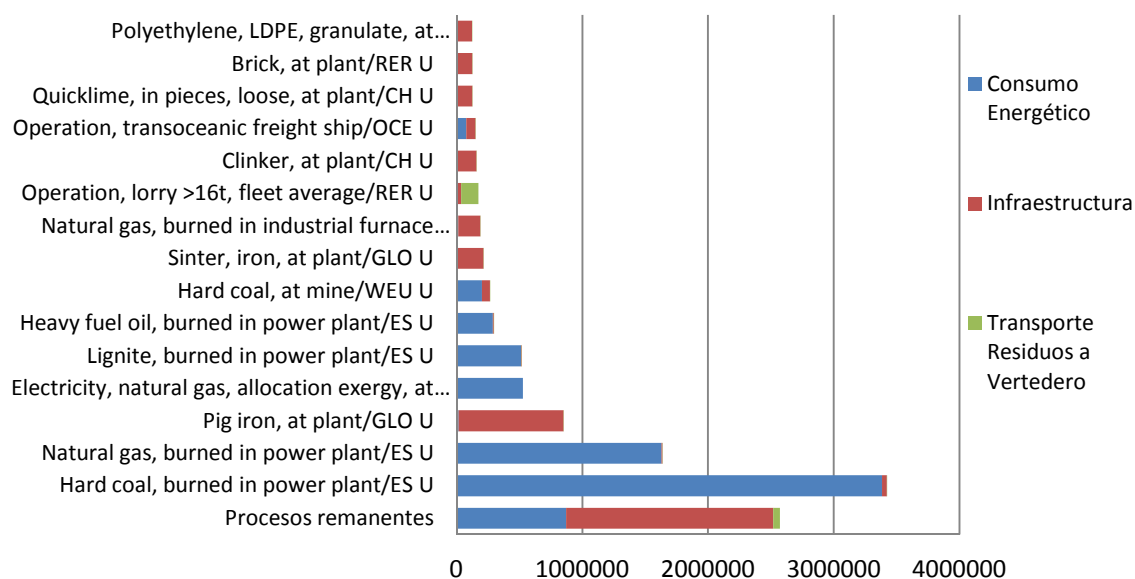
2.1.1.3 Análisis del impacto de los procesos

Hasta ahora, se han analizado todos los flujos materiales y de energía que contribuyen a la potencia del calentamiento global del sistema neumático. Sin embargo, esto no proporciona la información de que procesos son los que deben ser modificados por su mayor contribución al impacto ambiental. A continuación, se muestra un diagrama de barras donde se pueden ver los procesos que más contribuyen al potencial de calentamiento global y el resto se tienen en cuenta en un paquete denominado procesos remanentes. Este análisis puede ser de gran ayuda para el

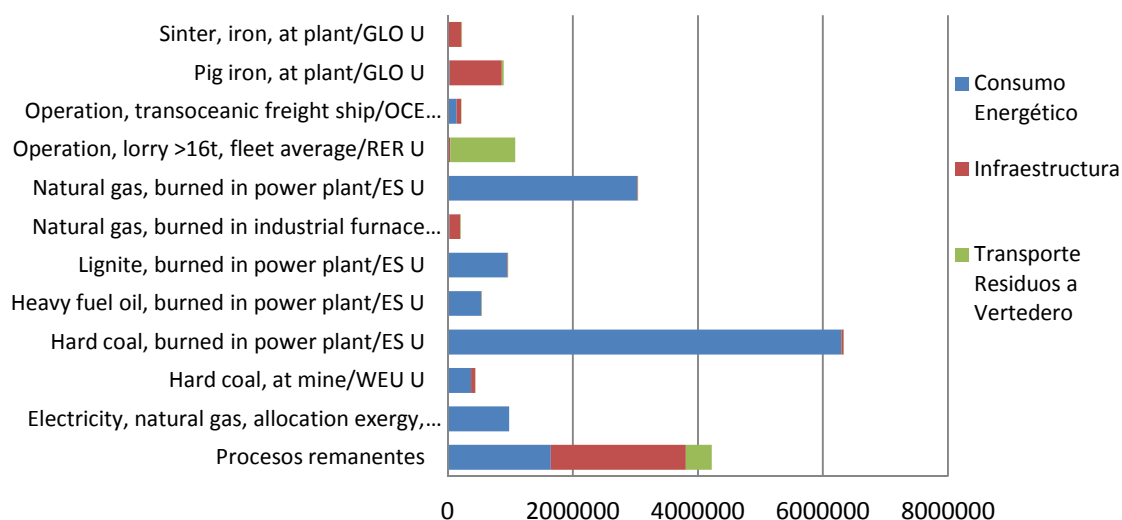
diseño de posteriores sistemas tratando de modificar aquellos procesos que mas repercutan al potencial de calentamiento global.

En el siguiente diagrama de barras, se muestra la contribución de cada proceso al potencial de calentamiento global total, diferenciando la influencia que la infraestructura, el consumo energético y el transporte de los residuos al vertedero tienen en cada uno de los procesos.

IPCC 2007 GWP 100a kg CO₂ eq (13%)



IPCC 2007 GWP 100a kg CO₂ eq (100%)

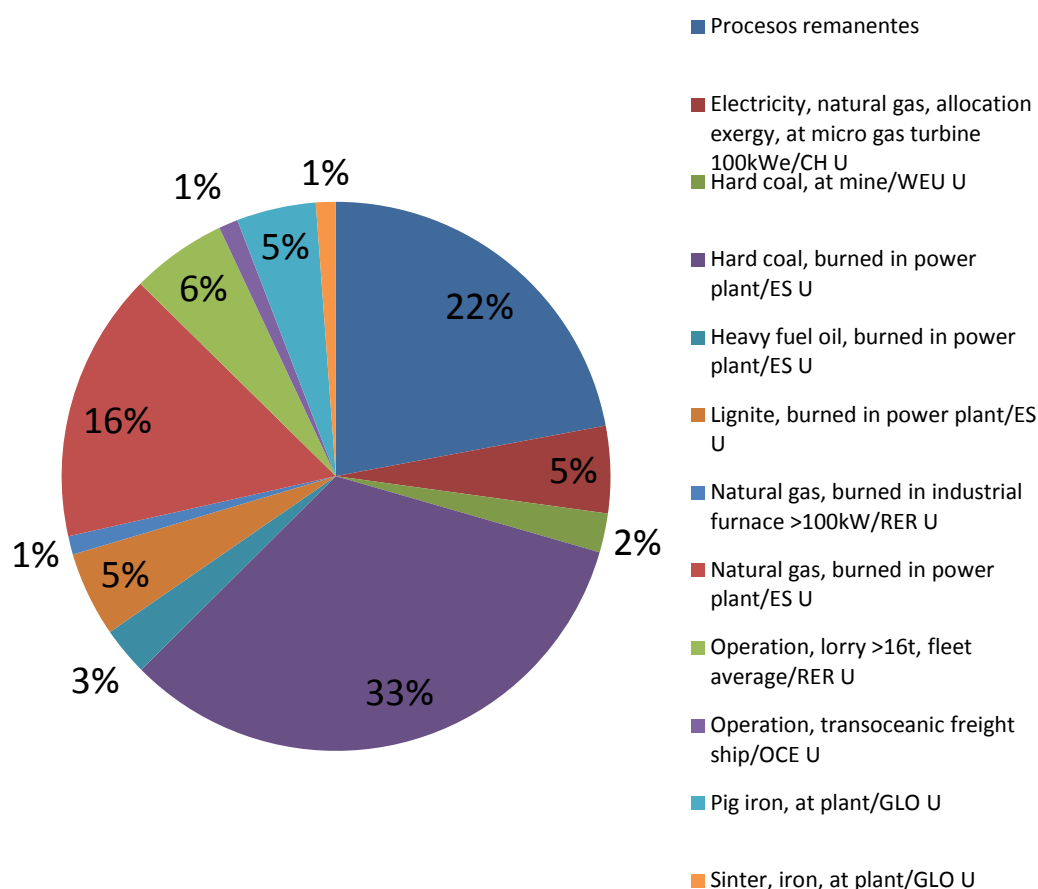


95. Diagrama de barras. Procesos. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo.

En el gráfico, se observa que el carbón y gas natural quemados para la generación de la energía eléctrica consumida principalmente por los turboextractores para realizar la succión de la basura contribuye en aproximadamente en un 60 % al potencial total de calentamiento global. Además, la operación de transporte con camión aumenta en proporción al aumento de residuos recogidos por el sistema neumático.

Para facilidad de apreciación de la contribución relativa de cada proceso al potencial total de calentamiento global, los resultados se muestran en un diagrama circular.

IPCC 2007 GWP 100a kg CO₂ eq (100%)



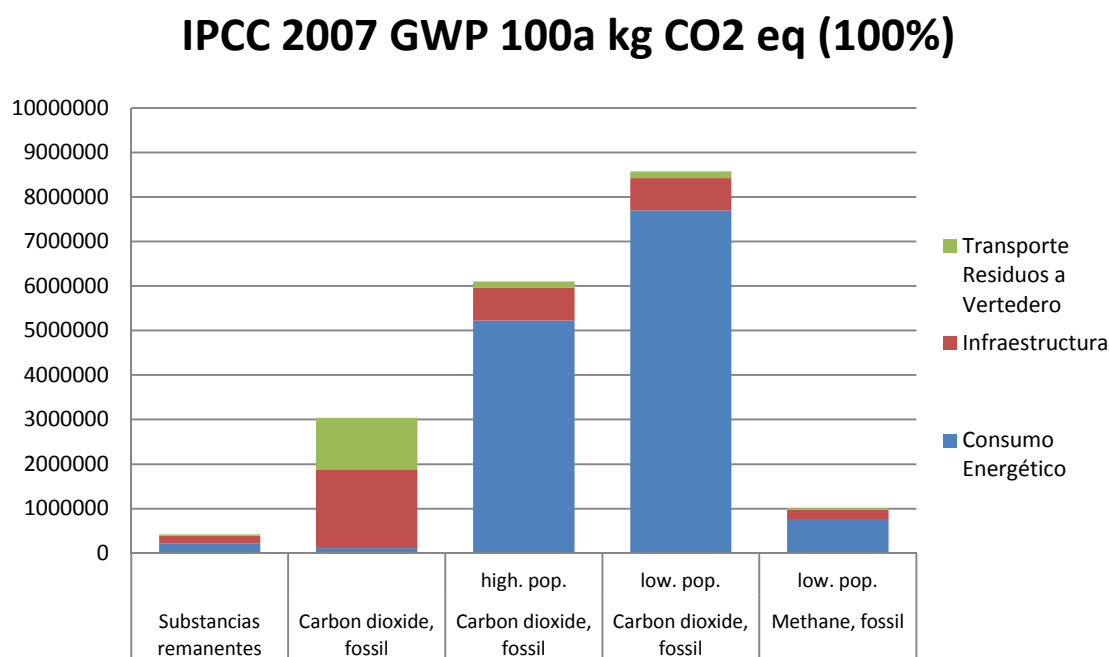
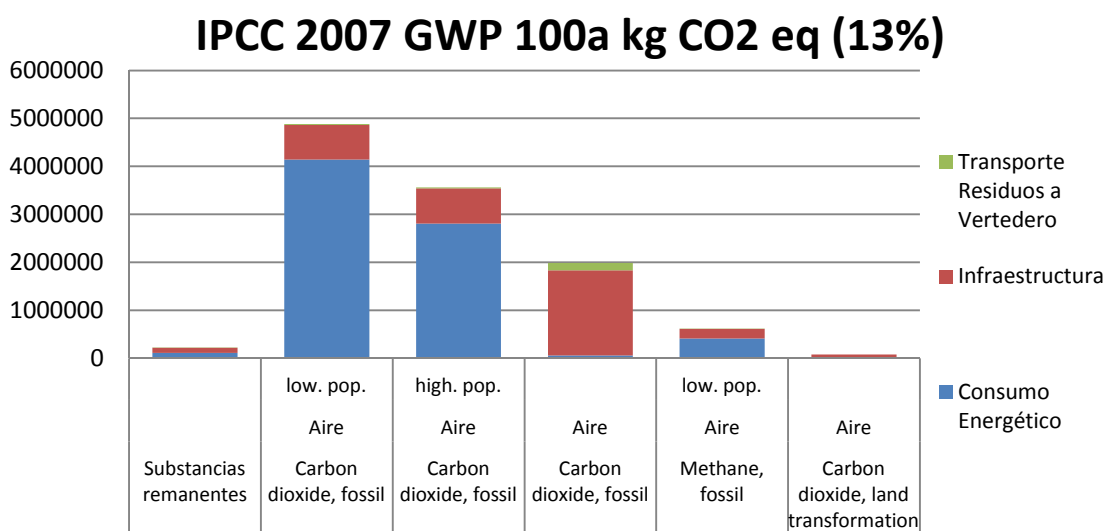
96. Diagrama de sectores circulares. Procesos. IPCC GWP a 100 años.

Sistema neumático completo. Escenario capacidad máxima.

Los procesos con más importancia relativa en el potencial de calentamiento global son: quemar antracita en las centrales térmicas (33%), quemar gas natural en las centrales eléctricas (16%), transporte con camión (6%), quemar lignito en las centrales térmicas (5%), asignación de exergía a las turbinas de gas por la producción de electricidad con gas natural (5%), procesado del arrabio (5%), gasoil quemado en las centrales térmicas (3%)...

2.1.1.4 Análisis del impacto ambiental de las sustancias emitidas

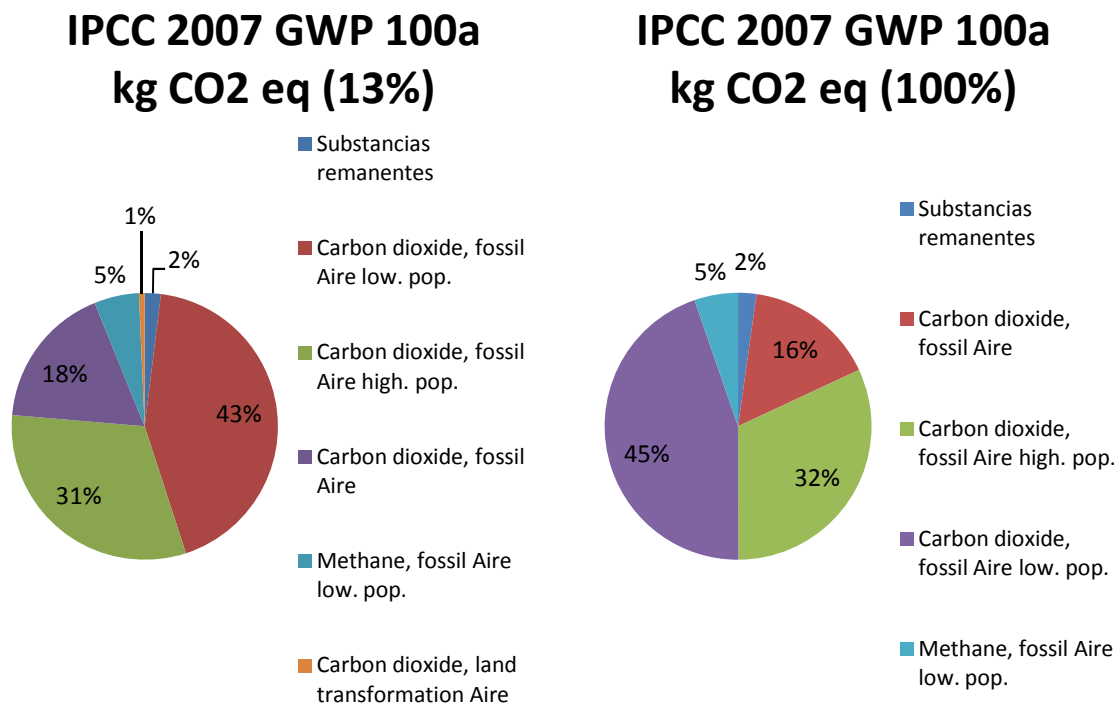
Hasta ahora se han analizado con detalle tanto, la contribución al calentamiento global de los distintos materiales y flujos de energía, como de los distintos procesos involucrados en la vida del sistema neumático. Sin embargo, no sabemos cuáles son las sustancias que directamente están provocando el potencial de calentamiento global.



97. Diagrama de barras. Sustancias emitidas. IPCC GWP a 100 años.

Sistema neumático completo. Escenario actual.

Como era de esperar la sustancia emitida que más repercute en el potencial de calentamiento global del sistema durante la toda su vida útil es el dióxido de carbono producido en la combustión de combustibles fósiles para la generación de la energía eléctrica consumida. Para una mejor visualización de las proporciones se muestra el diagrama circular como se ha venido haciendo hasta ahora.



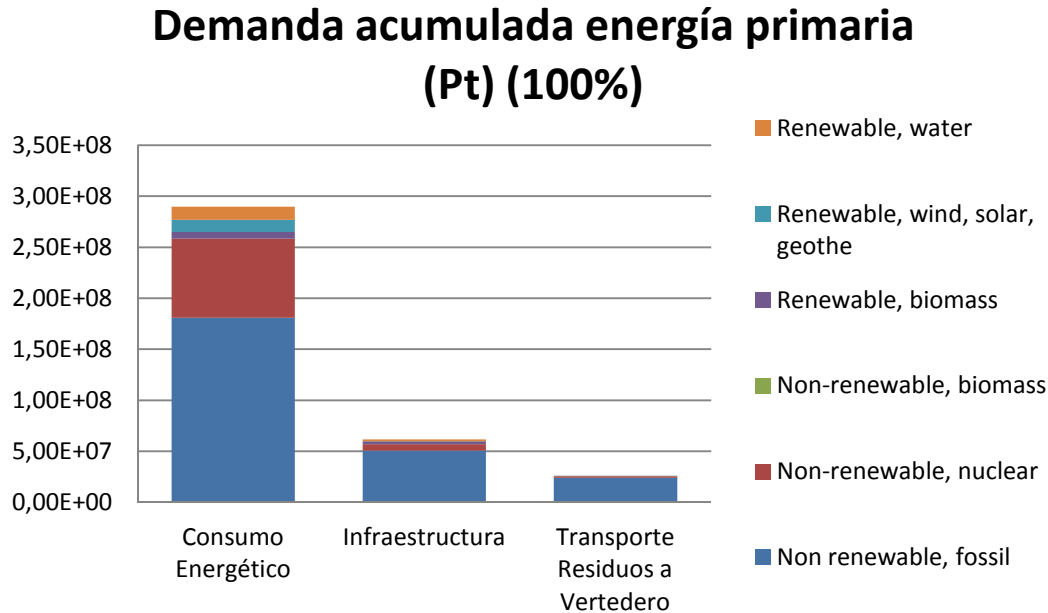
98. Diagrama de sectores circulares. Sustancias emitidas. IPCC GWP a 100 años. Sistema neumático completo.

2.2 DEMANDA ACUMULADA DE ENERGÍA PRIMARIA

Este concepto es importante, ya que nos da información sobre que fuentes o recursos naturales se han usado para obtener todos los flujos de energía y materiales necesarios durante el ciclo de vida del sistema.

2.2.1 Análisis del impacto de los flujos materiales y energéticos

2.2.1.1 *Sistema completo*

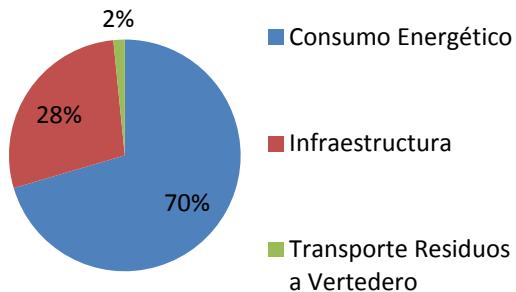


99. *Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo. Escenario de capacidad máxima.*

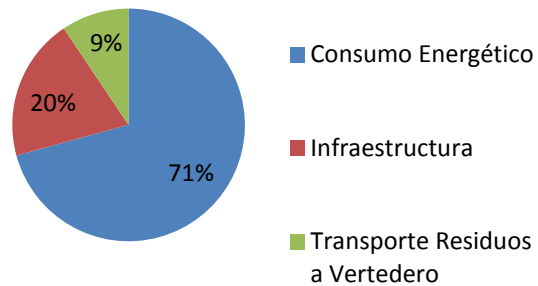
Los recursos naturales de los que se extrae la energía eléctrica necesaria para el consumo eléctrico no solo en la fase de uso sino también en la producción de la infraestructura, extracción de materia prima...vienen definidos por el mix – eléctrico español, donde es predominante el uso de combustibles fósiles, haciendo que seamos energéticamente dependientes de otros países. Además, el transporte de los residuos al vertedero, también usa los combustibles fósiles como recurso natural predominante para extraer la energía necesaria, ya que los vehículos de transporte son de motor de combustión interna de gasoil.

Se va analizar, que porcentaje de esta energía primaria, corresponde con cada fase del ciclo de vida.

Demanda acumulada energía primaria (Pt) (13%)



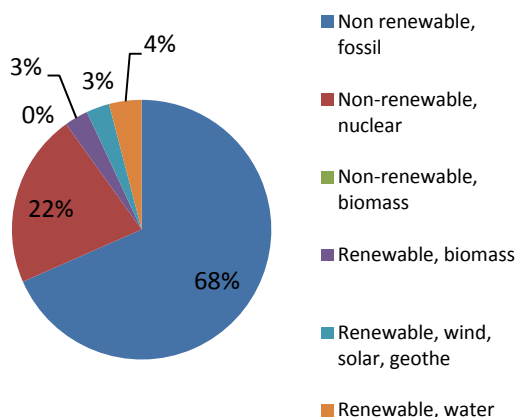
Demanda acumulada energía primaria (Pt) (100%)



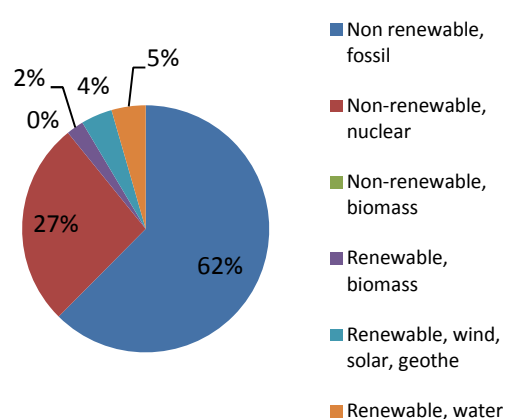
100. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos.
Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo.

En los diagramas anteriores, se observa perfectamente la no modularidad de la infraestructura de la instalación neumática, que debe que satisfacer las necesidades de recogida del escenario de capacidad máxima. En cambio, el transporte de los residuos al vertedero aumenta su contribución, ya que su impacto es proporcional a la cantidad de residuos recogidos.

Demanda acumulada energía primaria (Pt) (13%)



Demanda acumulada energía primaria (Pt) (100%)

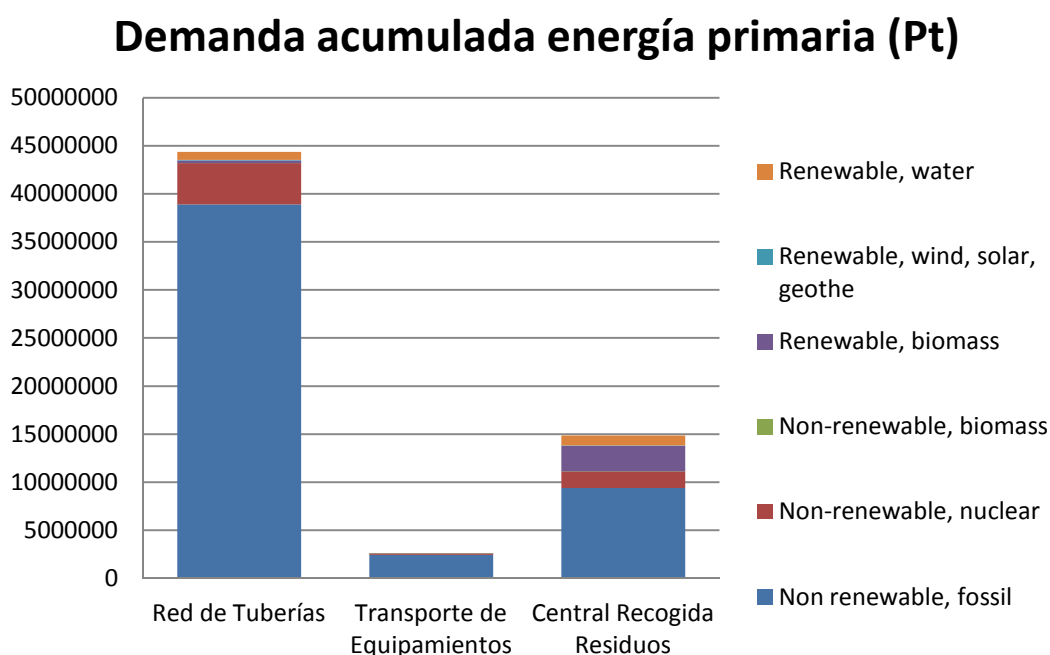


101. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos.
Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo.

En los diagrama circulares anteriores, se observa que la mayoría de la energía necesaria durante el ciclo de vida útil del sistema proviene actualmente de energías no renovables y más concretamente de combustibles fósiles y uranio para generar energía nuclear, dejando la contribución de las energías renovables en un porcentaje muy poco significativo

2.2.1.2 Infraestructura

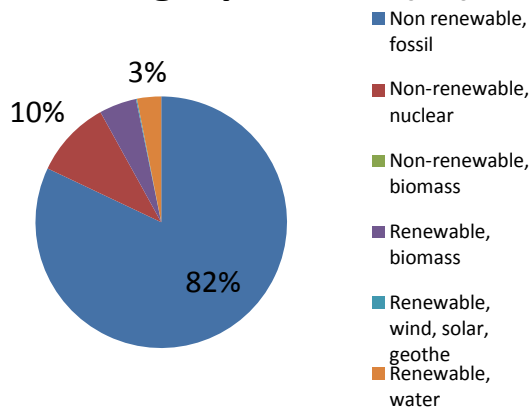
La infraestructura está compuesta por numerosos elementos, de los cuales interesa conocer más detalladamente su contribución a la demanda de energía primaria. Como es independiente del escenario de recogida, solo se muestra un gráfico.



