

# DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE RAEEs

---

Proyecto fin de Máster

Máster en Ingeniería y Gestión Medio Ambiental

24/Julio/2009

**Patricia Isabel Bañón Serrano**

**Celia Camacho Suárez**

**Elena González López**

**Lucía Gutiérrez García**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1 DEFINICIÓN.....	2
1.2 PROBLEMÁTICA DE LOS RAEES .....	5
<b>2. LEGISLACIÓN APLICABLE .....</b>	<b>8</b>
2.1 DIRECTIVA 2002/96/CE.....	8
2.2 DIRECTIVA 2002/95/CE.....	9
2.3 REAL DECRETO 208/2005.....	10
2.4 NORMATIVA AUTONÓMICA .....	11
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN .....</b>	<b>12</b>
3.1 ANÁLISIS DETALLADO. SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO .....	12
3.2 SELECCIÓN DE CATEGORÍAS DE RAEES A TRATAR. DIMENSIONAMIENTO DE PLANTA....	19
3.3 ANÁLISIS DEL PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CCAA SELECCIONADA .....	24
<b>4. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....</b>	<b>29</b>
4.1 SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN .....	29
4.2 DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO.....	30
4.3 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO. SELECCIÓN DEL PROCESO .....	30
4.4 CARACTERÍSTICAS DE TRATAMIENTO .....	31
4.5 MEDIDAS COMPLEMENTARIAS DE GESTIÓN AMBIENTAL .....	32
<b>5. EXPLOTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>34</b>
5.1 RESIDUOS ADMISIBLES EN LA PLANTA. RESIDUOS DE PROCESO.....	34
5.2 AUTORIZACIONES. GESTIÓN DOCUMENTAL Y ADMINISTRATIVA .....	36
5.3 PROCESO DE EXPLOTACIÓN .....	37
5.4 DESTINO DE LOS MATERIALES TRATADOS.....	39
5.5 CONTROL Y VIGILANCIA AMBIENTAL.....	40
<b>6. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERODE LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>45</b>
6.1 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS .....	45
6.2 ESTUDIO DE LA INVERSIÓN.....	46
6.3 ESTUDIO DE ESCENARIOS DE COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN.....	52
6.4 ESTABLECIMIENTO DE LA TARIFA .....	73
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>79</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>85</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Definición

La generación y gestión de los residuos constituye un problema ambiental grave de las sociedades modernas, y de ahí la existencia de una política europea en materia de residuos. El abandono o la gestión inadecuada de los residuos producen impactos notables en los medios receptores, y pueden provocar contaminación en el agua, en el suelo, en el aire, contribuir al cambio climático y afectar a los ecosistemas y a la salud humana. Sin embargo cuando los residuos se gestionan de forma adecuada se convierten en recursos que contribuyen al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales, del clima y al desarrollo sostenible.<sup>24</sup>

Por otra parte en los últimos cuatro años se han aprobado regulaciones específicas para distintos grupos de residuos (RAEEs, NFU, Pilas y Acumuladores, VFU, Aceites Industriales Usados, Suelos contaminados).<sup>24</sup>

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (en lo sucesivo RAEEs) no han sido objeto hasta fechas recientes de una legislación específica en el marco de la Unión Europea. En el pasado la mayoría de países incluían muchos de los RAEEs (frigoríficos, cocinas, equipos de aire acondicionado, etc.) en el amplio concepto de “residuos voluminosos”.<sup>24</sup>

El concepto mismo de aparatos eléctricos y electrónicos (en lo sucesivo AEEs) es un poco impreciso, de acuerdo con lo establecido en las Directivas, debido, por una parte, al gran número de aparatos y tipos de objetos que pueden caer bajo el ámbito de aplicación de esa denominación.

El Real Decreto 208/2005<sup>19</sup>, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos, y la gestión de sus residuos, define:

- **Aparatos eléctricos y electrónicos:** “Aparatos que necesitan para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos”.
  
- **Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos:** “Aparatos eléctricos y electrónicos, sus materiales, componentes, consumibles y subconjuntos que los componen, procedentes tanto de hogares particulares como de usos profesionales, a partir del momento en que pasan a ser residuos”. Habitualmente se emplea la abreviatura en su descripción (RAEEs).

El Real Decreto 208/2005 establece las siguientes categorías de RAEEs:

1. Grandes electrodomésticos.
2. Pequeños electrodomésticos.
3. Equipos de informática y telecomunicaciones.
4. Aparatos electrónicos de consumo.
5. Aparatos de alumbrado.