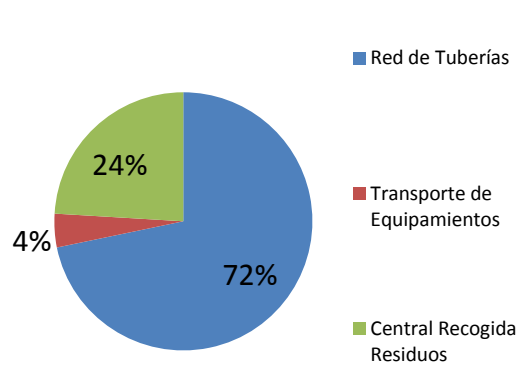
102. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Infraestructura.

El consumo de energía primaria de la infraestructura, también se debe principalmente a los combustibles fósiles, ya que todos los procesos usan mayoritariamente productos derivados del petróleo y energía eléctrica, generada a partir de un mix – eléctrico muy dependiente de los combustibles fósiles.

Demanda acumulada energía primaria (Pt)



Demanda acumulada energía primaria (Pt)

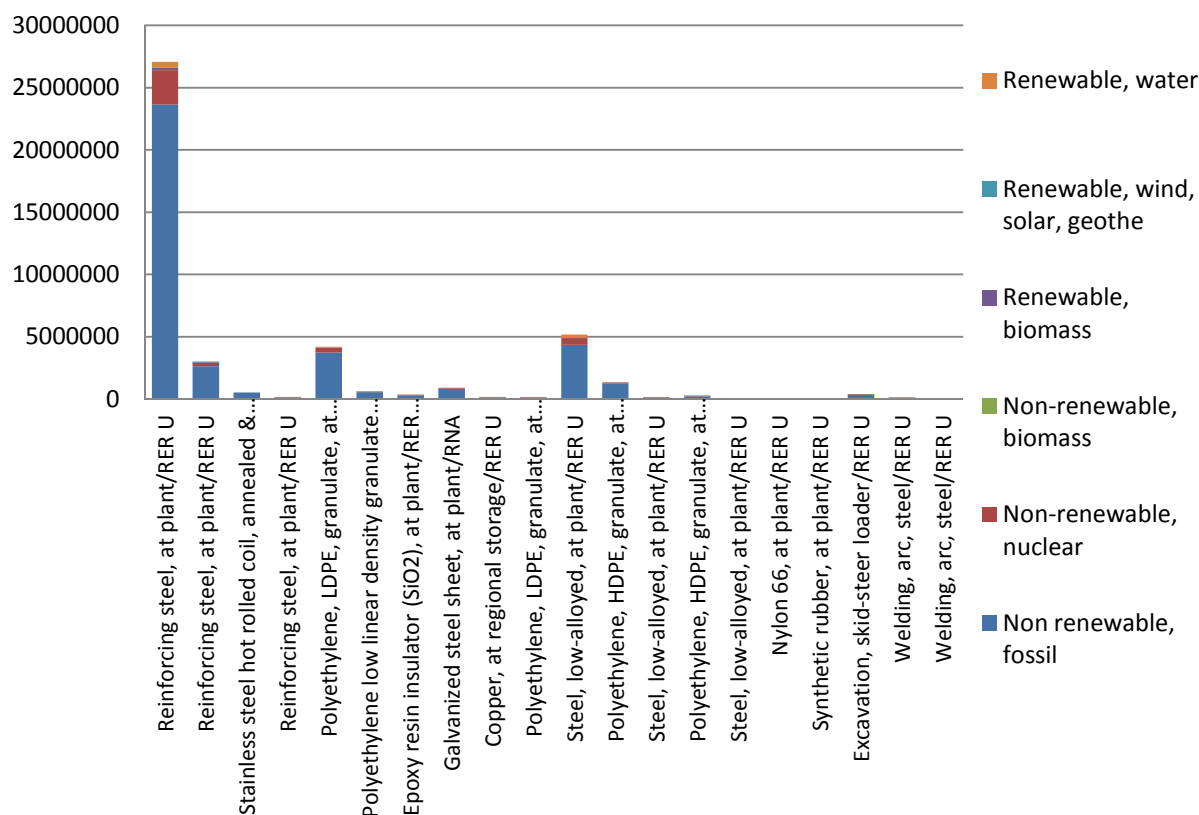


103. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos.
Demanda acumulada de energía primaria. Infraestructura.

En la gráfica anterior situada a la derecha, se muestra que la producción e instalación de la red de tuberías representa un 72 % del total de la energía extraída de los recursos naturales mayoritariamente proveniente de los combustibles fósiles. Por tanto, es necesario realizar un estudio más pormenorizado de este subsistema.

2.2.1.2.1 Red de tuberías

Demanda acumulada energía primaria (Pt)

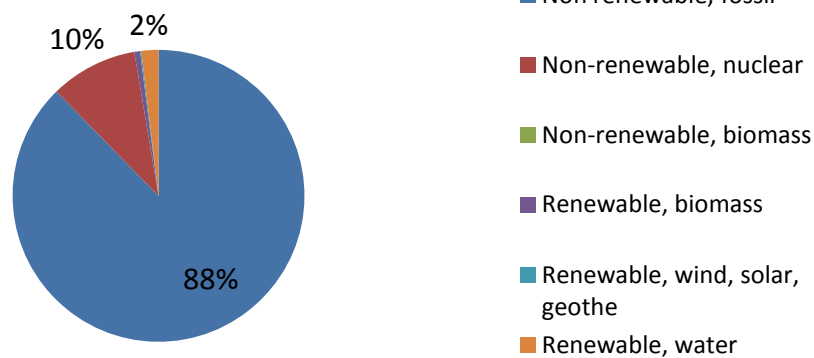


104. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Red de tuberías.

El material que más contribuye a la demanda de energía primaria, y además con una mayor proporción de energía extraída de los combustibles fósiles, es el acero de alta resistencia usado en la gran mayoría de los conductos de transporte.

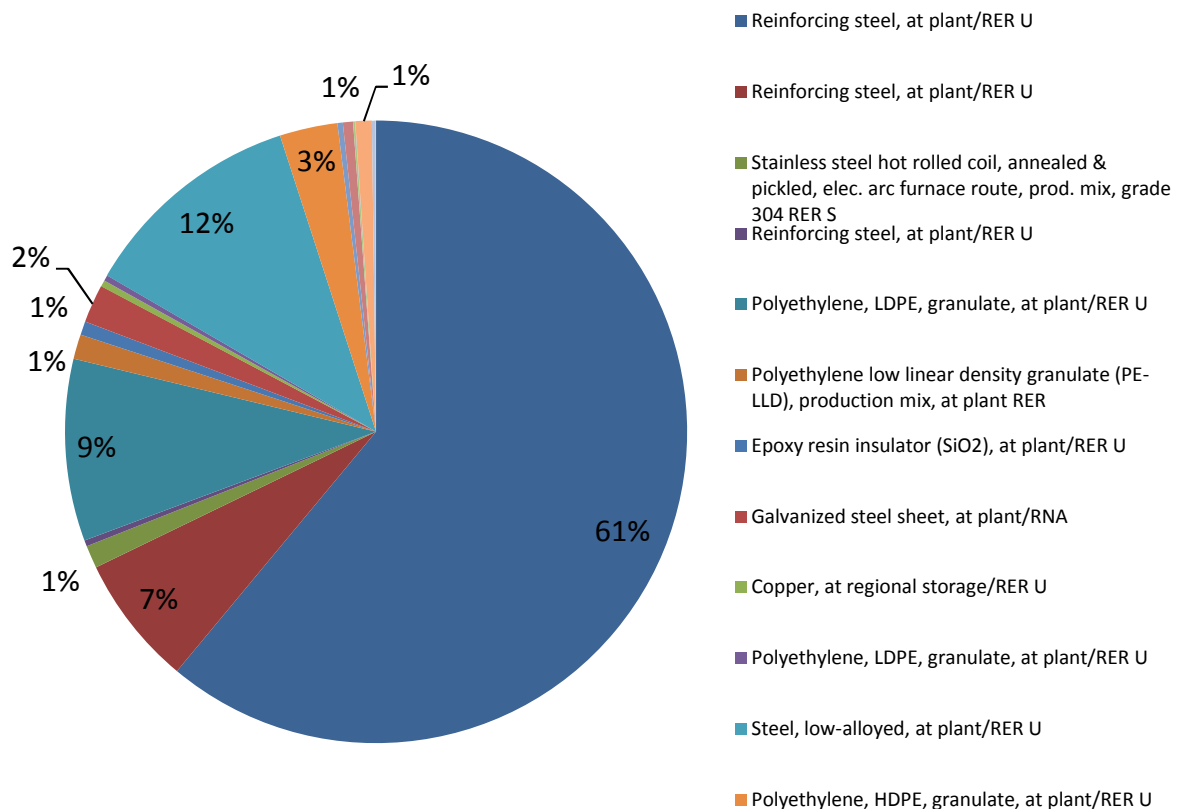
En las dos gráficas siguientes se muestra, la proporción de cada fuente energética natural para la construcción de la red de tuberías y la proporción de energía primaria necesaria para la producción e instalación de los distintos materiales usados para llevar a cabo la red de tuberías.

Demanda acumulada energía primaria (Pt)



105. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos.
Demanda acumulada de energía primaria. Red de tuberías.

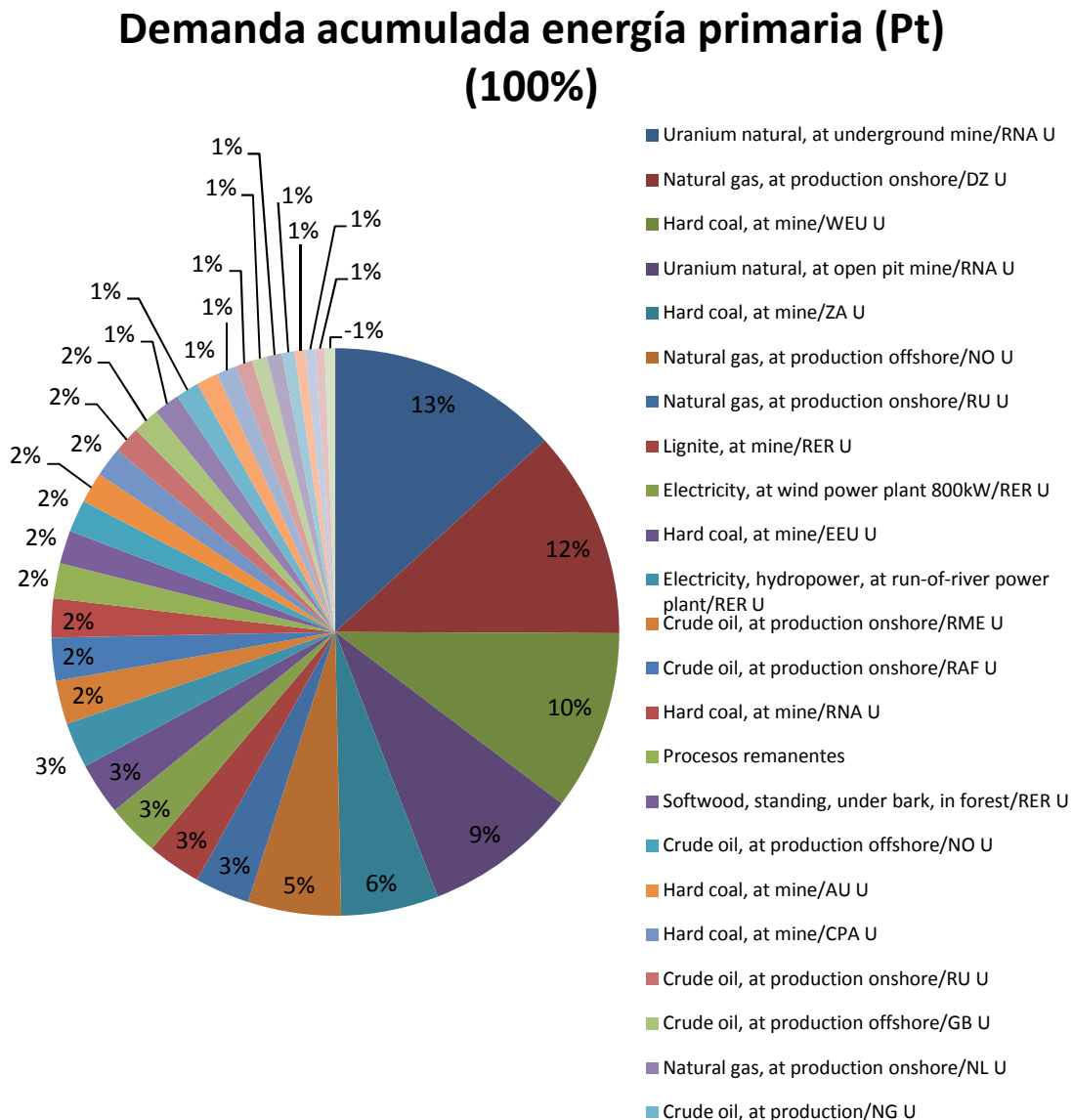
Demanda acumulada energía primaria (Pt)



106. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos.
Demanda acumulada de energía primaria. Red de tuberías.

Por tanto, la energía necesaria para la construcción e instalación de la red de tuberías, se extrae en un 88% de combustibles fósiles, un 10 % de energía nuclear y tan solo un 10% de recursos energéticos renovables. Además, el 61 % del impacto por el uso de energía primaria para este fin, se debe al acero de alta resistencia para fabricar los conductos.

2.2.2 Análisis del impacto de los procesos



107. Diagrama de sectores circulares. Procesos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo. Escenario de capacidad máxima.

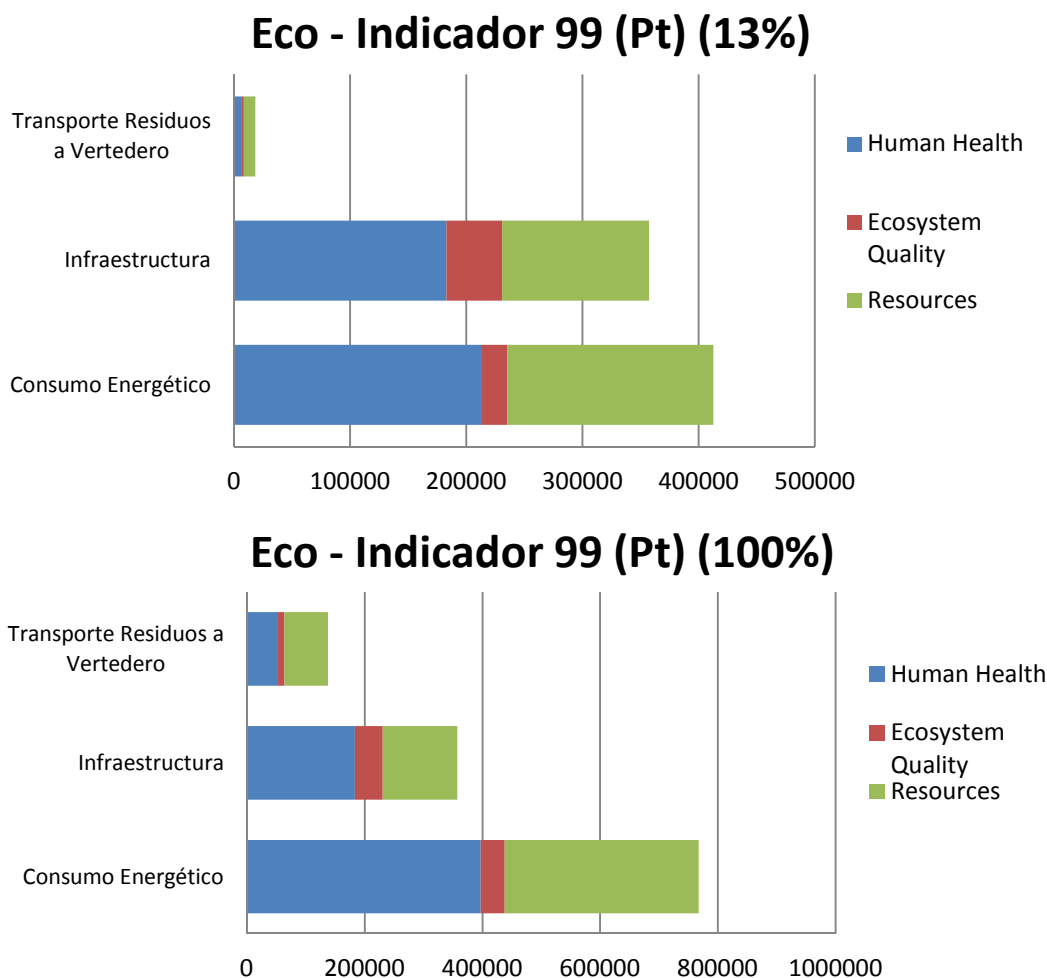
El mayor impacto dependiendo de la demanda de energía primaria lo provoca la extracción de uranio en minas subterráneas para la producción de energía eléctrica

mayoritariamente, con un 13 % del total. Un 12 % del impacto provocado por la demanda de energía primaria se lo lleva el gas natural, 10% la antracita, 9% el uranio procedente de las minas a cielo abierto, etc.

2.3 ECO – INDICADOR 99

2.3.1 Categorías de daño

Primeramente, se va a analizar cómo afecta cada fase del ciclo de vida a cada una de las categorías de daño enumeradas con anterioridad.



108. Diagrama de barras. Categorías de daño. Eco – Indicador 99. Sistema neumático completo.

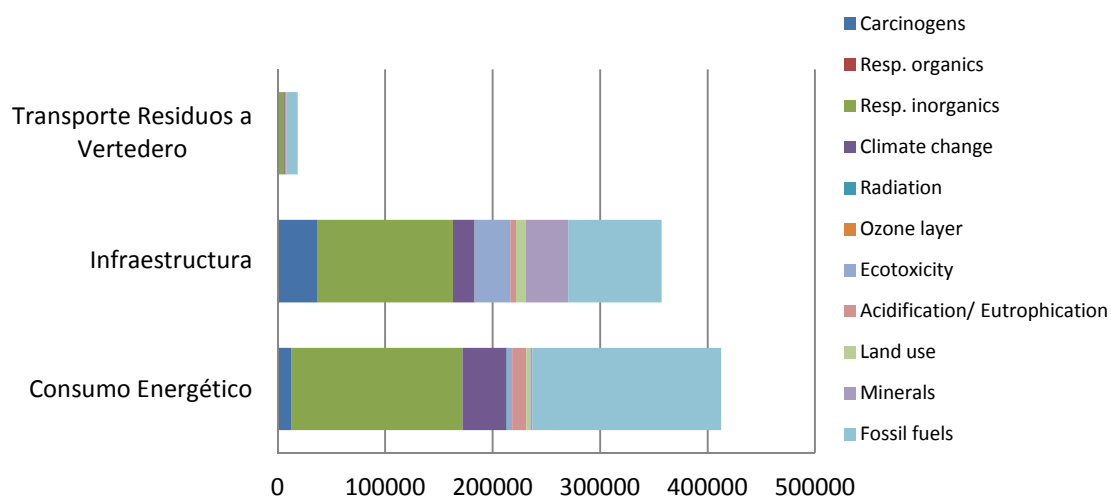
Los resultados obtenidos, nos indican que los impactos que este servicio de recogida genera, son impactos globalizados o no alargados en el tiempo. Los flujos materiales y energéticos que causan los impactos de la producción e instalación de la infraestructura son producidos en los lugares de extracción y procesamiento de materias primas, así como en los centros de fabricación de cada elemento de la instalación. Además la persistencia en el tiempo es solo durante la realización de estos procesos, que pueden durar meses, sin embargo el daño puede persistir en el tiempo. Esto provoca que los ciudadanos que disfrutan de este servicio solo se van

a ver directamente afectados por la categoría de daño de la salud en la fase de transporte de residuos a vertedero. En cambio, para el resto de fases son otros ciudadanos y partes del mundo las afectadas por las tres categorías de daño.

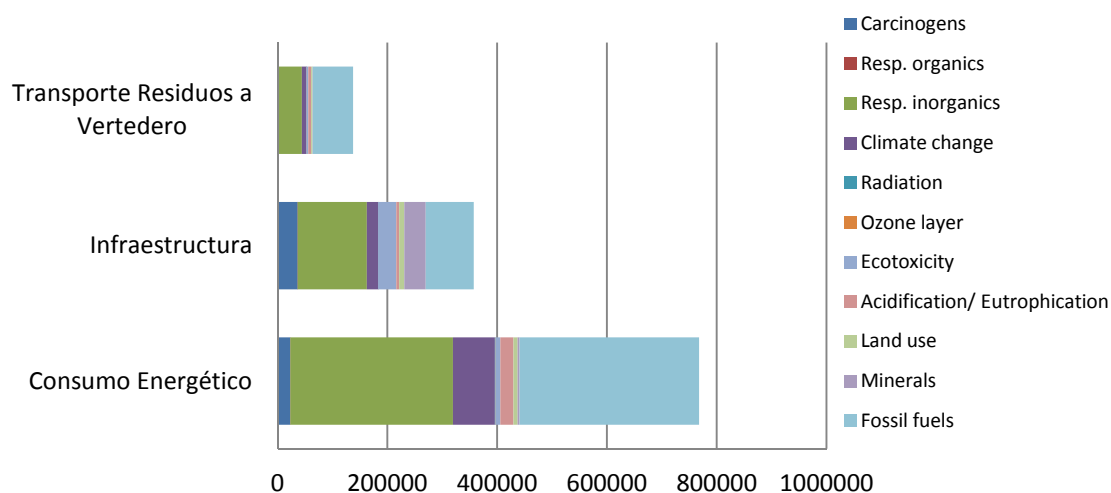
2.3.2 Categorías de impacto

Cada una de estas categorías de daño, son provocadas por una serie de impactos que se van a cuantificar para cada una de las fases de ciclo de vida, a continuación.

Eco - Indicador 99 (Pt) (13%)



Eco - Indicador 99 (Pt) (100%)



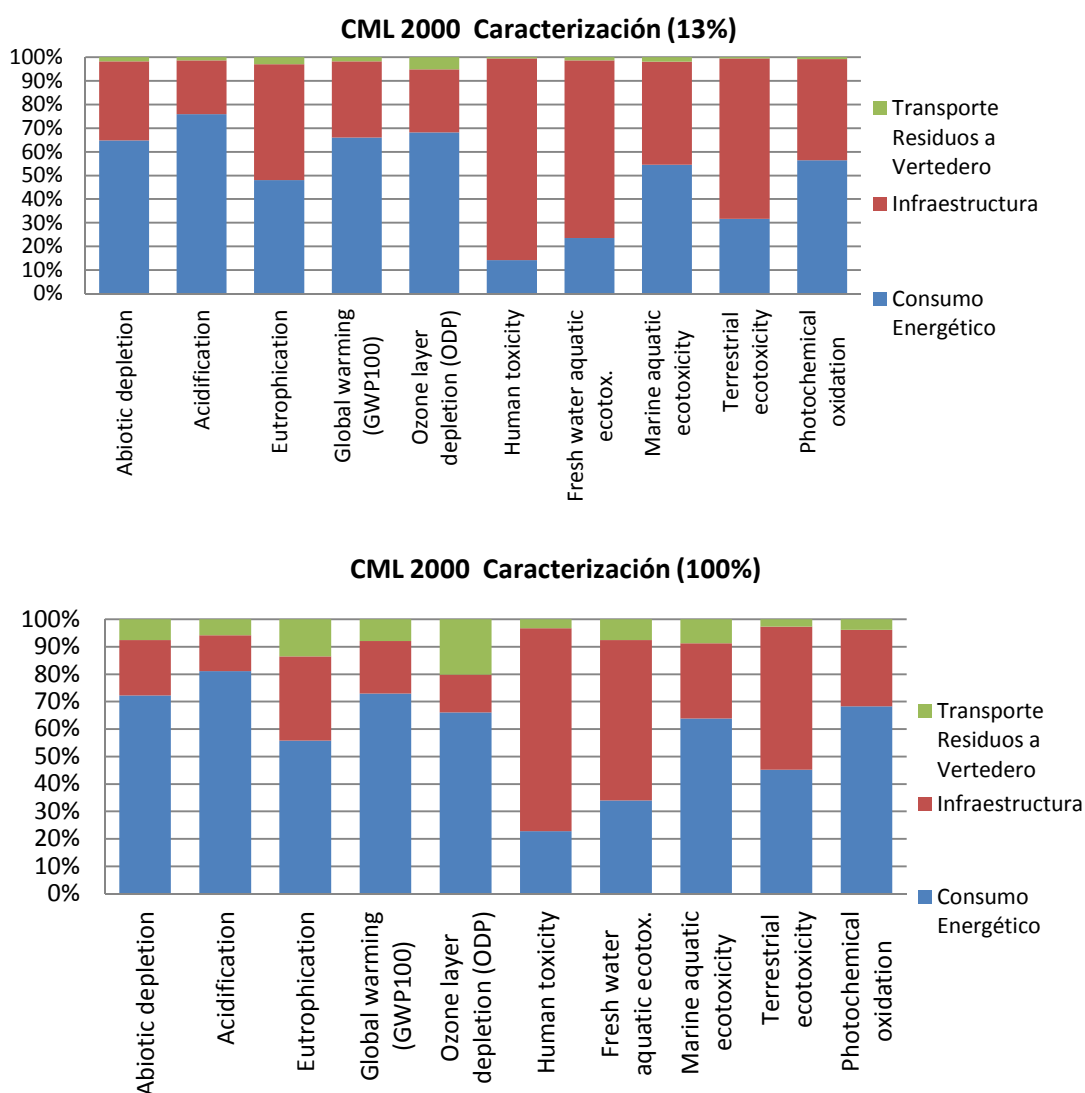
109. Diagrama de barras. Categorías de impacto. Eco – Indicador 99. Sistema neumático completo.

Como se puede ver estos gráficos sustentan la afirmación anterior de que los ciudadanos que disfrutan de este servicio, no se van a ver apenas afectados por los impactos ambientales que la recogida neumática genera.

2.4 CML 2 BASELINE 2000

2.4.1 Caracterización

2.4.1.1 Sistema completo



110. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Sistema neumático completo.

Se observa que, el transporte de residuos al vertedero apenas contribuye a ninguna categoría de impacto con baja utilización, sin embargo su contribución aumenta con la utilización del sistema. En las categorías de impacto enfocadas a la eco – toxicidad, la mayor contribución es la de la infraestructura. Sin embargo, en el resto de categorías de impacto es el consumo energético, el flujo con mayor impacto.

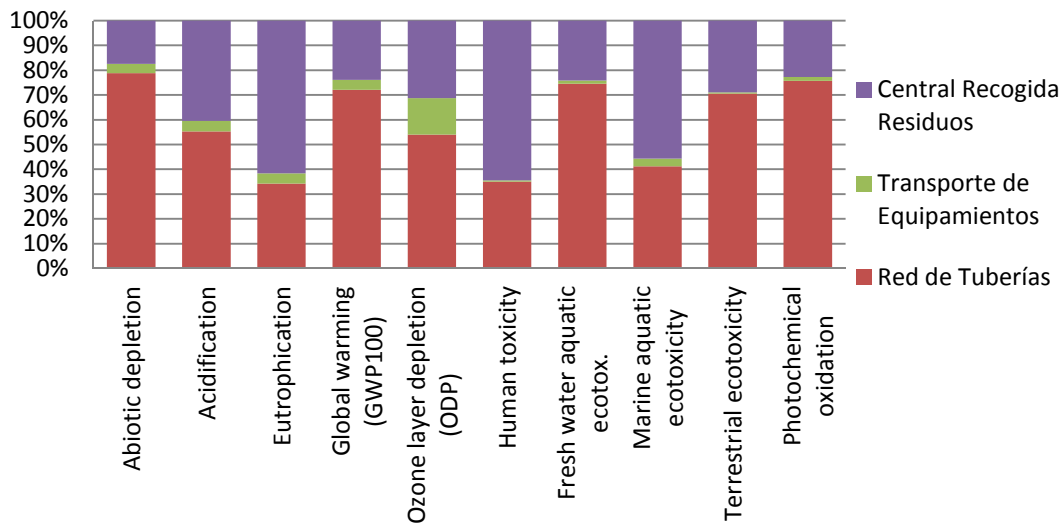
Algunas categorías de impacto presentan daños que son más apreciables en un ámbito globalizado, como la disminución de la capa de ozono y el GWP a 100 años, en cambio el resto de categorías de impacto pueden provocar daño en un ámbito territorial global o localizado.

Además, es importante resaltar que el transporte de residuos al vertedero es el único subsistema analizado que provoca un daño localizado en la zona de estudio, ya que la energía eléctrica, la materia prima y los elementos de la infraestructura, se produce, extrae y producen respectivamente por toda la geografía española e incluso fuera de nuestras fronteras. Por tanto, el servicio de recogida de RSU neumático provocará daño ambiental globalizado y local en aquellas zonas donde se fabriquen las infraestructuras y donde se genera la energía eléctrica consumida por el sistema, pero no son los ciudadanos abastecidos por este servicio los perjudicados por el impacto local.

2.4.1.2 Infraestructura

Para un completo análisis del sistema, se va entrar más en detalle en la infraestructura, ya que es el subsistema más complicado. Se presenta un único diagrama, ya que es independiente de la utilización del sistema.

CML 2000 Caracterización

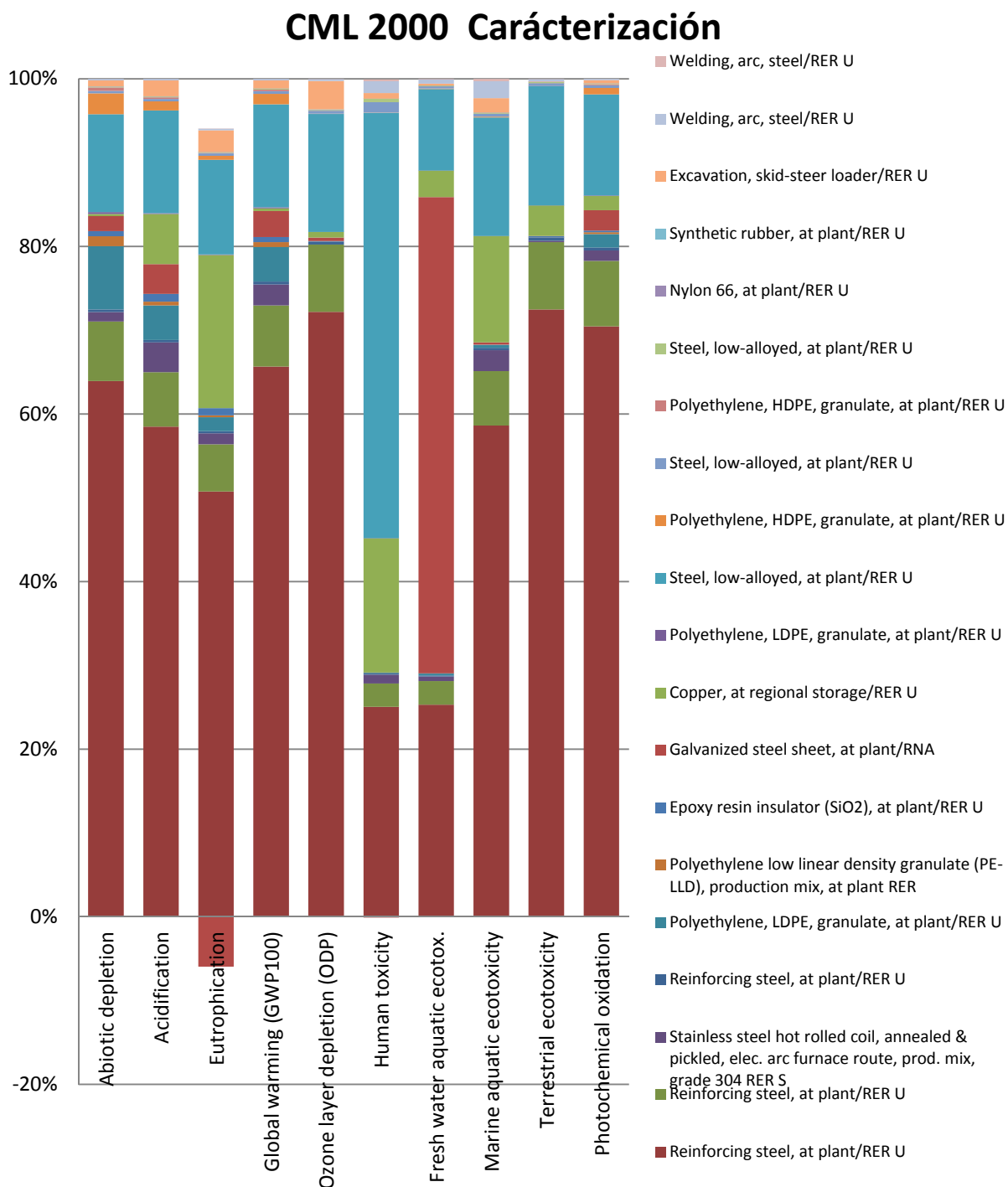


111. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Infraestructura del sistema neumático.

Como se puede observar, el aporte al impacto ambiental del transporte de los equipamientos desde el lugar de fabricación hasta el lugar de implantación es casi despreciable, en todas las categorías de impacto, excepto en la disminución de la capa de ozono que representa un 15 % de la contribución total.

Para la construcción de la red de tuberías se usan infinidad de materiales y flujos de energía que afectan a cada una de las categorías de impacto. Por tanto, para facilitar una toma de decisiones futura en tanto a los materiales a usar o modificación de procesos, se debe analizar este subsistema con más detalle para conocer la contribución de cada flujo a cada categoría de impacto.

2.4.1.2.1 Red de tuberías



112. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Red de tuberías del sistema neumático.

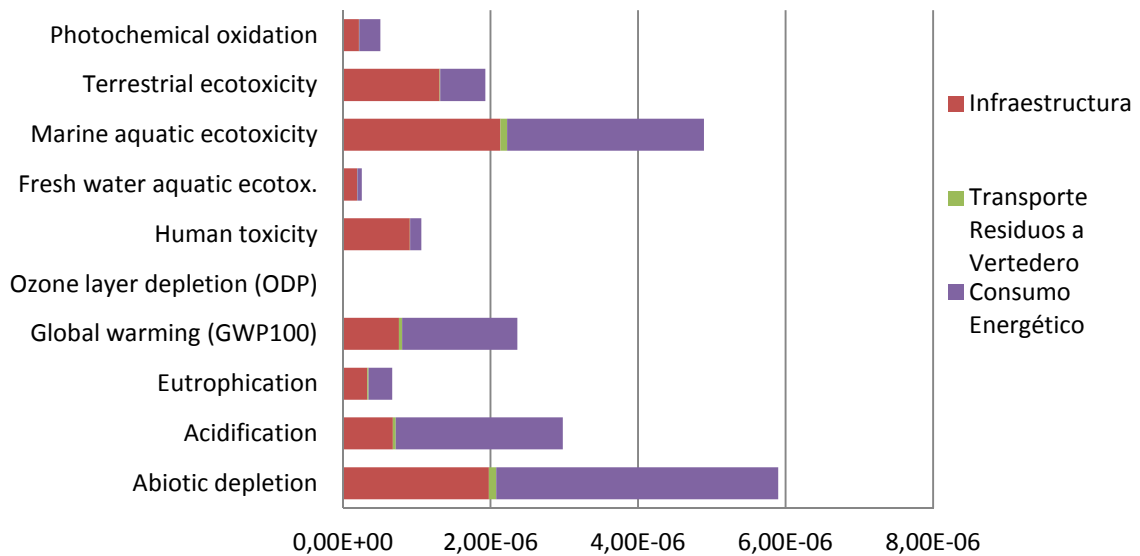
El acero de alta resistencia usado para la fabricación de los tubos de la red de tuberías representa más del 50 % de contribución a todas las categorías de impacto exceptuando, la toxicidad humana y la toxicidad del medio acuático terrestre. En cambio, el acero de baja

aleación es el que más contribuye a la toxicidad humana con más de un 50 % y el acero galvanizado el flujo material más significativo respecto a la Eco-toxicidad de los medios acuáticos terrestres, con también más de un 50 %.

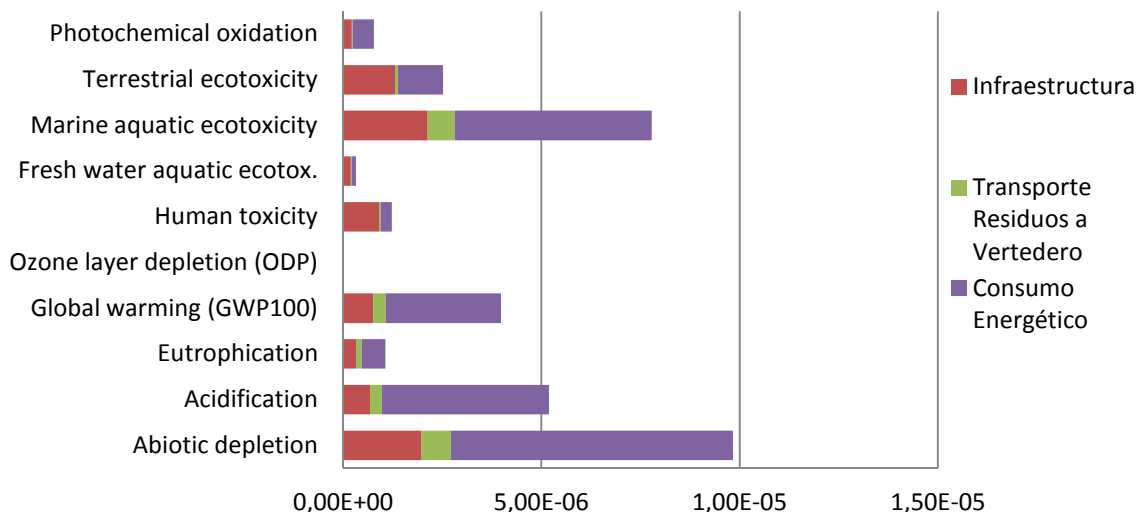
2.4.2 Normalización

2.4.2.1 Sistema completo

CML 2000 Normalización (13%)



CML 2000 Normalización (100%)

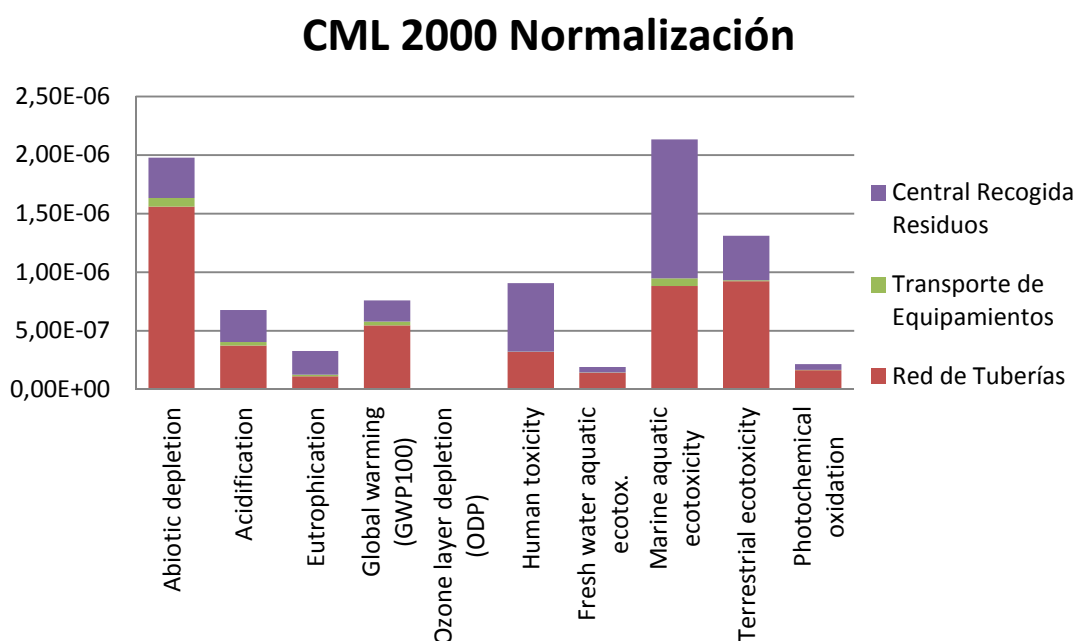


113. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Sistema neumático completo.

La disminución de recursos abióticos y la eco-toxicidad del medio acuático marino son los impactos más significativos, que afectan primordialmente, al lugar donde se produce la energía eléctrica y donde se fabrica la infraestructura. En un segundo plano en importancia, se tiene la acidificación, el potencial de calentamiento global, la toxicidad a los humanos y la eco-toxicidad de los medios terrestres. Sin embargo, la eutrofización, la disminución de la capa de ozono, la eco-toxicidad de los medios acuáticos terrestres y la oxidación fotoquímica son impactos inapreciables, además considerando que se encuentran muy diversificados geográficamente.

Para un completo análisis del sistema, se va entrar más en detalle en la infraestructura, ya que es el subsistema más complicado.

2.4.2.2 Infraestructura



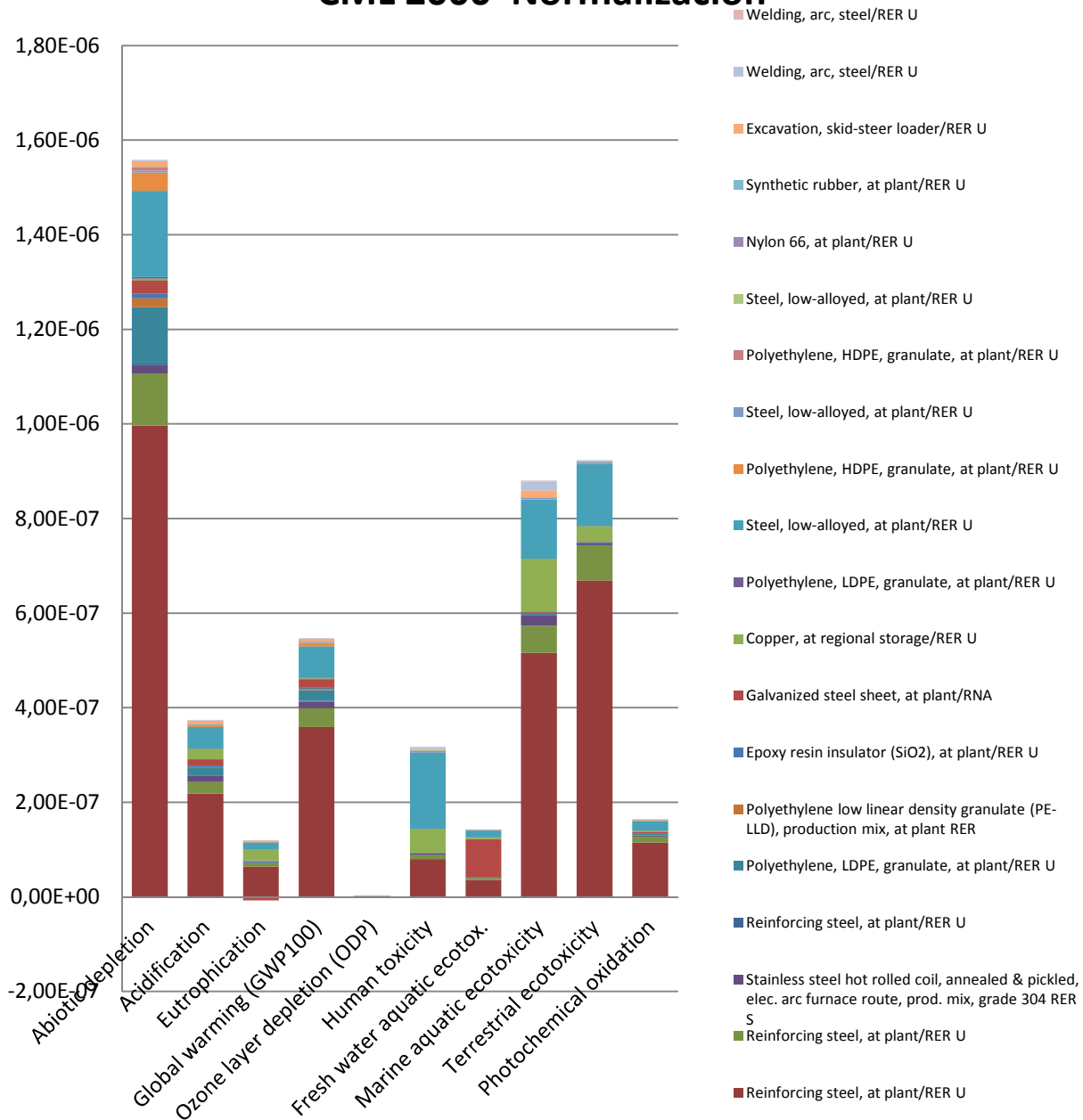
114. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Infraestructura del sistema neumático. Escenario actual.

La importancia de los impactos asociados a la infraestructura se reparte de la misma forma que para el sistema neumático completo.

Para la construcción de la red de tuberías se usan infinidad de materiales y flujos de energía que afectan a cada una de las categorías de impacto. Por tanto, para facilitar una toma de decisiones futura en tanto a los materiales a usar o modificación de procesos, se debe analizar este subsistema con más detalle para conocer que flujos afectan a que categorías y la importancia de esta contribución.

2.4.2.2.1 Red de tuberías

CML 2000 Normalización



115. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Red de tuberías del sistema neumático.

El acero de alta resistencia usado para la fabricación de los tubos de la red de tuberías es el flujo más contaminante con diferencia en casi todas las categorías de impacto, excepto la toxicidad humana y la eco-toxicidad de los medios acuáticos terrestres donde los flujo más contaminantes son el acero de baja aleación y el acero galvanizado respectivamente

En el análisis del inventario de la recogida neumática para el escenario de recogida de capacidad máxima, no se ha analizado la infraestructura como se ha hecho anteriormente, ya que permanece inalterable.

Teniendo en cuenta que en este caso la producción de residuos es siete veces la del escenario de recogida anterior, el consumo eléctrico y el transporte de los residuos desde la central de recogida hasta el vertedero aumentan. El consumo eléctrico no aumenta en la misma proporción que la recogida de residuos, ya que actualmente el sistema no está trabajando de una forma óptima, pero se supone que lo hará. Sin embargo, el transporte de los residuos desde la central de recogida hasta el vertedero si aumenta proporcionalmente a la masa de basura recogida.

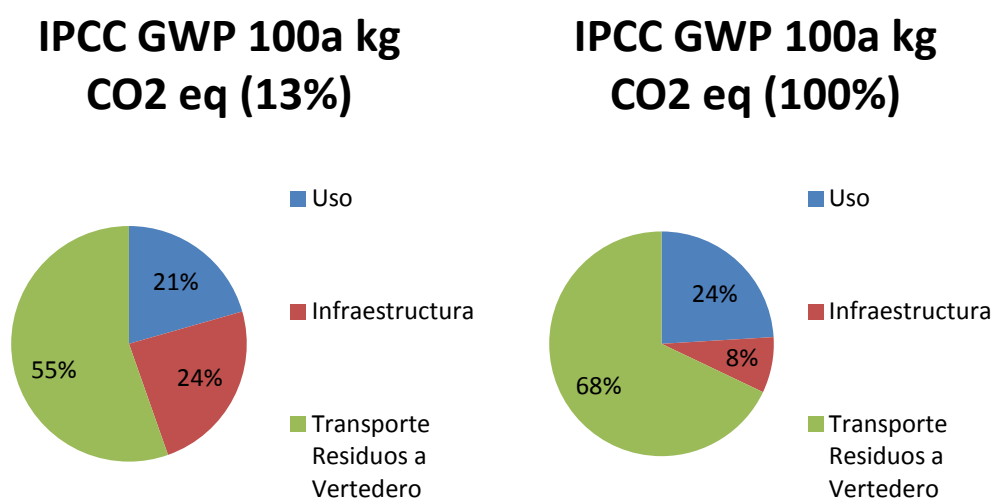
Por tanto, la contribución de la infraestructura en el impacto total del sistema va a disminuir considerablemente.

3 SISTEMA CONTENERIZADO

3.1 IPCC 2007 GWP A 100 AÑOS

3.1.1 Análisis del impacto de los flujos materiales y energéticos

3.1.1.1 *Sistema completo*



116. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos.
IPCC GWP a 100 años. Sistema contenerizado completo

Se observa que al aumentar la cantidad de residuos a recoger, la contribución de la infraestructura al potencial de calentamiento global disminuye drásticamente. Esto es debido a que la central de camiones no es modulable y se debe diseñar para la capacidad de recogida máxima (100%).

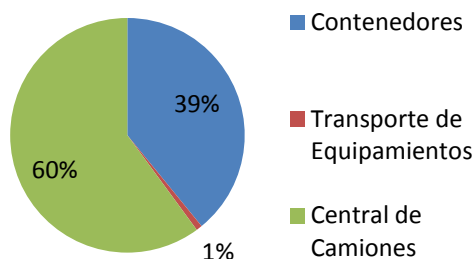
Para tener una visión global de todo el sistema se debe realizar un desglose de los de las fases del ciclo de vida que mayor contribución tiene en el calentamiento global.

El transporte de residuos al vertedero, no se puede desglosar, ya que se ha usado un inventario de una base de datos cuyo análisis, no es objetivo del proyecto.

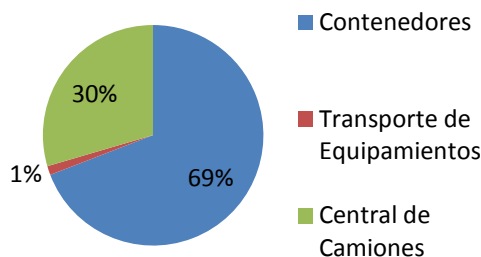
Sin embargo, para la infraestructura y el uso se va a realizar un desglose, ya que sus respectivos inventarios se constituyen por otros subsistemas más reducidos.

3.1.1.2 Infraestructura

IPCC GWP 100a kg CO₂ eq (13%)



IPCC GWP 100a kg CO₂ eq (100%)



117. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Infraestructura sistema contenerizado.

El transporte de los equipamientos se podía haber despreciado por representar menos del 1% del potencial de calentamiento global. Sin embargo, puede ser que otros indicadores nos indiquen mayor contribución.