6. Herramientas eléctricas o electrónicas (excepto las herramientas industriales fijas permanentemente, de gran envergadura e instaladas por profesionales).
7. Juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre.
8. Aparatos médicos (excepto todos los productos implantados e infectados).
9. Instrumentos de vigilancia o control.
10. Máquinas expendedoras.

Los sectores donde se produce una mayor generación de RAEEs son los grandes electrodomésticos, comunicación/transmisión, audiovisual y telefonía.

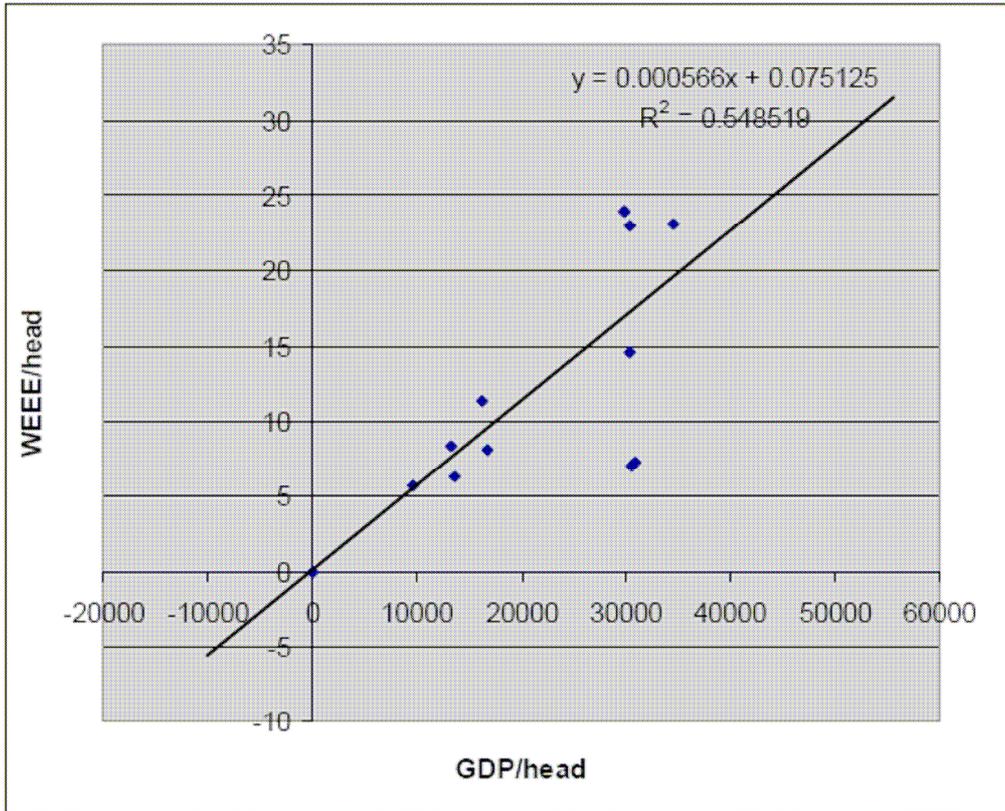
La tabla siguiente recoge los datos de gestión de RAEEs en España en los años 2006 y 2007<sup>24</sup>:

CATEGORÍA	2006			2007		
	TONELADAS	% VAL	OBJ R.D.	TONELADAS	% VAL	OBJ R.D.
1. Grandes electrodomésticos	150.361	76	80	238.428	94	80
2. Pequeños electrodomésticos	688	59	70	2.512	72	70
3. Equipos de Informática y Telecomunicación.	2.589	79	75	11.239	82	75
4. Aparatos electrónicos de consumo	5.105	94	75	14.881	91	75
5. Aparatos de alumbrado	51	92	70	273	91	70
6. Herramientas eléctricas y electrónicas	45	73	70	422	64	70
7. Juguetes o equipos deportivos	209	65	70	525	86	70
8. Aparatos médicos	44	80		215	88	-
9. Instrumentos de vigilancia y control	2	84	70	522	61	70
10. Máquinas expendedoras				-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>159.094</b>			<b>269.017</b>		

*Tabla 1.1. RAEEs de uso doméstico gestionados en 2006 y 2007. Fuente: Plan Nacional Integrado de Residuos<sup>24</sup>*