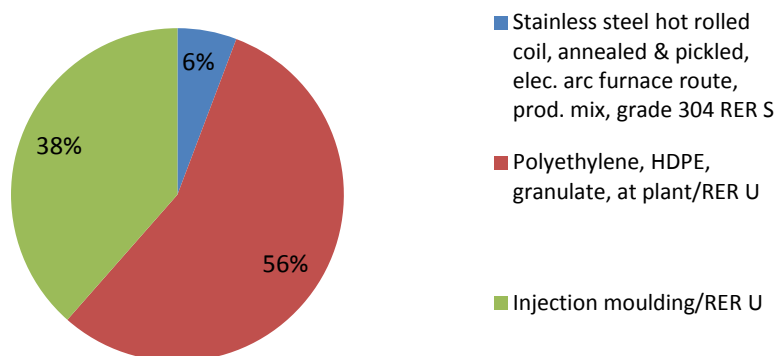
La central de camiones contribuye con un 60% del total de potencial de calentamiento global de la infraestructura. Sin embargo, hay que destacar que este subsistema no es modulable, ya que se debe diseñar según las perspectivas de producción de residuos de una cierta zona y para el primer escenario de recogida está sobredimensionado. Como se puede observar, al 100% de capacidad de la instalación, su contribución pasa al 30%.

El subsistema “contenedores”, tiene su inventario con ciertos flujos energéticos y materiales, por tanto se va a profundizar en su estudio.

3.1.1.2.1 Contenedores

La contribución de cada parte de los contenedores al impacto ambiental, es independiente del número de contenedores, ya que el número de contenedores implantados es totalmente modulable.

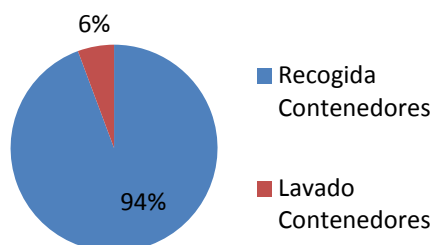
IPCC GWP 100a kg CO2 eq



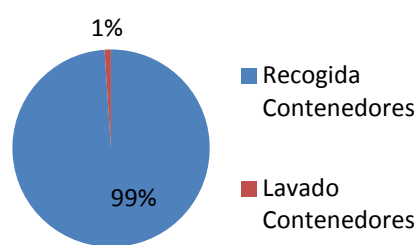
118. Diagrama sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Contenedores sistema contenerizado.

3.1.1.3 Uso

IPCC GWP 100a kg CO2 eq



IPCC GWP 100a kg CO2 eq

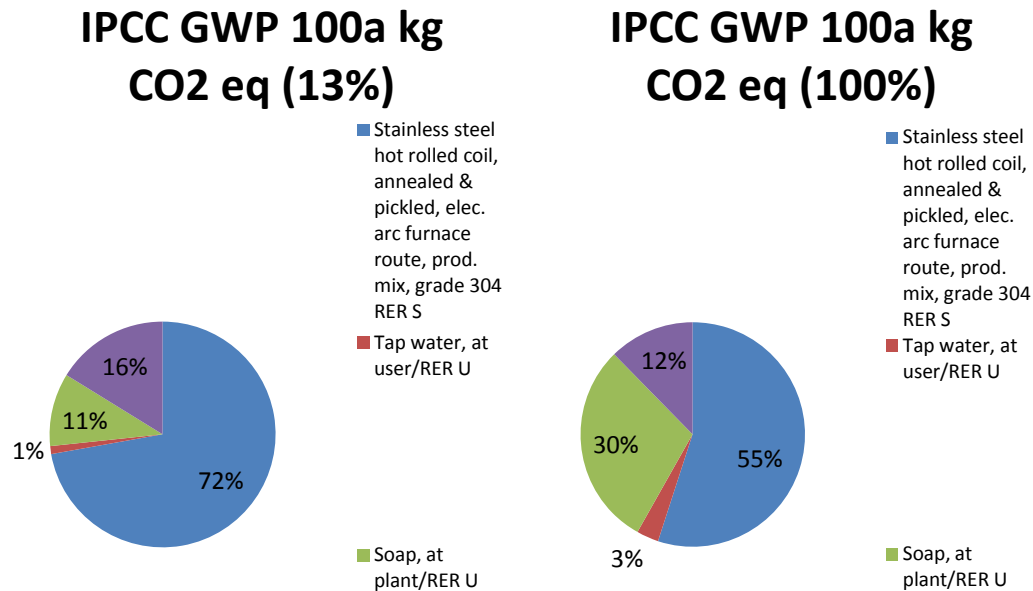


119. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. IPCC GWP a 100 años. Uso del sistema contenerizado.

En el apartado referente al uso del sistema, el lavado de los contenedores es casi despreciable frente a la recogida de los contenedores en el escenario de recogida del 13 %, y se puede considerar despreciable en este aspecto del impacto en el escenario de recogida del 100%. Sin embargo, no se puede obviar su análisis en otros métodos de evaluación de impacto ambiental, ya que el lavado puede resultar decisivo en otras categorías de impacto o daño. Esta disminución de la contribución, se debe a que el equipo de lavado instalado en el camión lavador es independiente del escenario de recogida y su contribución al potencial de calentamiento global como se verá más adelante, disminuye.

Para mayor detalle del subsistema de lavado de contenedores, se va a analizar con mayor profundidad.

3.1.1.3.1 Lavado de contenedores

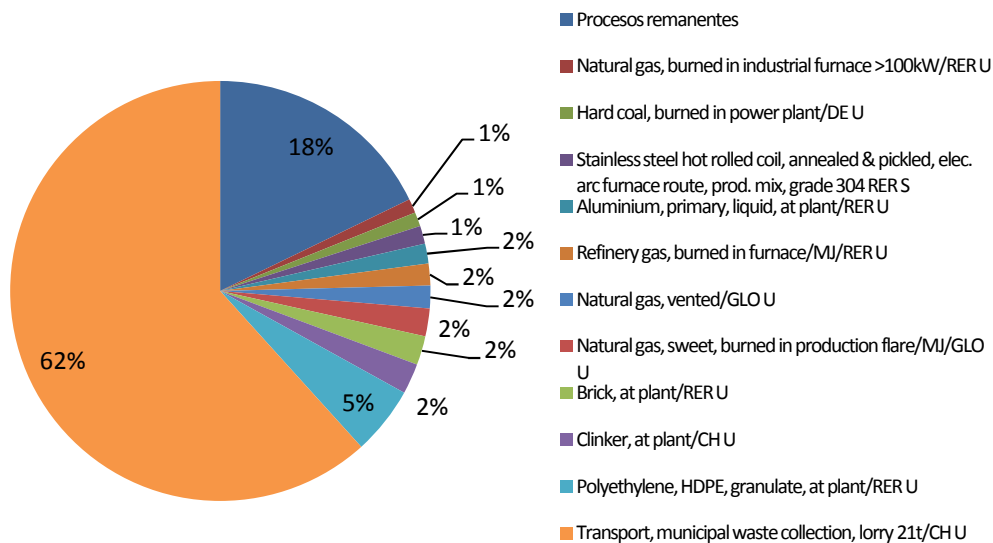


120. *Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos.
IPCC GWP a 100 años. Lavado del sistema contenerizado.*

El consumo de agua apenas tiene relevancia en este aspecto del impacto ambiental, pero puede tener importancia para otros métodos de evaluación ambiental. El equipo de lavado es independiente del escenario de recogida, ya que basta con un único vehículo para el servicio. Por tanto, la contribución del equipo de lavado disminuye y el resto aumenta.

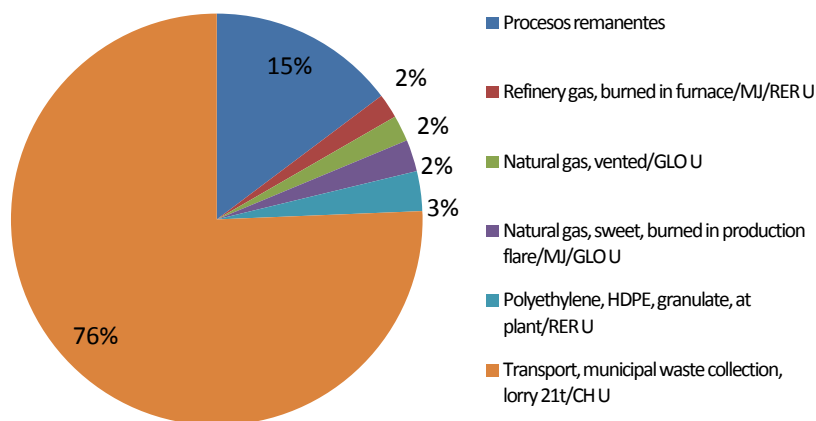
3.1.2 Análisis del impacto de los procesos

IPCC GWP 100a kg CO₂ eq (13%)



121. Diagrama de barras. Procesos. IPCC GWP a 100 años. Sistema contenerizado completo. Escenario actual.

IPCC GWP 100a kg CO₂ eq (100%)

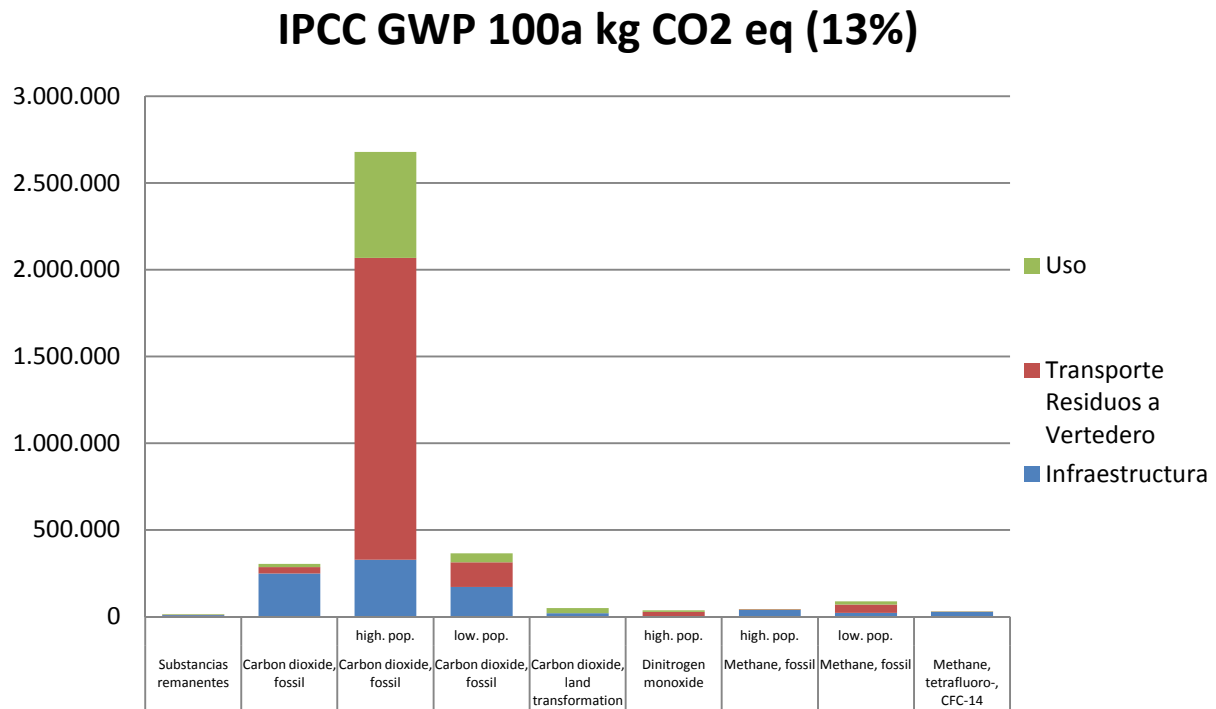


122. Diagrama de barras. Procesos. IPCC GWP a 100 años. Sistema contenerizado completo. Escenario de capacidad máxima.

En ambos escenarios de recogida, el transporte de la recolección de basura es el proceso que contribuye en mayor medida al potencial de calentamiento global, luego está la producción de polietileno con una contribución 30 veces menor. En el primer escenario aparecen muchos

procesos relacionados con la construcción de la central de camiones. En cambio, en el segundo al estar optimizada disminuyen su contribución y se recogen en los procesos remanentes.

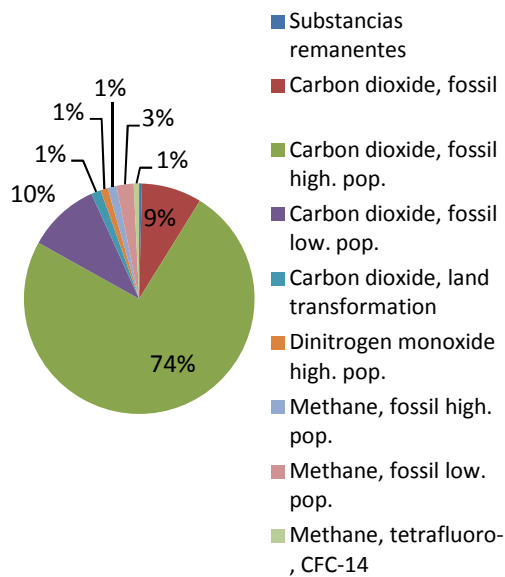
3.1.3 Análisis del impacto ambiental de las sustancias emitidas



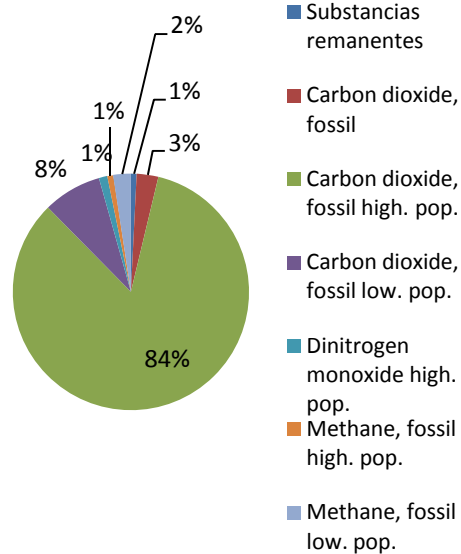
123. Diagrama de barras. Sustancias emitidas. IPCC GWP a 100 años.
Sistema neumático completo. Escenario actual.

Como era de esperar, la sustancia emitida que más repercute en el potencial de calentamiento global del sistema durante la toda su vida útil es el dióxido de carbono producido mayoritariamente en la combustión del gasoil en el motor tanto del camión recolector, como del vehículo lavador. Para una mejor visualización de las proporciones se muestra el diagrama circular como se ha venido haciendo hasta ahora.

IPCC GWP 100a kg CO2 eq (13%)



IPCC GWP 100a kg CO2 eq (100%)



124. Diagrama de sectores circulares. Sustancias emitidas. IPCC GWP a 100 años. Sistema contenerizado completo.

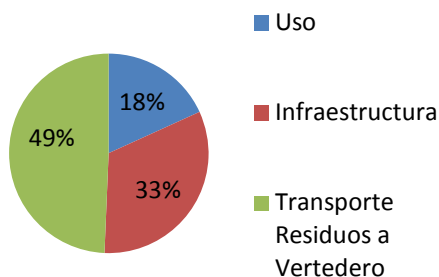
Al realizarse mayor transporte de residuos tanto durante la recogida como en el transporte de los residuos al vertedero, la contribución del dióxido de carbono emitido al quemar combustibles fósiles en los motores de combustión interna aumenta un 10%.

3.2 DEMANDA ACUMULADA DE ENERGÍA PRIMARIA

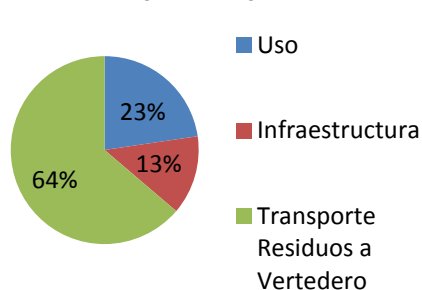
3.2.1 Análisis del impacto de los flujos materiales y energéticos

3.2.1.1 *Sistema completo*

Demanda acumulada energía primaria (Pt) (13%)



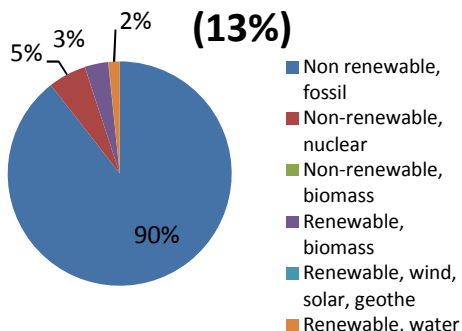
Demanda acumulada energía primaria (Pt) (100%)



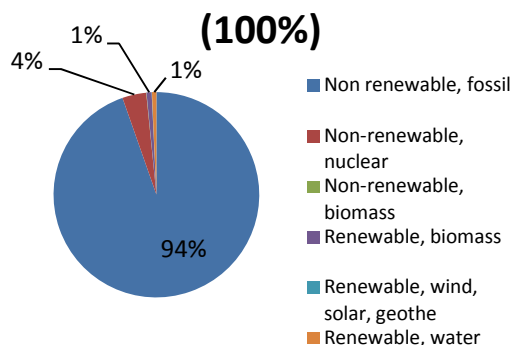
125. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema neumático completo.

Como ya se ha visto en el método de evaluación de impactos anterior, la infraestructura también disminuye su contribución a la demanda de energía primaria total del sistema a medida que se optimiza la central de camiones.

Demanda acumulada energía primaria (Pt) (13%)



Demanda acumulada energía primaria (Pt) (100%)

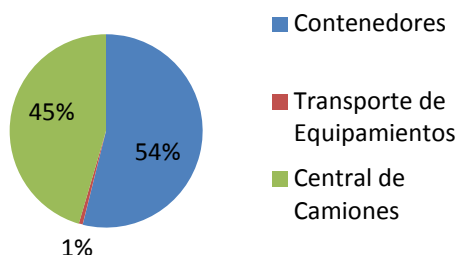


126. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema contenerizado completo.

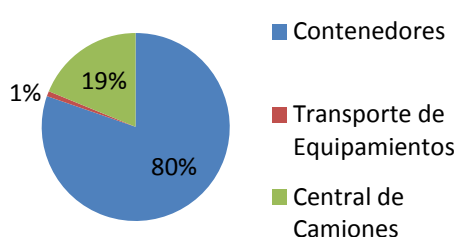
La mayoría demanda acumulada de energía primaria de este sistema proviene de fuentes de energía no renovable y más concretamente de los combustibles fósiles.

3.2.1.2 Infraestructura

Demanda acumulada energía primaria (Pt) (13%)



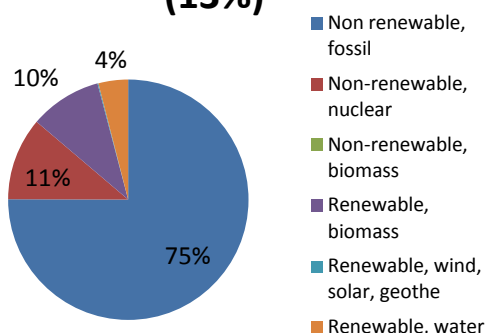
Demanda acumulada energía primaria (Pt) (100%)



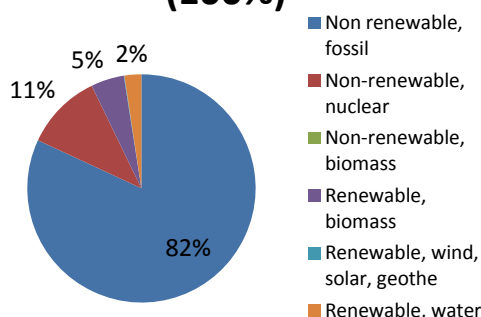
127. Diagrama de barras. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Infraestructura sistema contenerizado.

El transporte de los equipamientos es despreciable para este indicador, ya que representa menos del 1% de la demanda acumulada de energía primaria. También, se observa el efecto de la no modulación de la central de camiones que disminuye su contribución al impacto a medida que se optimiza su uso.

Demanda acumulada energía primaria (Pt) (13%)



Demanda acumulada energía primaria (Pt) (100%)



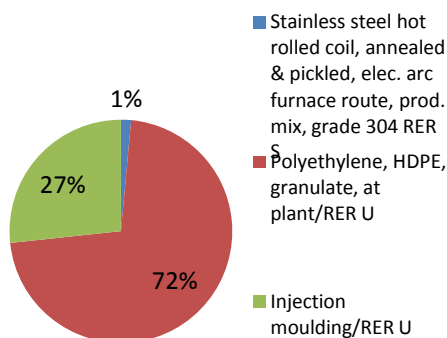
128. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Infraestructura sistema contenerizado.

El consumo de energía primaria de la infraestructura, también se debe principalmente a los combustibles fósiles, ya que todos los procesos usan mayoritariamente productos derivados del petróleo y energía eléctrica, generada a partir de un mix – eléctrico muy dependiente de los combustibles fósiles.

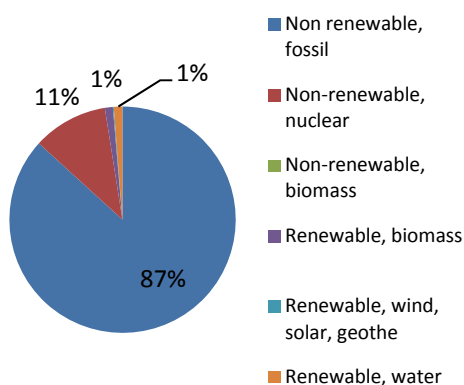
3.2.1.2.1 Contenedores

La distribución de demanda de energía primaria necesaria para el ciclo de vida de los contenedores y la proporción de las fuentes de las que se extrae, son independientes del escenario de recogida, ya que varían de forma proporcional al número de contenedores.

Demanda acumulada energía primaria (Pt)



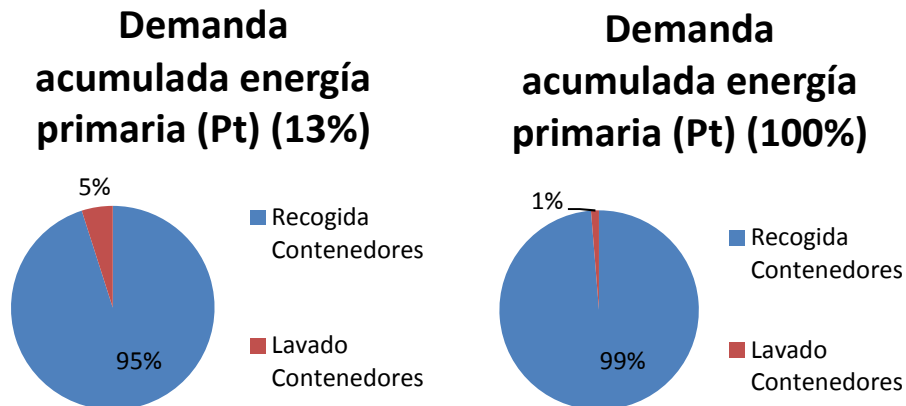
Demanda acumulada energía primaria (Pt)



129. *Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Contenedores sistema contenerizado.*

La contribución del acero inoxidable es despreciable frente al resto. Además, destacar que la obtención y procesado del polietileno se lleva el 72% y la inyección en moldes para obtener el contenedor tan solo el 27%. Además, otra vez las energías no renovables son las predominantes con un 98% y mayoritariamente las de origen fósil.

3.2.1.3 Uso



130. Diagrama de sectores circulares. Flujos materiales y energéticos. Demanda acumulada de energía primaria. Uso sistema contenerizado.

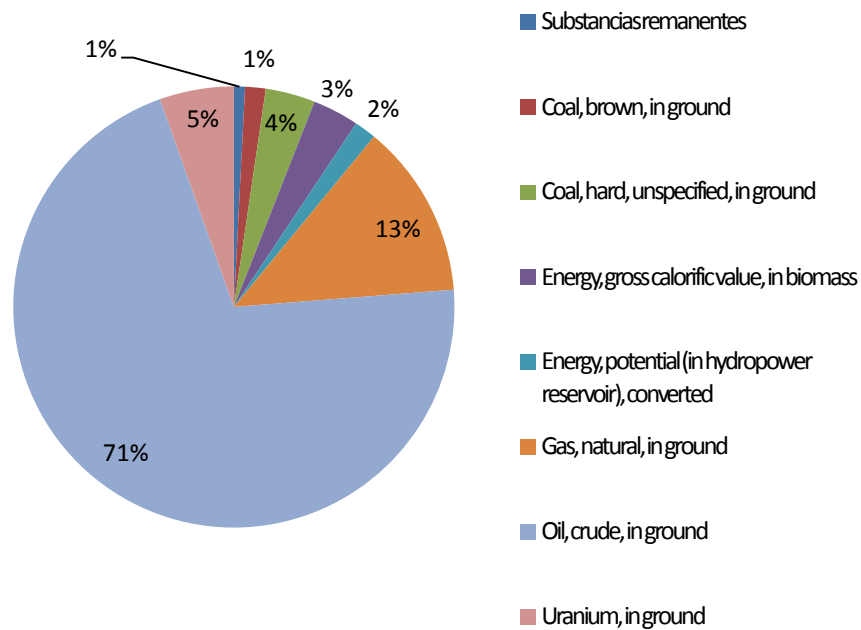
El lavado de los contenedores disminuye su importancia al aumentar la cantidad de residuos recogidos, ya que aunque se lava un mayor número de contenedores, la frecuencia no se modifica. En cambio, la recogida se realiza con mayor frecuencia. Además, esta energía se extraerá mayoritariamente de los combustibles fósiles.

Se puede considerar el lavado de los contenedores, despreciable frente al resto de fases del ciclo de vida.

3.2.2 Análisis del impacto de sustancias

Para poder realizar una toma de decisiones y poder disminuir el consumo de energía primaria y asegurar la sostenibilidad en la extracción de recursos naturales, debemos analizar cuáles son las sustancias que más contribuyen a la demanda acumulada de energía primaria.

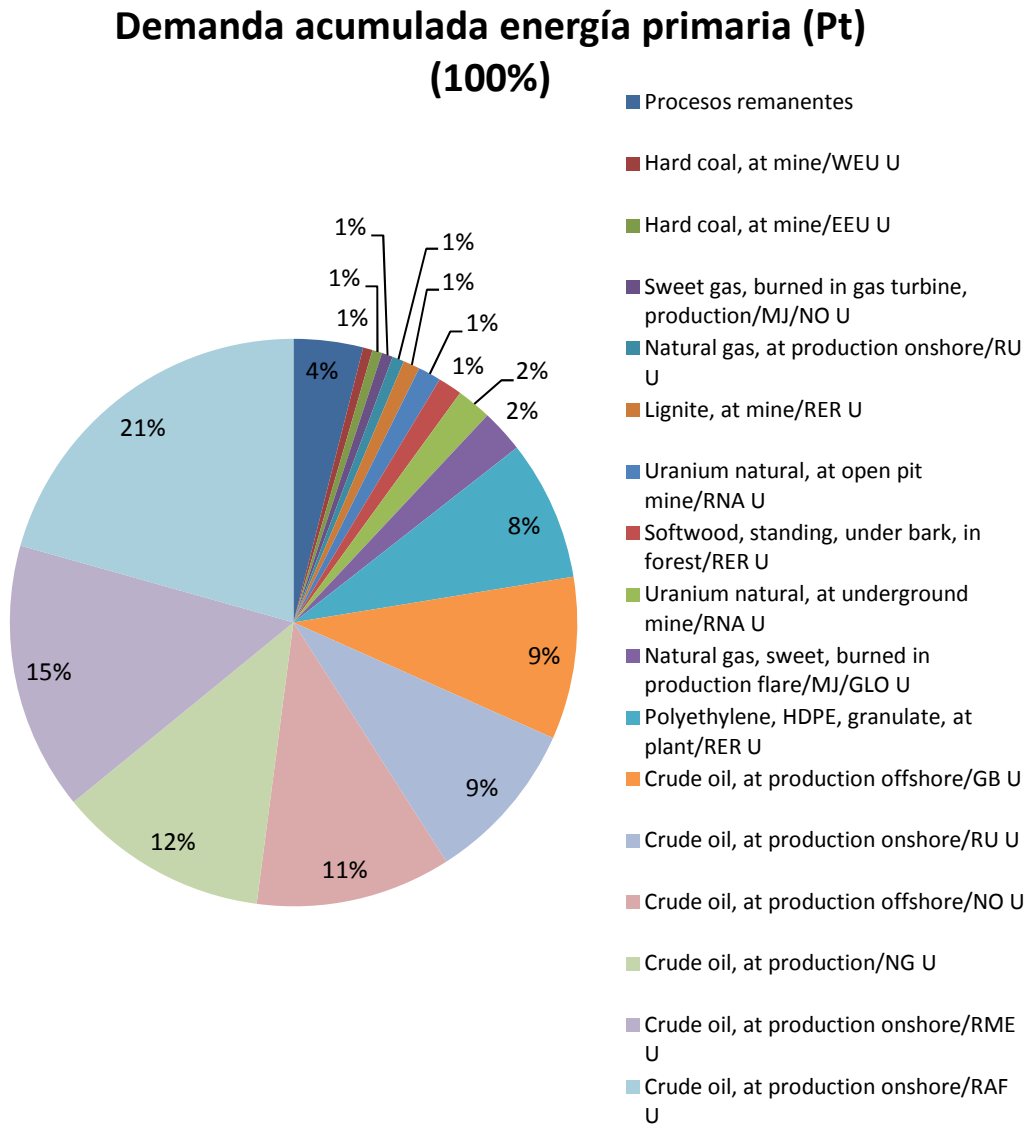
Demanda acumulada energía primaria (Pt) (13%)



131. Diagrama de sectores circulares. Sustancias. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema contenerizado. Escenario actual.

El mayor impacto en lo que respecta a la demanda de energía primaria lo provoca la extracción de petróleo y gas natural de los yacimientos bajo tierra con un 84 % en total y un 5% representa a la extracción del uranio.

3.2.3 Análisis del impacto de procesos



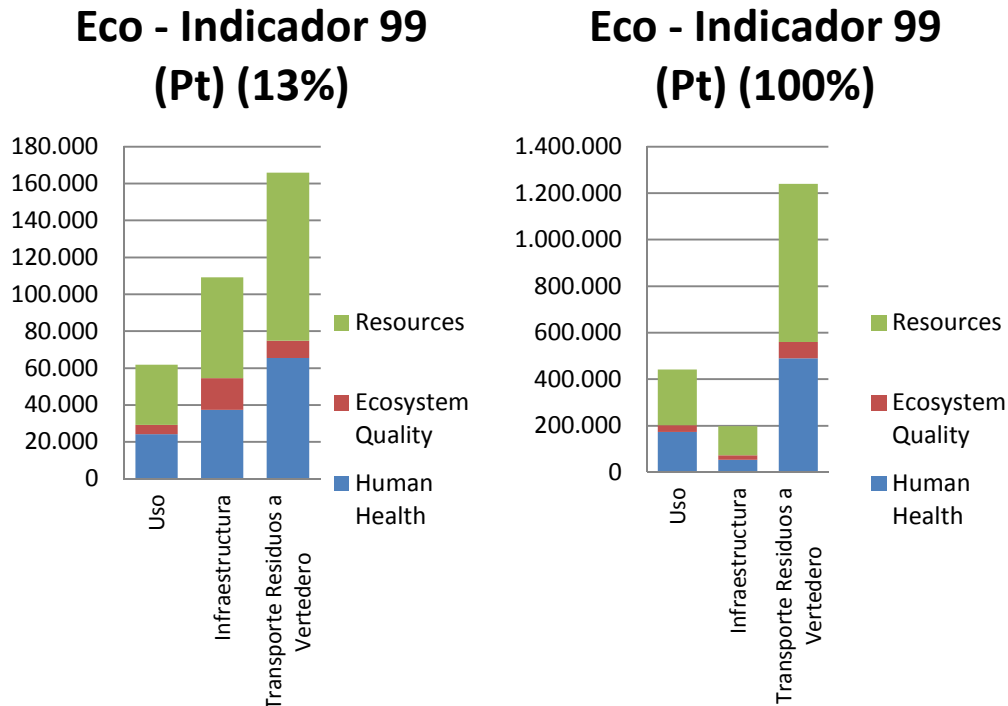
132. Diagrama de sectores circulares. Sustancias. Demanda acumulada de energía primaria. Sistema contenerizado. Escenario de capacidad máxima.

Según el análisis realizado hasta ahora la contribución mayoritaria en todas las fases del ciclo de vida de este sistema, corresponde a los combustibles de origen fósil. Por tanto, los procesos con mayor contribución serán los relacionados con la extracción de estos combustibles. Destacar, que existen diversos procesos para la extracción de petróleo, esto es así ya que se realizan en varios emplazamientos geográficos, en plataformas marinas o en tierra firme. El total del proceso de extracción de petróleo contribuye con el 77% para el escenario de capacidad máxima y algo menor será para el escenario actual.

3.3 ECO – INDICADOR 99

3.3.1 Categorías de daño

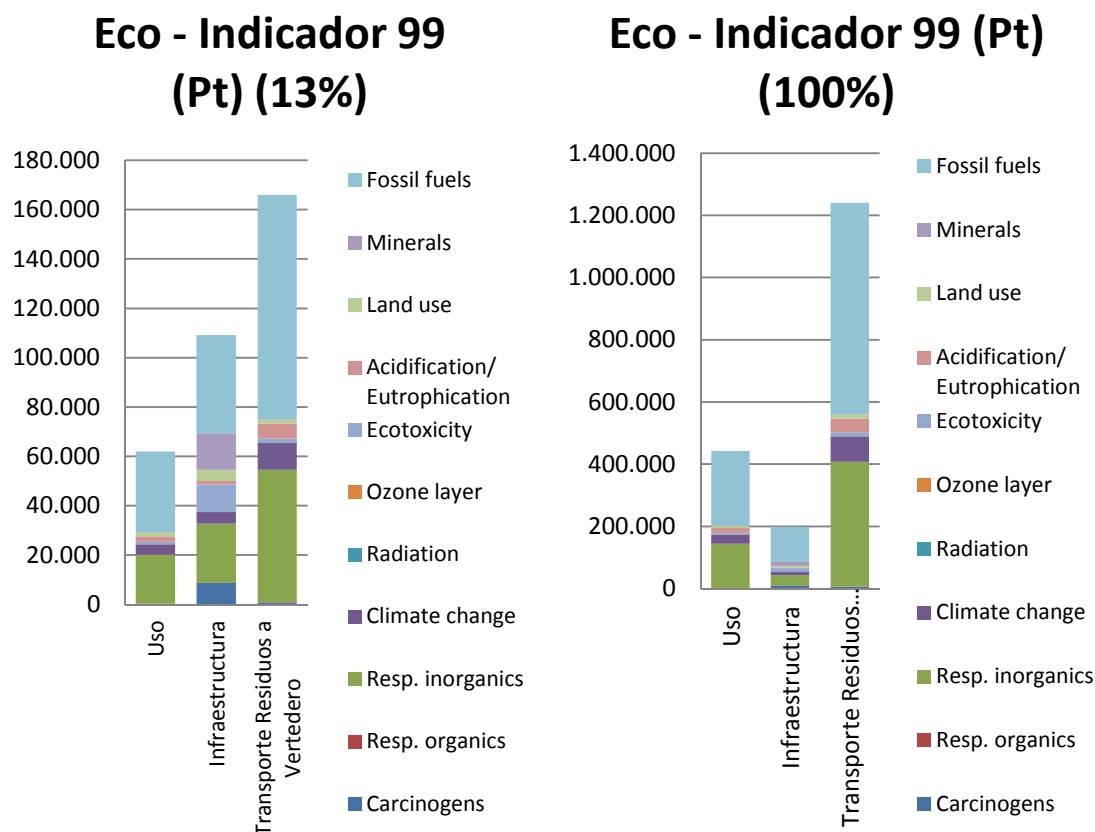
Primeramente, se va a analizar cómo afecta cada fase del ciclo de vida a cada una de las categorías de daño enumeradas con anterioridad.



133. Diagrama de barras. Categorías de daño. Eco – Indicador 99. Sistema contenerizado completo.

3.3.2 Categorías de impacto

Cada una de estas categorías de daño, son provocadas por una serie de impactos que se van a cuantificar para cada una de las fases de ciclo de vida, a continuación.

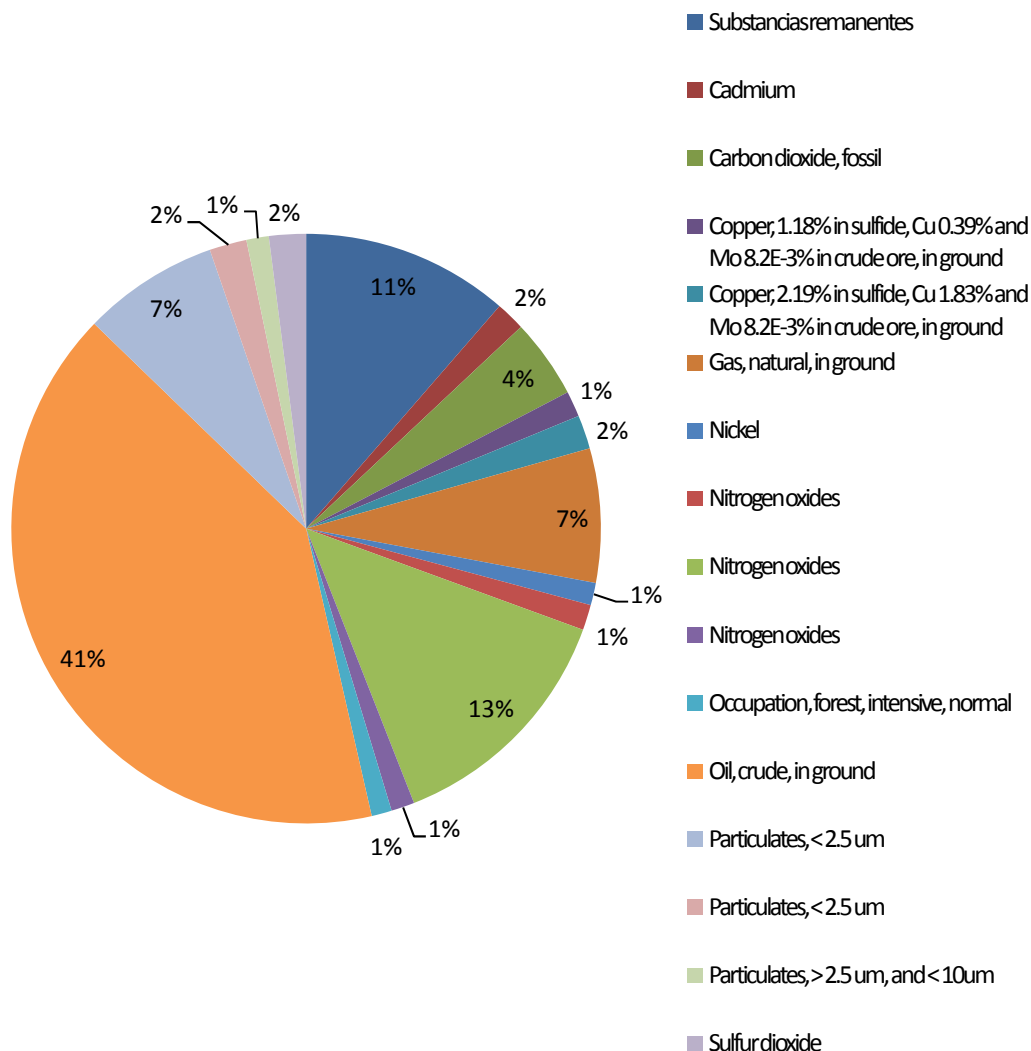


134. Diagrama de barras. Categorías de impacto. Eco – Indicador 99. Sistema contenerizado completo.

La implantación de este servicio va a afectar considerablemente a las reservas de combustibles fósiles. Además, como se ha comentado con anterioridad la respiración de sustancias inorgánicas producidas en la combustión de gasoil en los vehículos recolectores y lavadores pueden ser un gran riesgo para la salud de los ciudadanos que están disfrutando de este servicio. Otra categoría de impacto significativa es el cambio climático, pero a nivel globalizado.

3.3.3 Sustancia

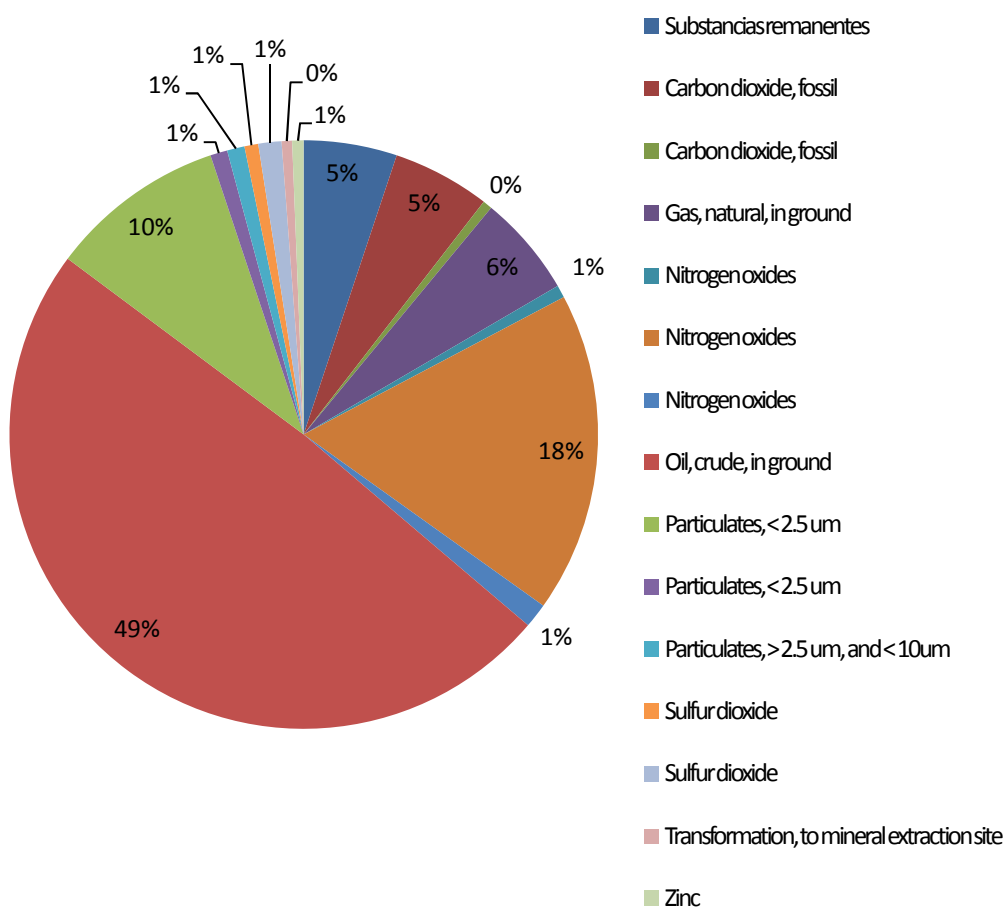
Eco - Indicador 99 (Pt) (13%)



135. Diagrama de sectores circulares. Sustancias. Eco – Indicador 99. Sistema contenerizado completo. Escenario actual.

La sustancia con mayor importancia en el escenario de capacidad actual, en lo que respecta al daño ambiental es el petróleo situado bajo tierra (41%). Posteriormente, tenemos los óxidos, de nitrógeno (15%), partículas de menos de 25 µm (9%), gas natural bajo tierra (7%), dióxido de carbono (4%)...

Eco - Indicador 99 (Pt) (100%)



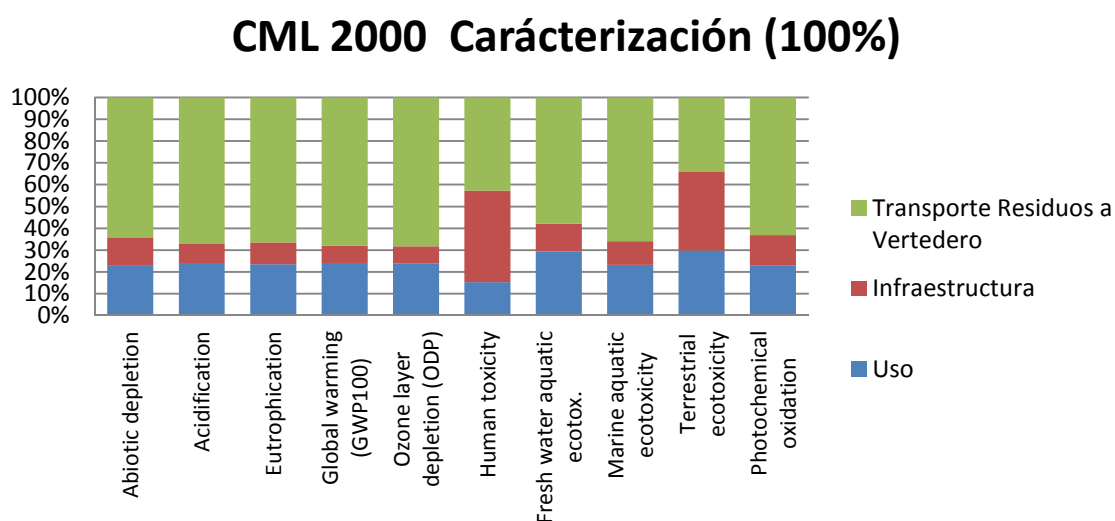
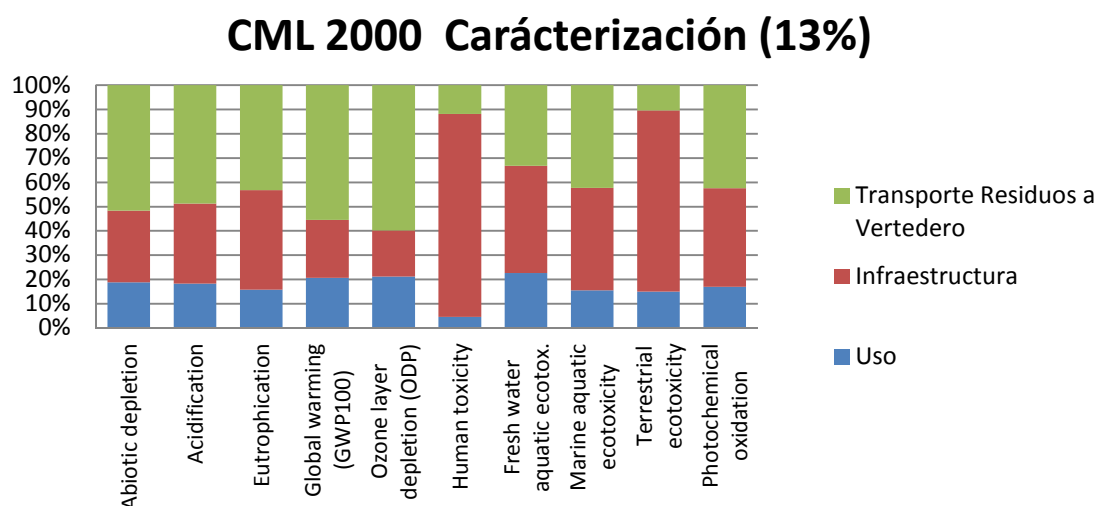
136. Diagrama de sectores circulares. Sustancias. Eco – Indicador 99. Sistema contenerizado completo. Escenario capacidad máxima.

La sustancia con mayor importancia en el escenario de capacidad máxima, en lo que respecta al daño ambiental es el petróleo situado bajo tierra (49%). Posteriormente, tenemos los óxidos, de nitrógeno (20%), partículas de menos de 25 µm (11%), gas natural bajo tierra (6%), dióxido de carbono (4%)...

3.4 CML 2 BASELINE 2000

3.4.1 Caracterización

3.4.1.1 Sistema completo

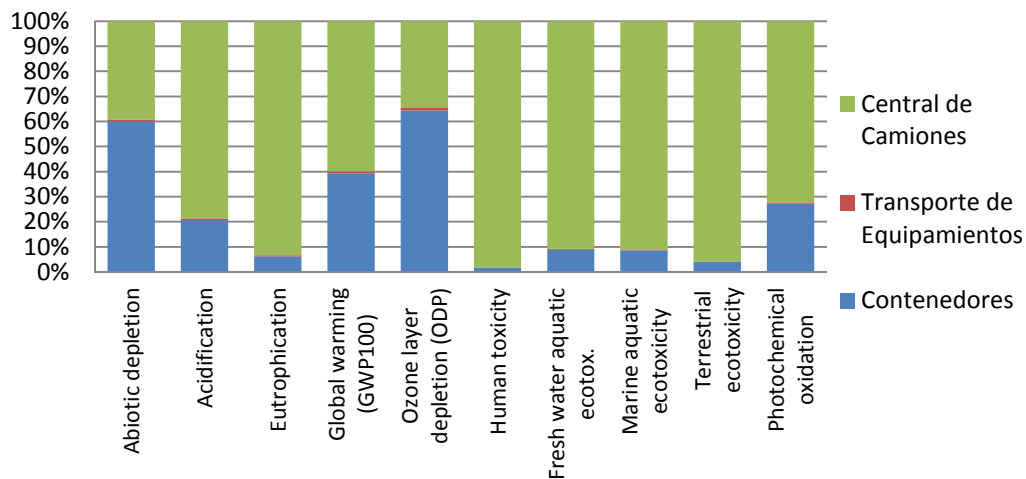


137. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Sistema contenerizado completo

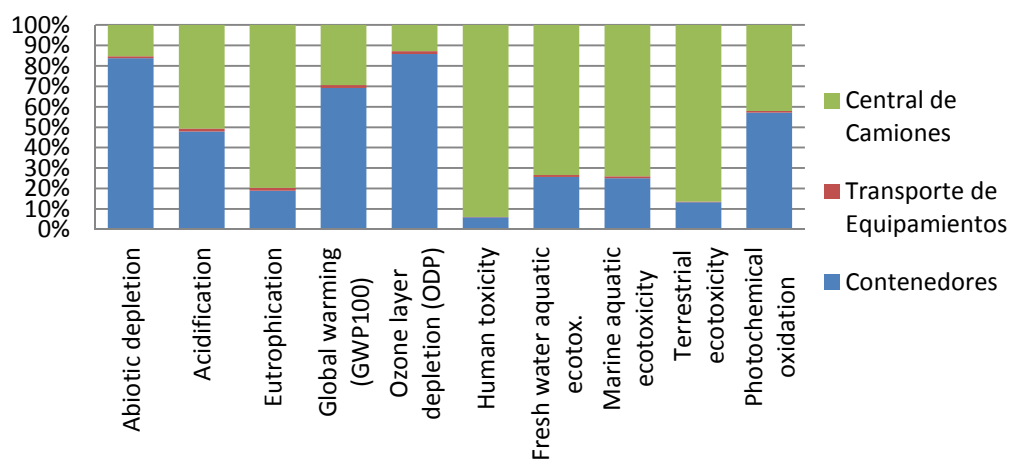
Como se puede ver la infraestructura pierde importancia en todas las categorías de impacto cuando se optimiza su funcionamiento, ya que la central de camiones se dimensiona para poder dar servicio en caso de capacidad máxima. Sin embargo, las otras dos fases del ciclo de vida contribuyen cada vez más a todas las categorías de impacto a medida que se optimiza el funcionamiento del sistema.

3.4.1.2 Infraestructura

CML 2000 Caracterización (13%)



CML 2000 Caracterización (100%)



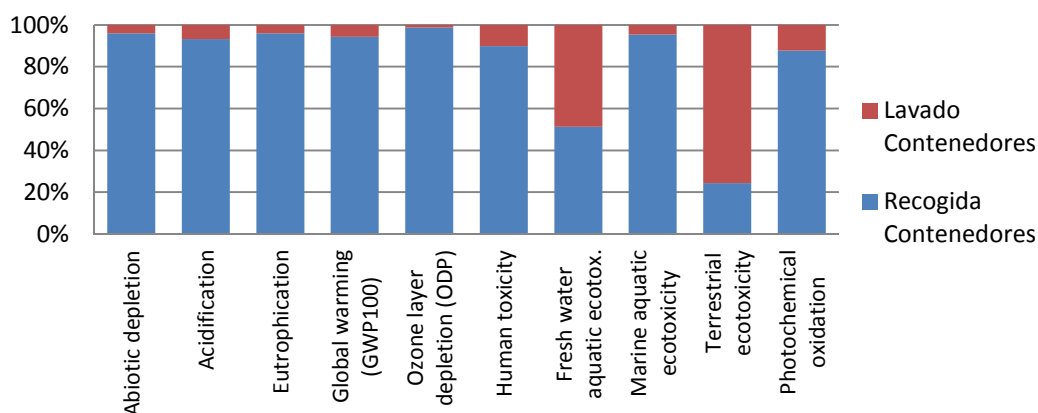
138. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Infraestructura del sistema contenerizado. Escenario actual.

Como se puede observar, el aporte al impacto ambiental del transporte de los equipamientos desde el lugar de fabricación hasta el lugar de implantación es despreciable, en todas las categorías de impacto.

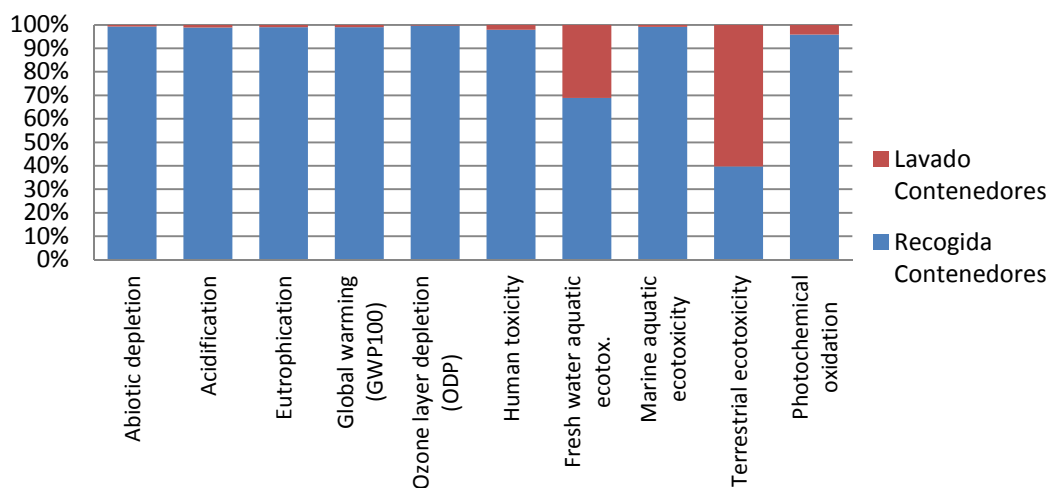
Además, al ser la central de camiones no modulable a la cantidad de residuos recogidos, su contribución disminuye al optimizar su espacio para el segundo escenario de recogida. Sin embargo, los contenedores aumentan proporcionalmente al aumento de los residuos producidos, por tanto su contribución aumenta respecto al resto.

3.4.1.3 Uso

CML 2000 Caracterización (13%)



CML 2000 Caracterización (100%)



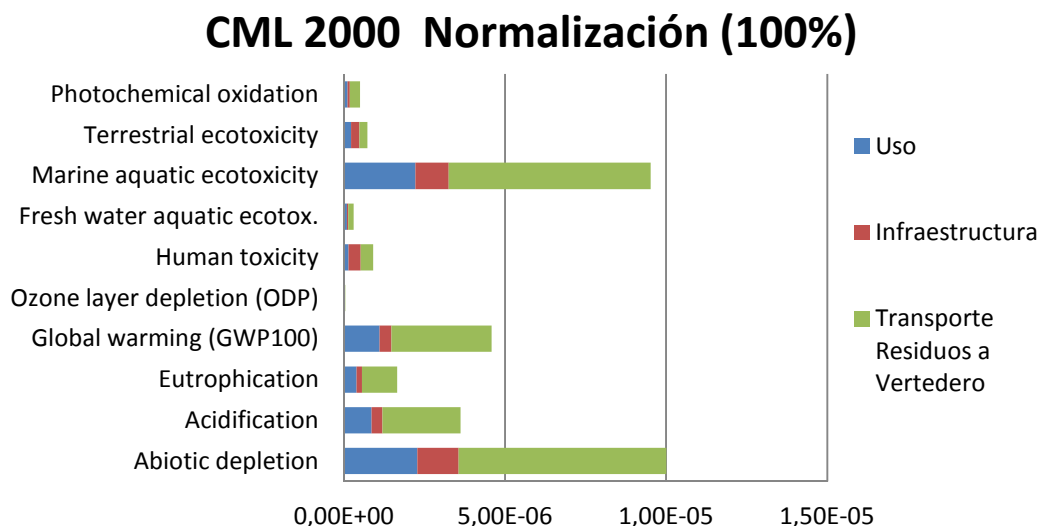
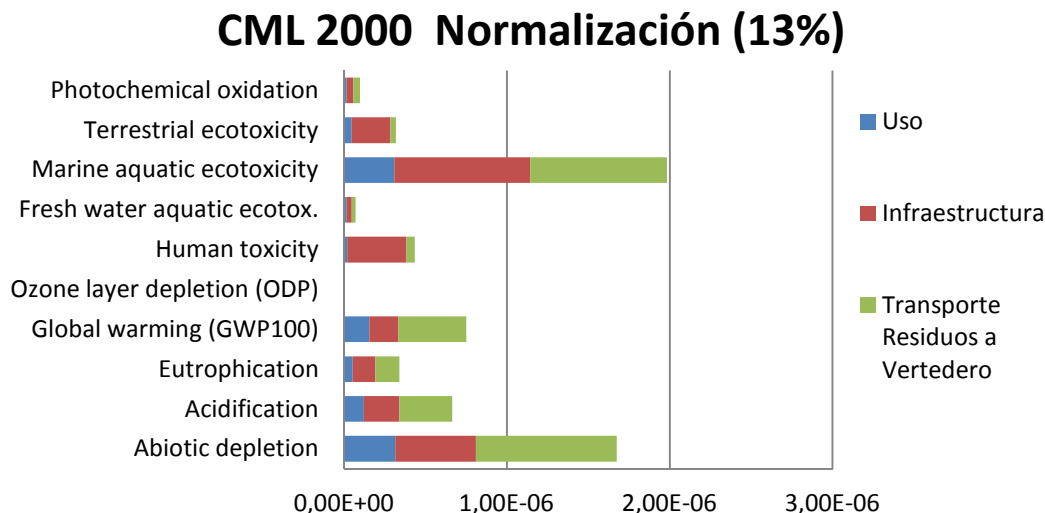
139. Diagrama de barras. Caracterización. CML 2000. Uso del sistema contenerizado. Escenario actual.

La recogida de contenedores representa mayor impacto en todas las categorías, excepto en la eco-toxicidad terrestre que es el lavado la fase de ciclo de vida más dañina, por tanto se profundizará en la normalización. El lavado de contenedores también contribuye especialmente a la eco-toxicidad del agua dulce.

También, dado que el lavado de contenedores mantiene su frecuencia de operación y la recogida aumenta al cambiar de escenario de recogida, la contribución a las categorías de impacto, disminuye y aumenta respectivamente.

3.4.2 Normalización

3.4.2.1 Sistema completo



140. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Sistema contenerizado completo.

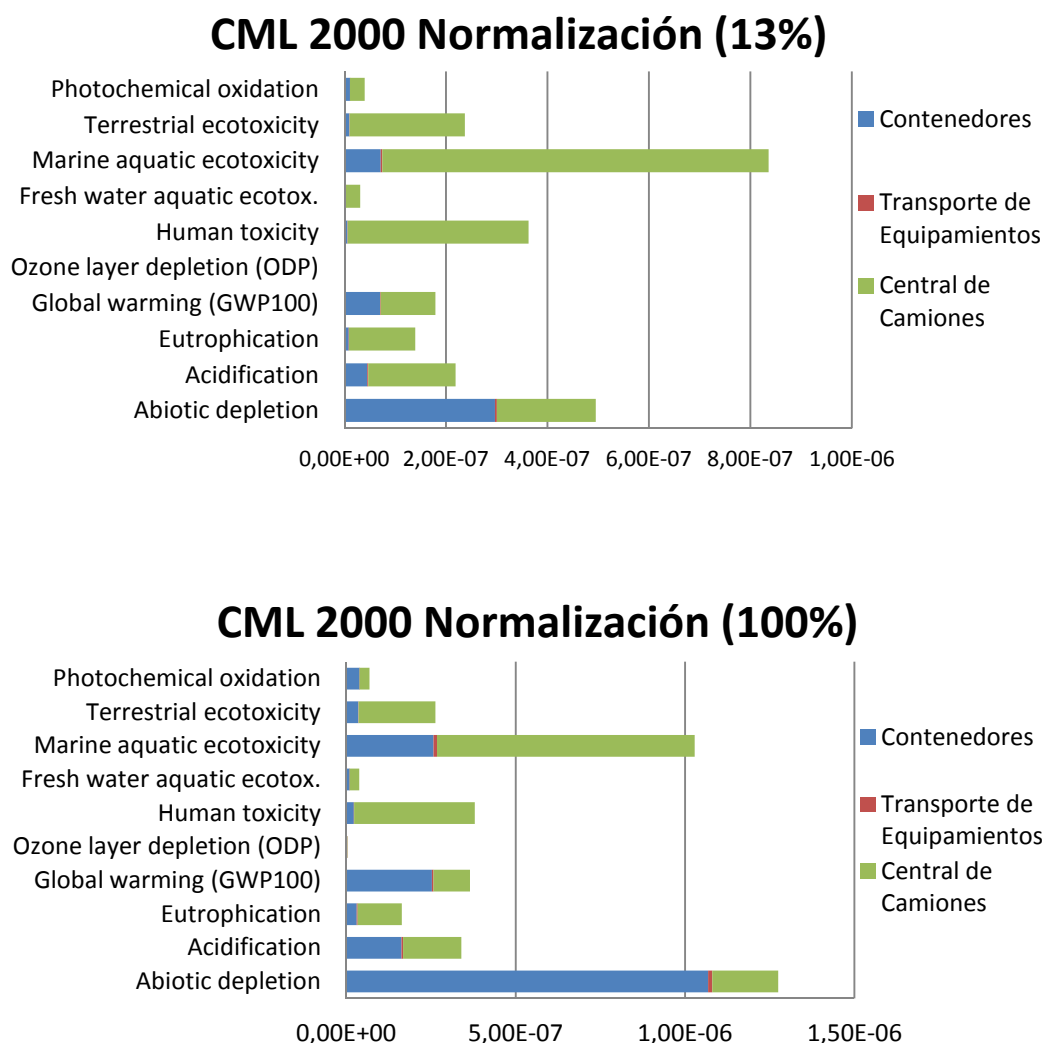
La disminución de recursos abióticos y la eco-toxicidad del medio acuático marino son las categorías de impacto más significativas, que afectan parte al lugar de emplazamiento del sistema debido a las fases del ciclo de vida del uso y del transporte de residuos al vertedero, y parte a los lugares de producción de la infraestructura.

En un segundo plano en importancia, se tiene la acidificación, eutrofización, el potencial de calentamiento global, la toxicidad a los humanos y la eco-toxicidad de los medios terrestres. Sin embargo, la disminución de la capa de ozono, la eco-toxicidad de los medios

acuáticos terrestres y la oxidación fotoquímica son categorías de impacto inapreciables, además considerando que se encuentran muy diversificadas geográficamente.

Para un completo análisis del sistema, se va entrar más en detalle en la infraestructura, ya que es el subsistema más complicado.

3.4.2.2 Infraestructura

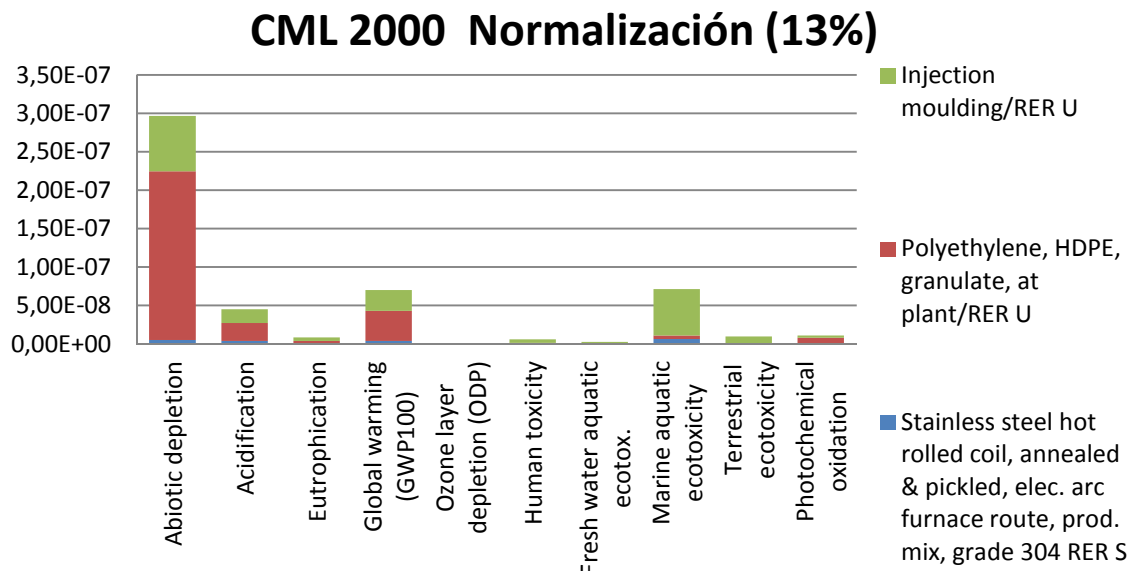


141. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Infraestructura del sistema contenerizado.

Como se puede ver la central de camiones es el subsistema predominante en todas las categorías de impacto, excepto en la disminución de recursos abióticos donde predominan los contenedores para el escenario actual. Sin embargo, para el escenario de capacidad máxima, los contenedores van adquiriendo importancia en categorías de impacto como: la eco-toxicidad de

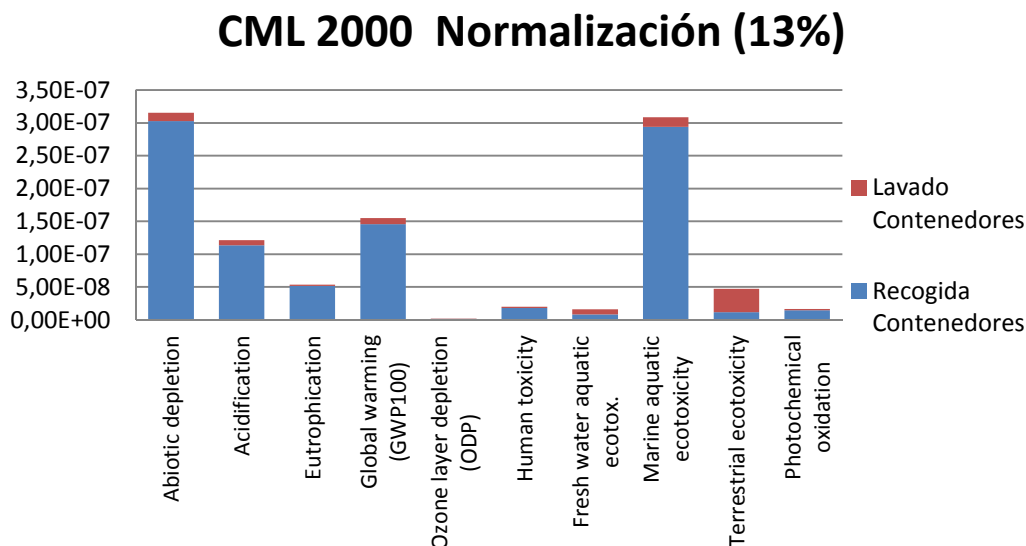
medios acuáticos terrestres, acidificación y potencial de calentamiento global. El transporte de equipamientos es despreciable para los 2 escenarios.

3.4.2.2.1 Contenedores



142. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Contenedores del sistema contenerizado.

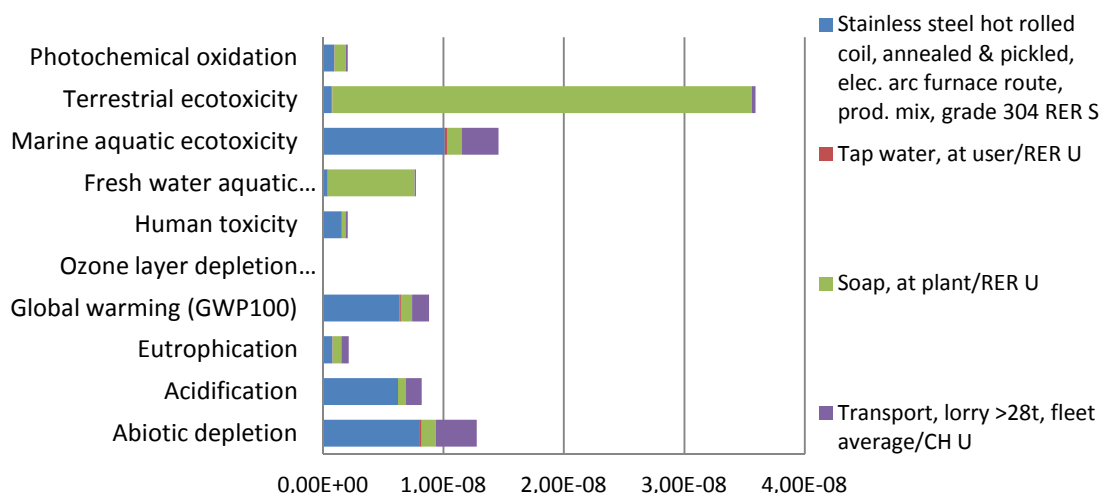
3.4.2.3 Uso



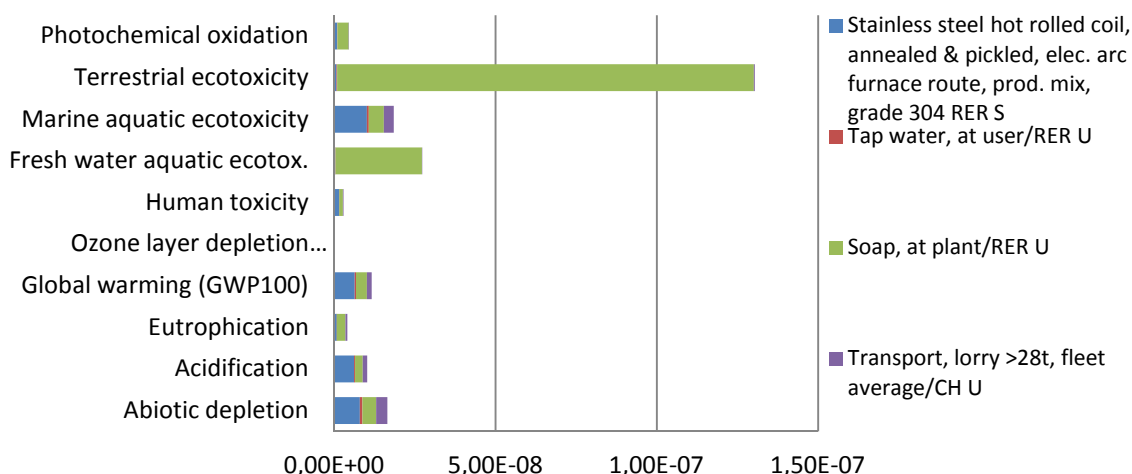
143. Diagrama de barras. Normalización. CML 2000. Uso del sistema contenerizado. Escenario actual.

3.4.2.3.1 Lavado contenedores

CML 2000 Normalización (13%)



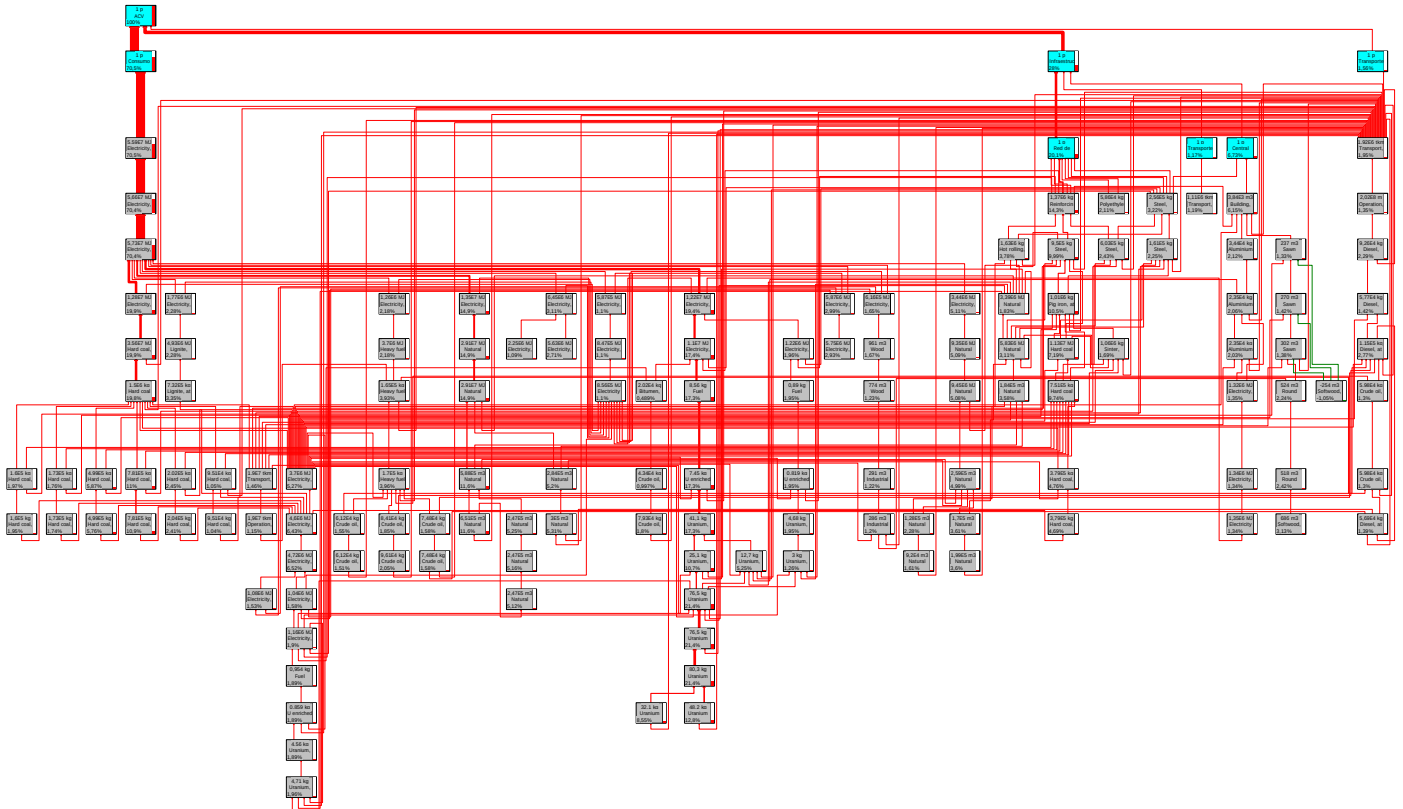
CML 2000 Normalización (100%)



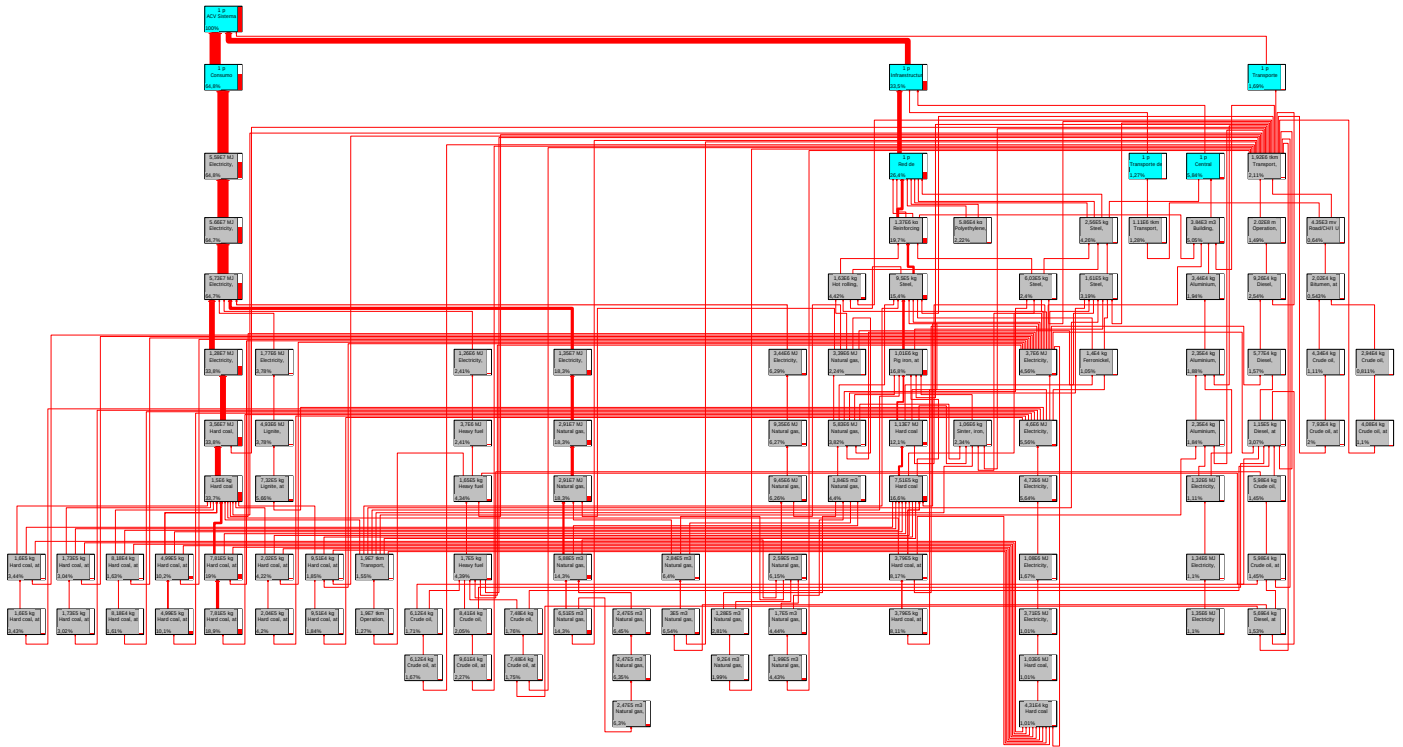
144. Diagramas de barras. Normalización. CML 2000. Lavado de contenedores del sistema contenerizado.

A la vista de los diagramas anteriores, hay que prestar especial atención al detergente usado para el lavado por su gran contribución a la eco-toxicidad de los medios terrestres y la eco-toxicidad de los ecosistemas de agua dulce. Sin embargo, no se dispone información de un detergente comercial, ya que por secreto profesional solo se da información cualitativa y no cuantitativa. Por tanto, el impacto que se está analizando es el correspondiente a un detergente genérico de la base de datos ecoinvent.

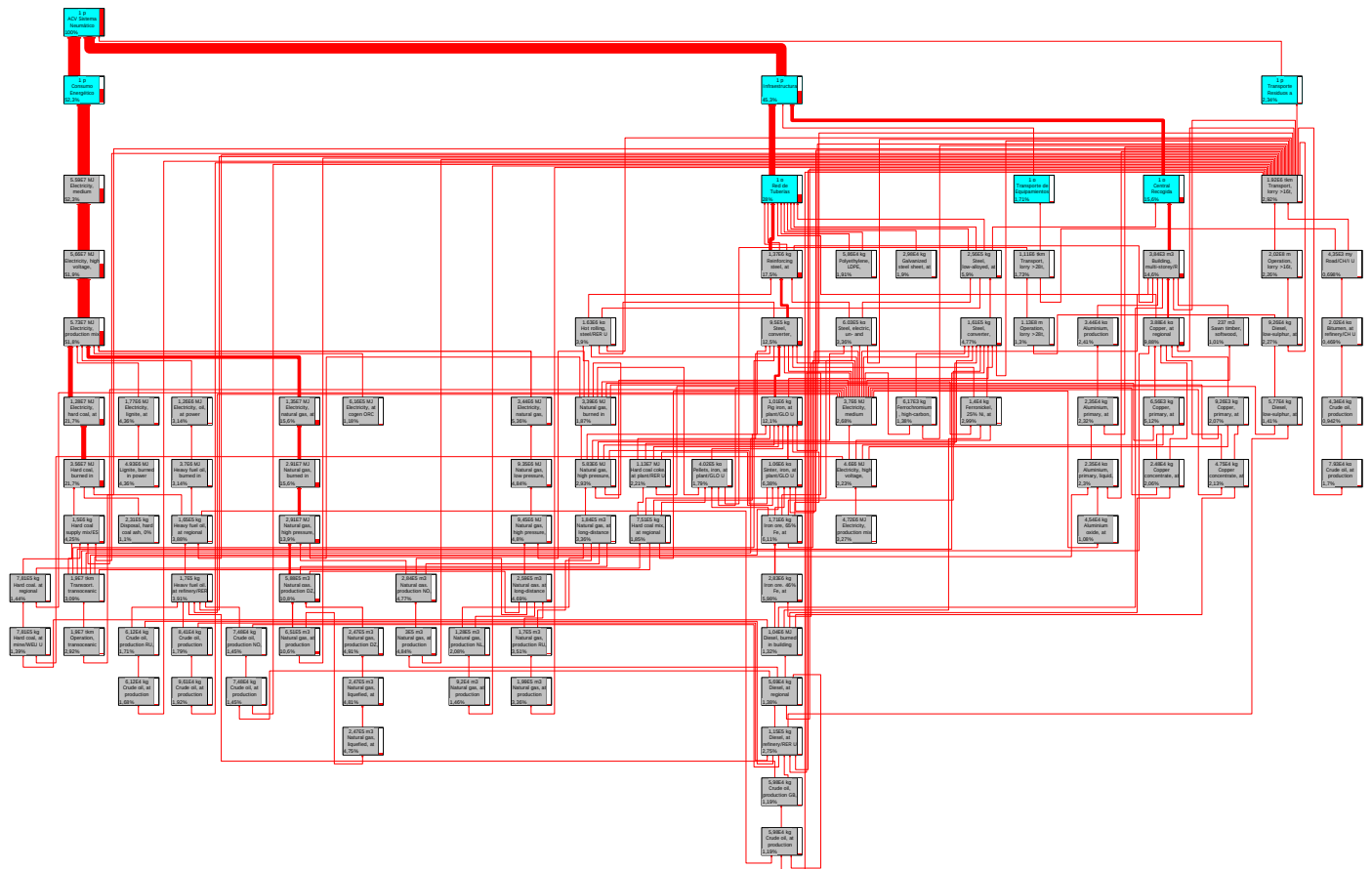
Producto: ACV Sistema Neumático
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema neumatico
Método: Cumulative Energy Demand V1.07 / Cumulative energy demand
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



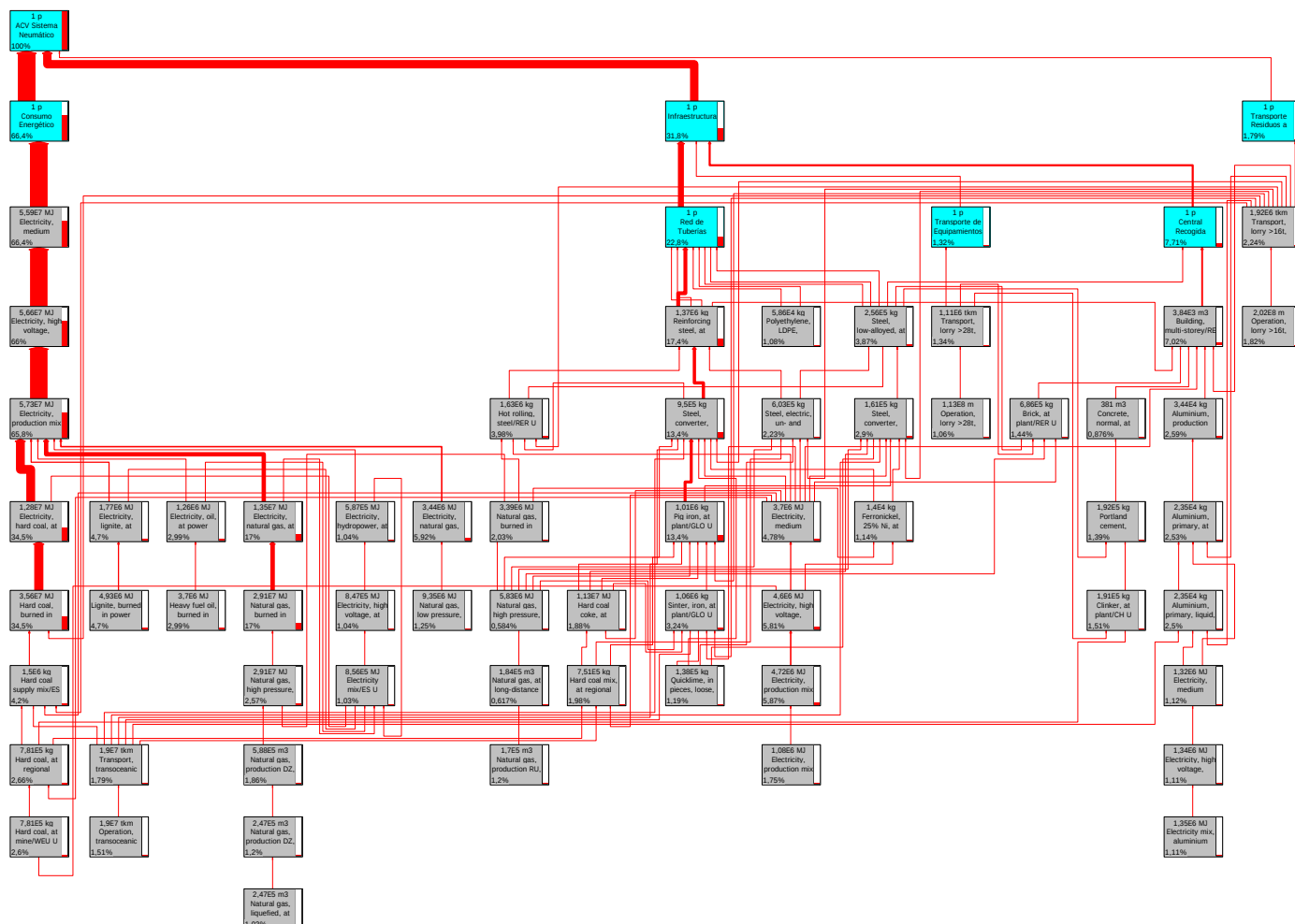
Producto: ACV Sistema Neumático
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema neumático
Método: CML 2 baseline 2000 V2.05 / West Europe, 1995
Volumen seleccionado: Normalización, Abiotic depletion
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



Producto: ACV Sistema Neumático
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema neumático
Método: Eco-indicator 99 (H) V2.07 / Europe EI 99 H/A
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



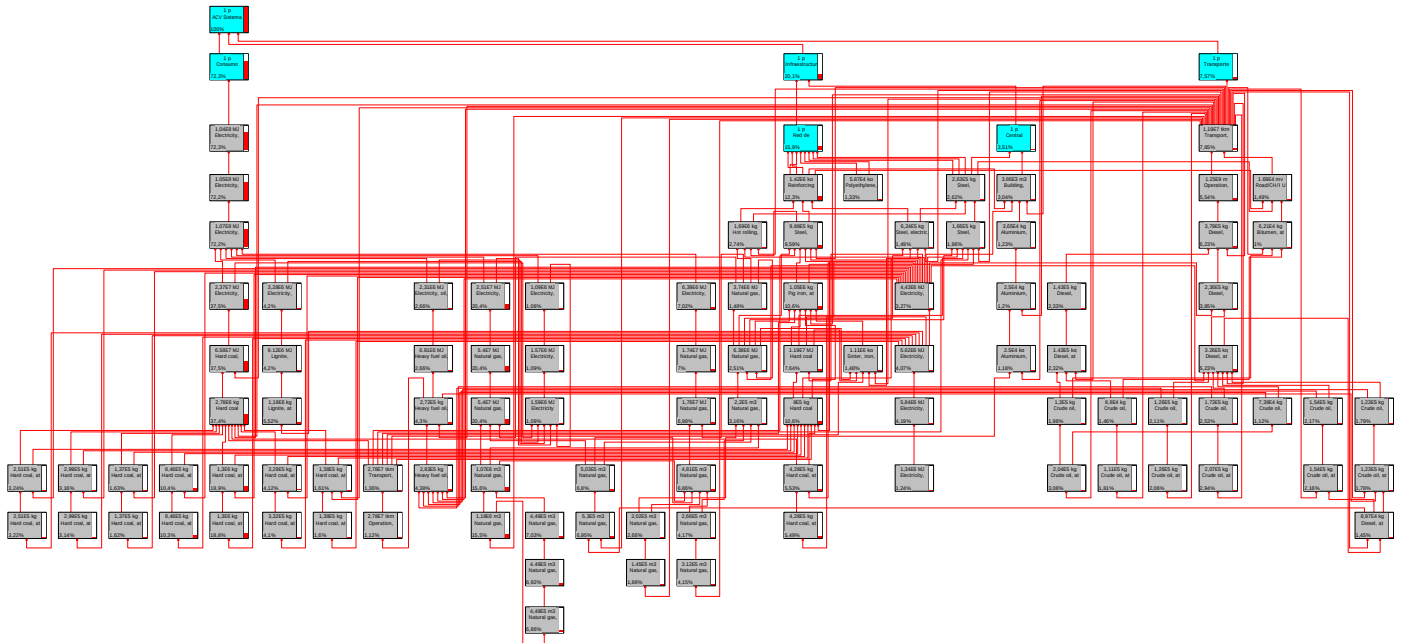
Producto: ACV Sistema Neumático
 Proyecto: Residuos Valdespartera
 Categoría: Montaje\Sistema neumático
 Método: IPCC 2007 GWP 100a V1.02
 Volumen seleccionado: Caracterización, IPCC GWP 100a (kg CO₂ eq)
 Volumen de nodo: Incluyendo entradas
 Excluir emisiones a largo plazo: Sí
 Valor de corte para nodo: 1%



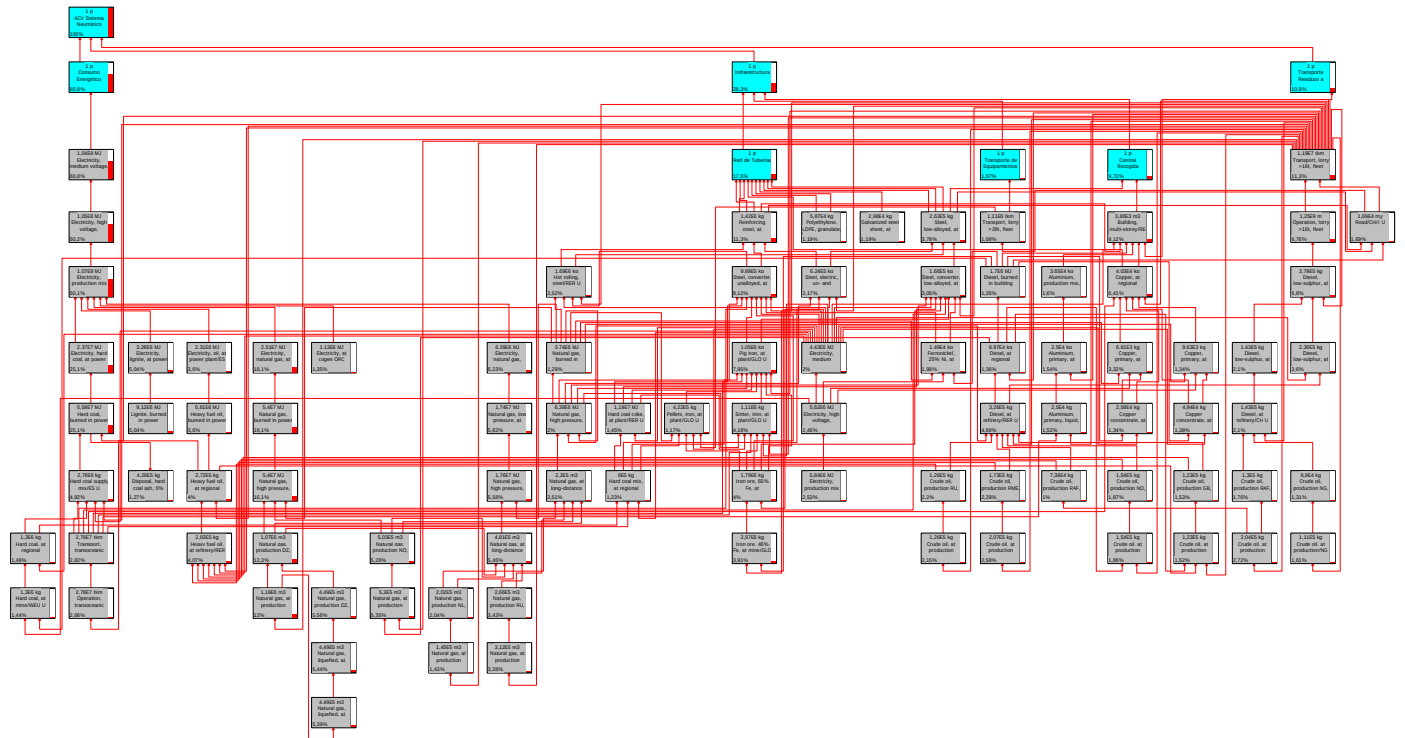
Producto: ACV Sistema Neumático
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema neumático
Método: Cumulative Energy Demand V1.07 / Cumulative energy demand
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



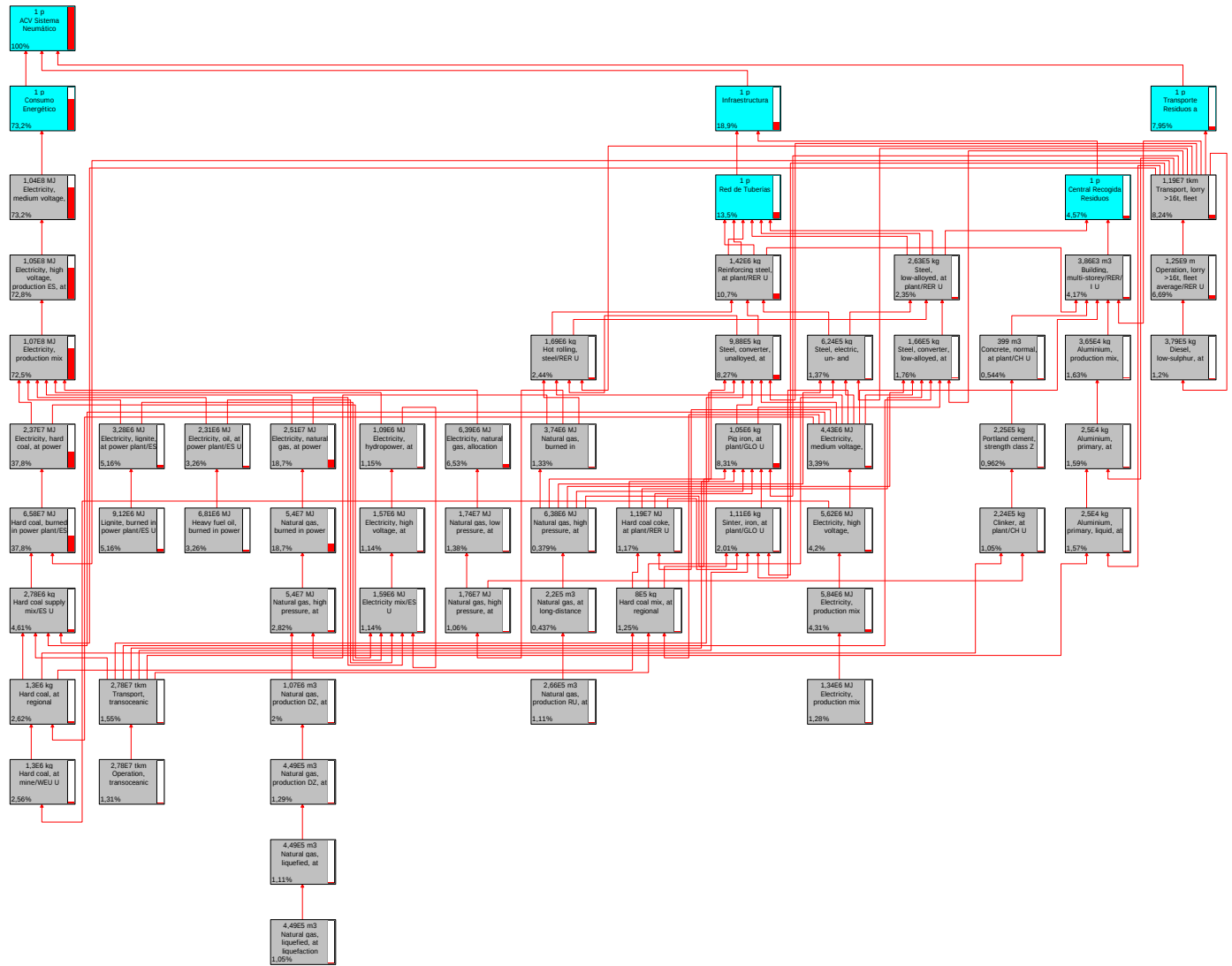
Producto: ACV Sistema Neumático
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema neumático
Método: CML 2 baseline 2000 V2.05 / West Europe, 1995
Volumen seleccionado: Normalización, Abiotic depletion
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



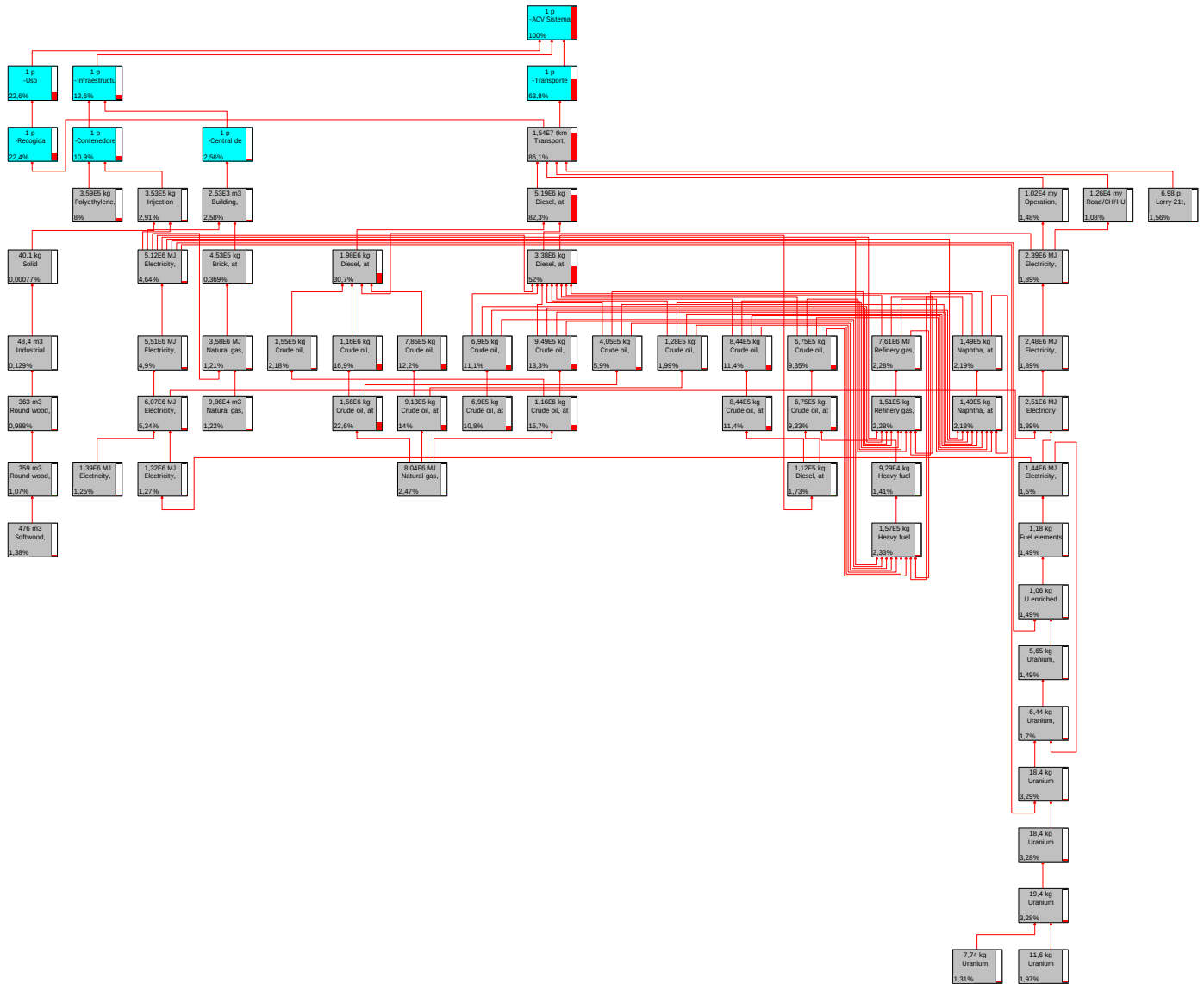
Producto: ACV Sistema Neumático
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema neumático
Método: Eco-indicator 99 (H) V2.07 / Europe EI 99 H/A
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



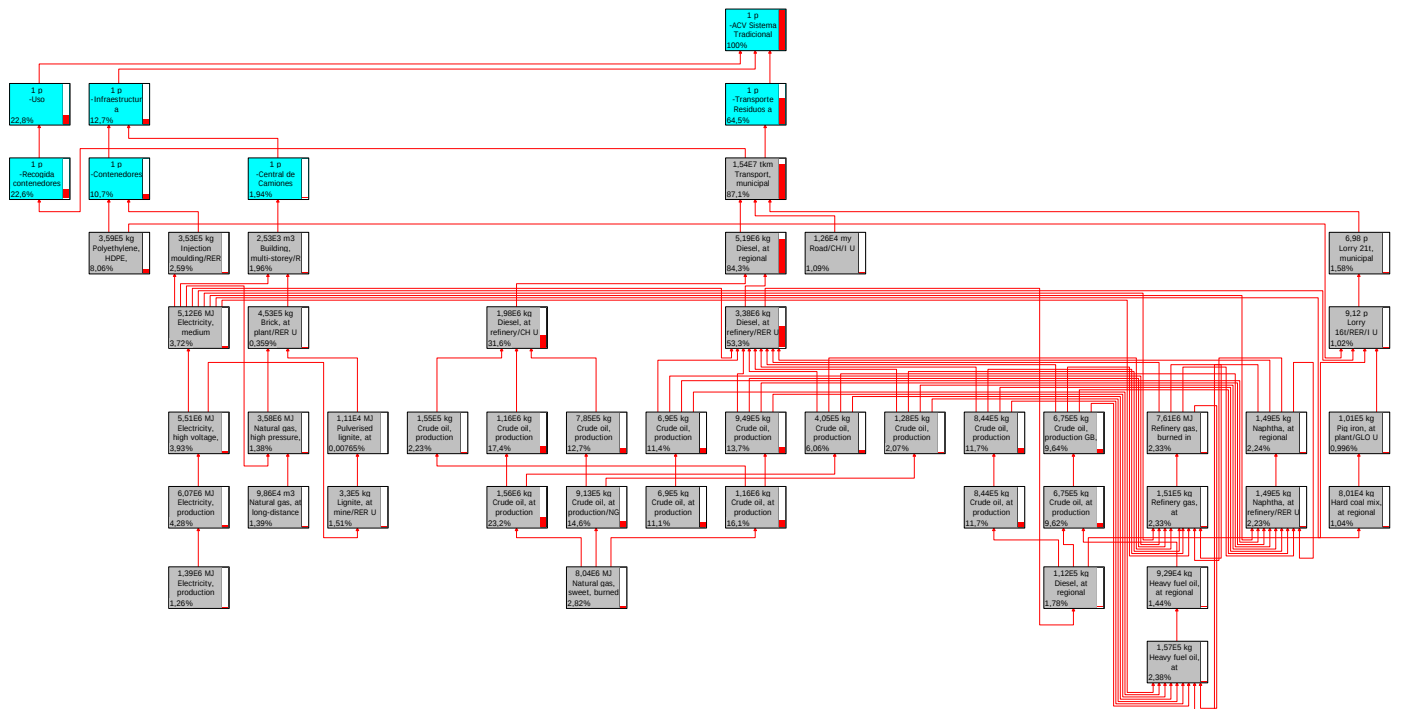
Producto: ACV Sistema Neumático
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema neumático
Método: IPCC 2007 GWP 100a V1.02
Volumen seleccionado: Caracterización, IPCC GWP 100a (kg CO2 eq)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



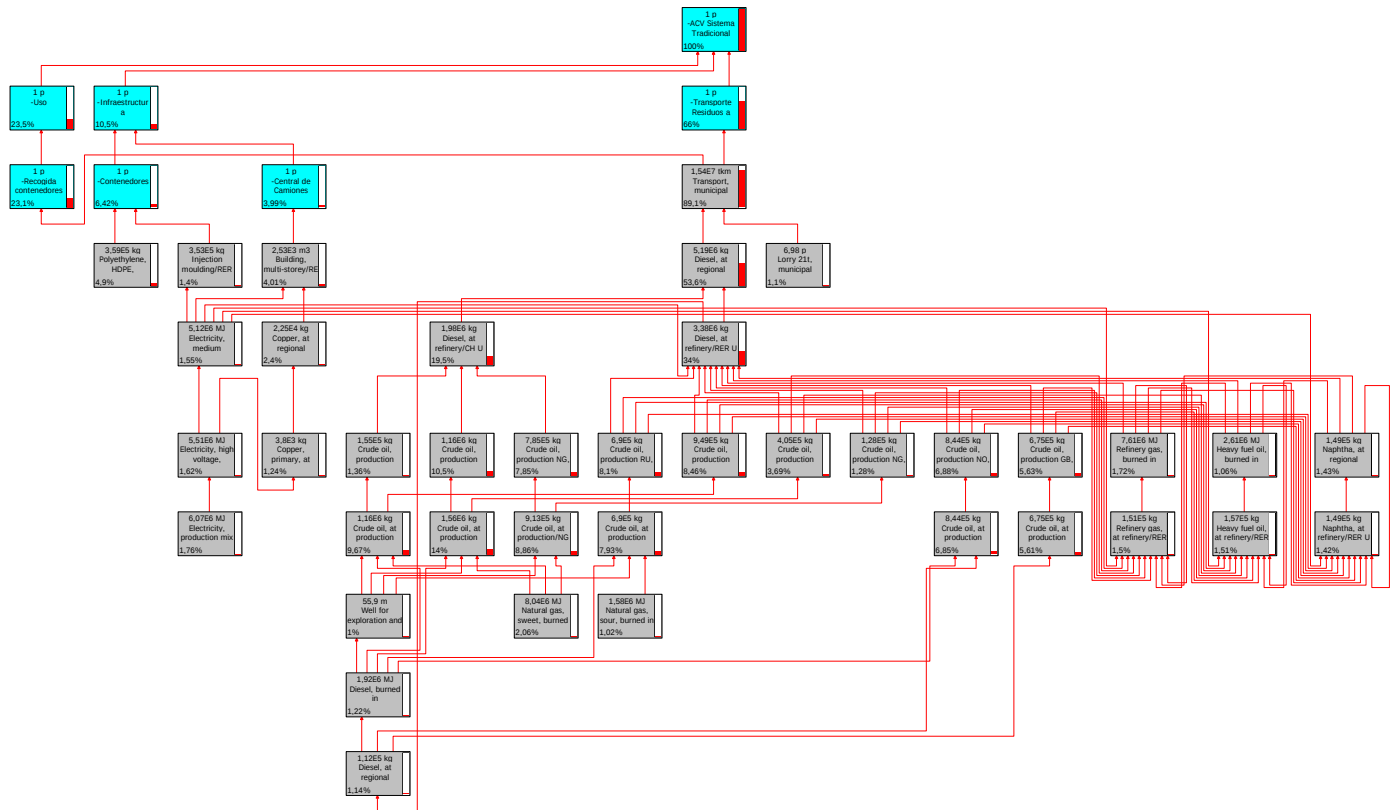
Producto: -ACV Sistema Tradicional
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema tradicional
Método: Cumulative Energy Demand V1.07 / Cumulative energy demand
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



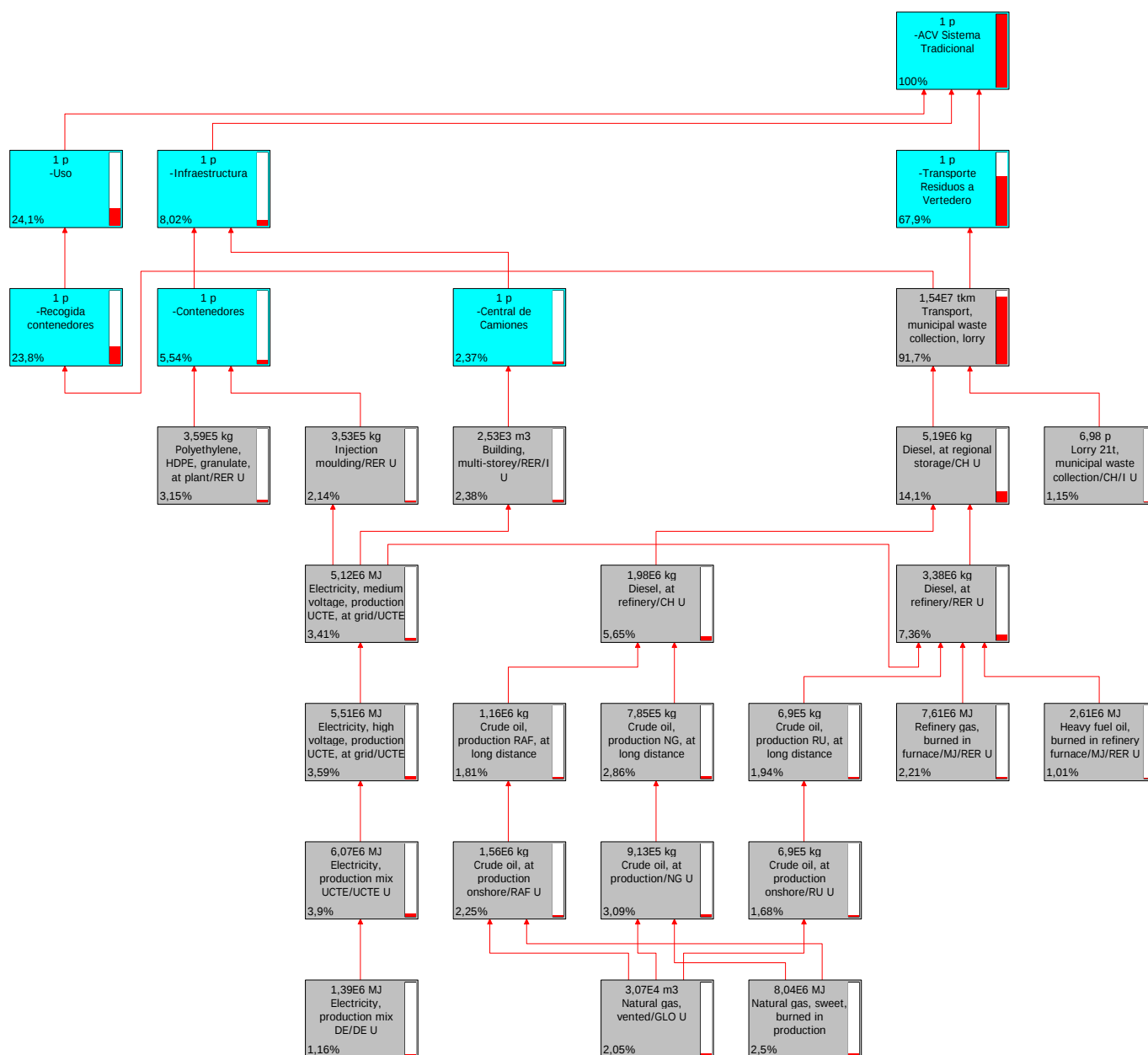
Producto: -ACV Sistema Tradicional
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema tradicional
Método: CML 2 baseline 2000 V2.05 / West Europe, 1995
Volúmen seleccionado: Normalización, Abiotic depletion
Volúmen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



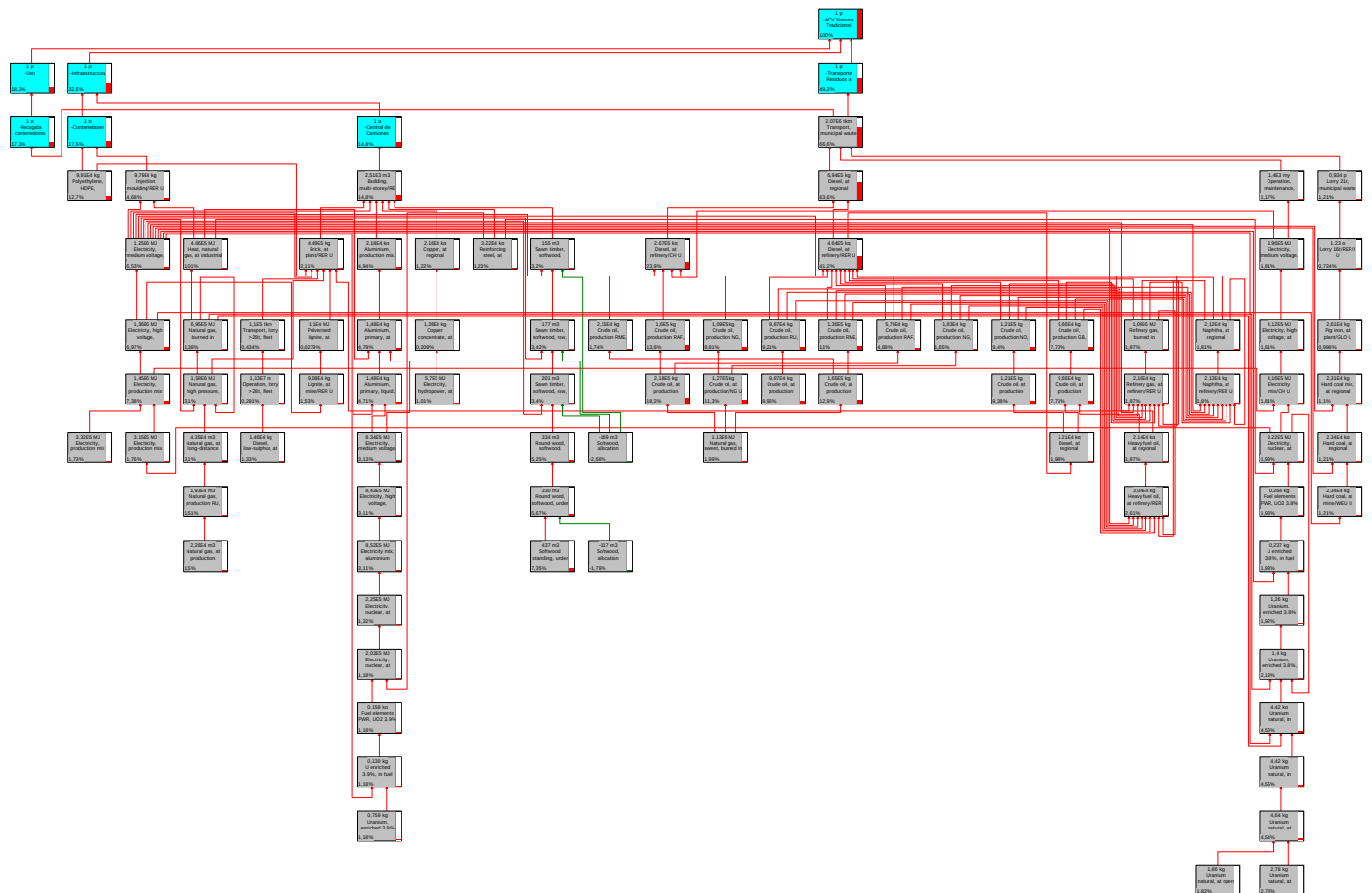
Producto: -ACV Sistema Tradicional
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema tradicional
Método: Eco-indicator 99 (H) V2.07 / Europe EI 99 H/A
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



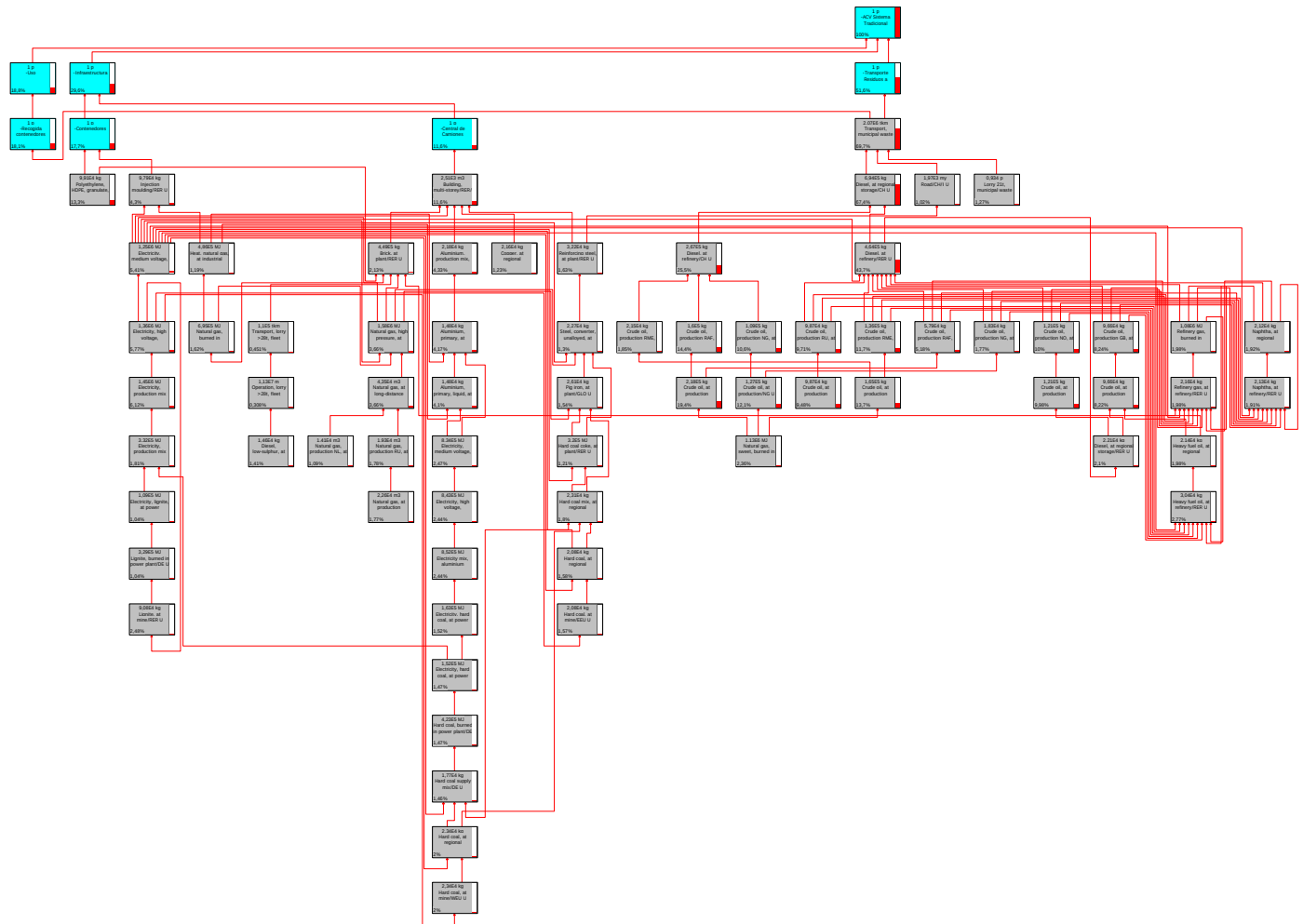
Producto: -ACV Sistema Tradicional
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema tradicional
Método: IPCC 2007 GWP 100a V1.02
Volúmen seleccionado: Caracterización, IPCC GWP 100a (kg CO2 eq)
Volúmen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



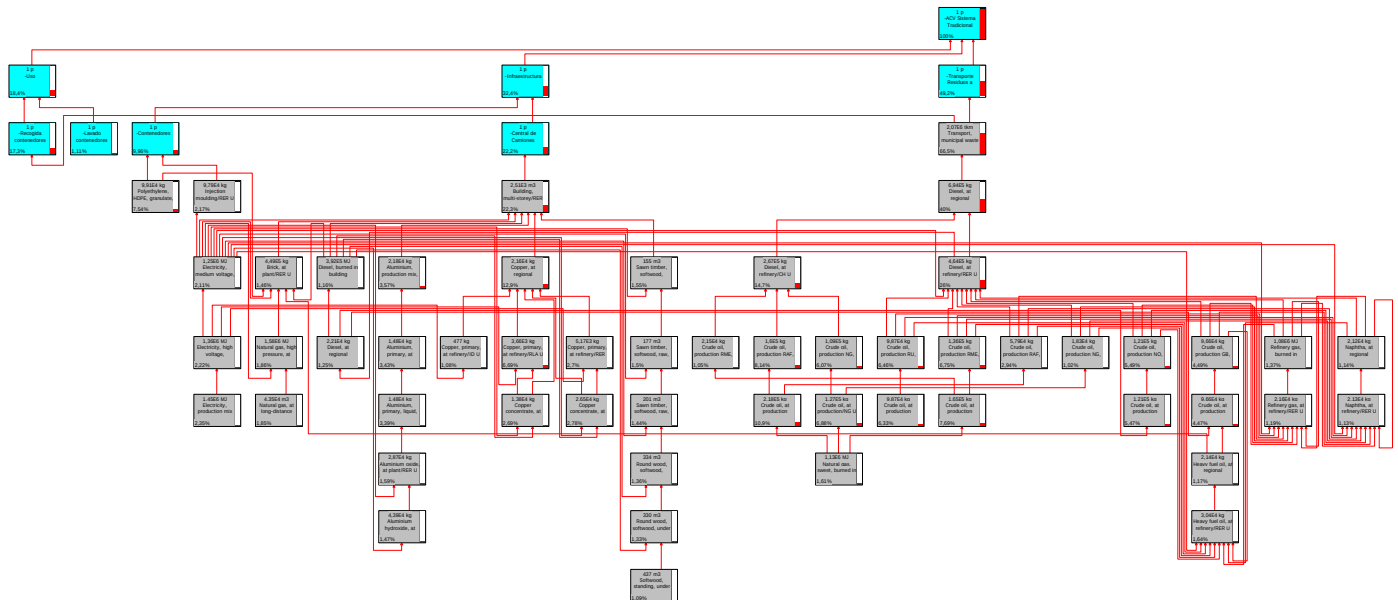
Producto: -ACV Sistema Tradicional
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema tradicional
Método: Cumulative Energy Demand V1.07 / Cumulative energy demand
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



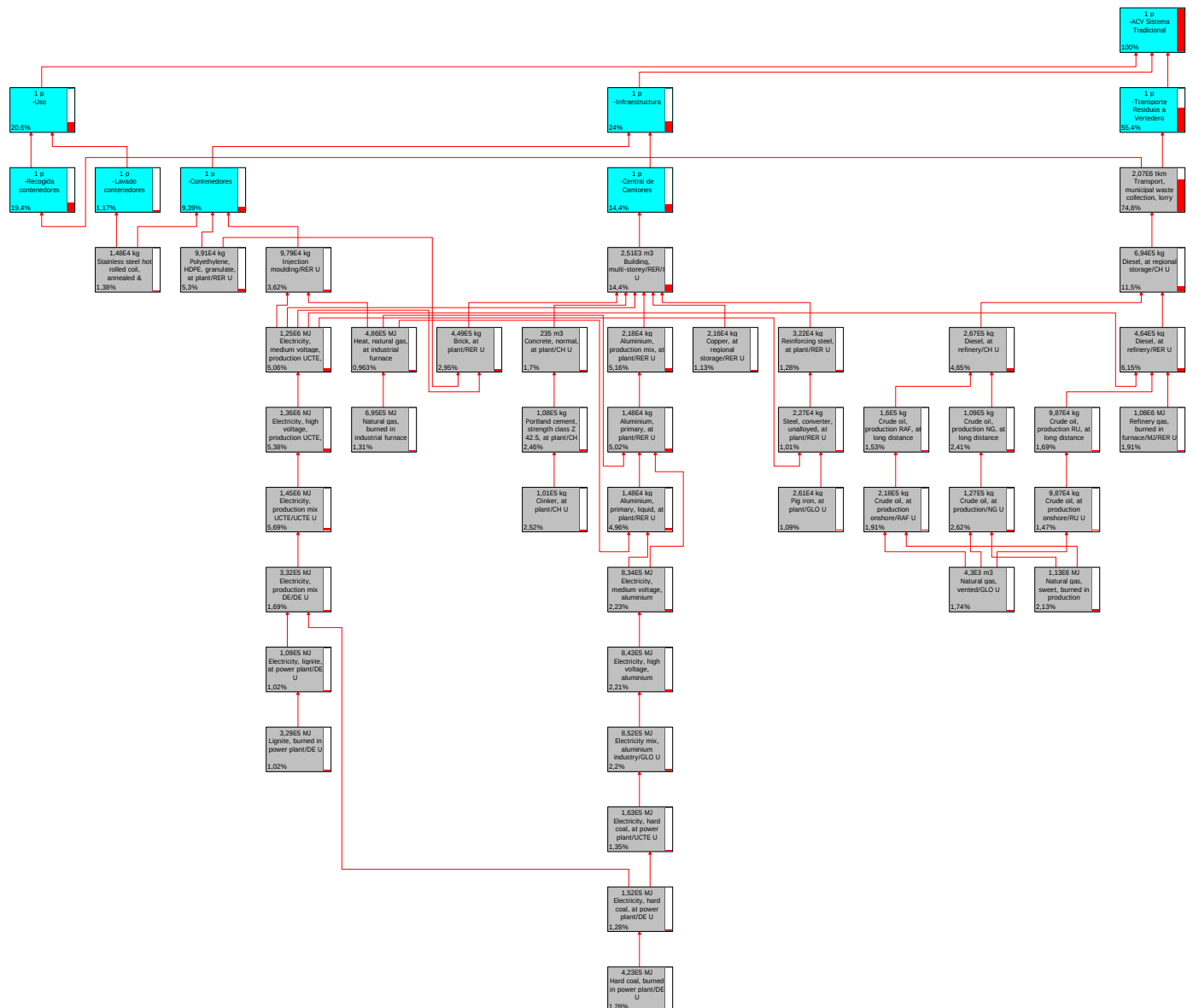
Producto: -ACV Sistema Tradicional
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema tradicional
Método: CML 2 baseline 2000 V2.05 / West Europe, 1995
Volúmen seleccionado: Normalización, Abiotic depletion
Volúmen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



Producto: -ACV Sistema Tradicional
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema tradicional
Método: Eco-indicator 99 (H) V2.07 / Europe EI 99 H/A
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%



Producto:	-ACV Sistema Tradicional
Proyecto:	Residuos Valdespartera
Categoría:	Montaje\Sistema tradicional
Método:	IPCC 2007 GWP 100a V1.02
Volúmen seleccionado:	Caracterización, IPCC GWP 100a (kg CO2 eq)
Volúmen de nodo:	Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazc	Sí
Valor de corte para nodo:	1%



Producto: -ACV Sistema Tradicional
Proyecto: Residuos Valdespartera
Categoría: Montaje\Sistema tradicional
Método: Cumulative Energy Demand V1.07 / Cumulative energy demand
Volumen seleccionado: Puntuación única, (Pt)
Volumen de nodo: Incluyendo entradas
Excluir emisiones a largo plazo: Sí
Valor de corte para nodo: 1%