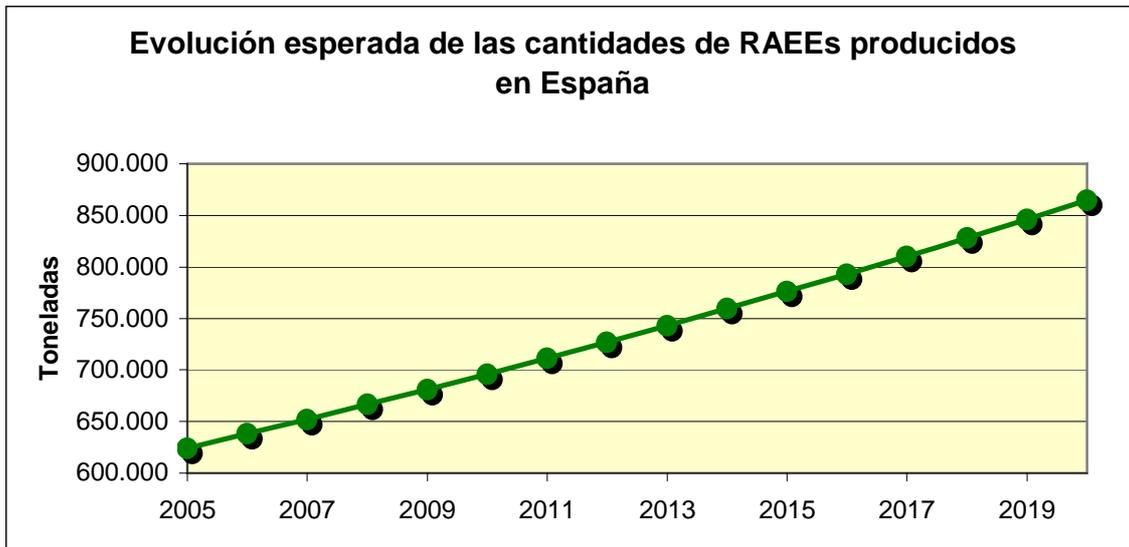
Una característica a destacar es la influencia que los cambios tecnológicos, de diseño, marketing y aumento de la riqueza tienen en su producción, provocando una tendencia al crecimiento de este tipo de residuos. La causa más habitual por la que un AEE se transforma en residuo es la obsolescencia. Se trata de un mercado dinámico en el que constantemente aparecen nuevos productos, diseños, etc. Otras causas son roturas, cambios en la normativa, necesidades de destrucción por razones contables o comerciales, etc. En cuanto a la rotura, los relativos bajos precios de estos productos repercuten en que ante una avería en lugar de repararlos se compra uno nuevo.

Existe cierta relación entre la capacidad adquisitiva de un país y la cantidad de RAEEs generados como puede apreciarse en la gráfica 1.1.



**Gráfica 1.1.** Relación entre la capacidad adquisitiva de un país y la cantidad de RAEEs generados.  
Fuente: United Nations University<sup>12</sup>

Las expectativas de crecimiento de este residuo para el caso español se muestran en la gráfica 1.2.



**Gráfica 1.2.** Fuente: United Nations University<sup>12</sup>

## 1.2 Problemática de los RAEEs

Los RAEEs son un flujo de residuos particularmente complejo en términos de:

- Variedad de productos.
- Asociación de diferentes materiales y componentes.
- Contenido en sustancias peligrosas.
- Pueden haber sido desarrollados con tecnologías de fabricación obsoletas, que no incorporan criterios ambientales.

La existencia de una gran variedad de productos bajo la denominación de RAEEs, tiene una serie de consecuencias que dificultan su gestión. En primer lugar, la actual división en categorías no se corresponde con los flujos de residuos reales. En la práctica, la recogida y tratamiento está basada en la composición del residuo, como se explica con más detalle a continuación, y las economías de escala de manera que las agrupaciones son las siguientes:<sup>12</sup>

- Grandes electrodomésticos (dentro de las categorías 1 y 10).
- Aparatos de refrigeración (dentro de la categoría 1).
- Pequeños electrodomésticos (categorías 2, 3, 4, 5A, 6, 7, la pequeña fracción de origen doméstico de la 8 y la 9).
- Tubos de rayos catódicos o CRT (categorías 3 y 4).
- Luminarias (categoría 5B).

En algunos países de la UE los residuos de nuevas tecnologías de información son otro flujo en sí mismo. Generalmente, los aparatos médicos de uso profesional (mayor parte de la categoría 8) se recolectan a través de canales “Business to Business”.<sup>12</sup>

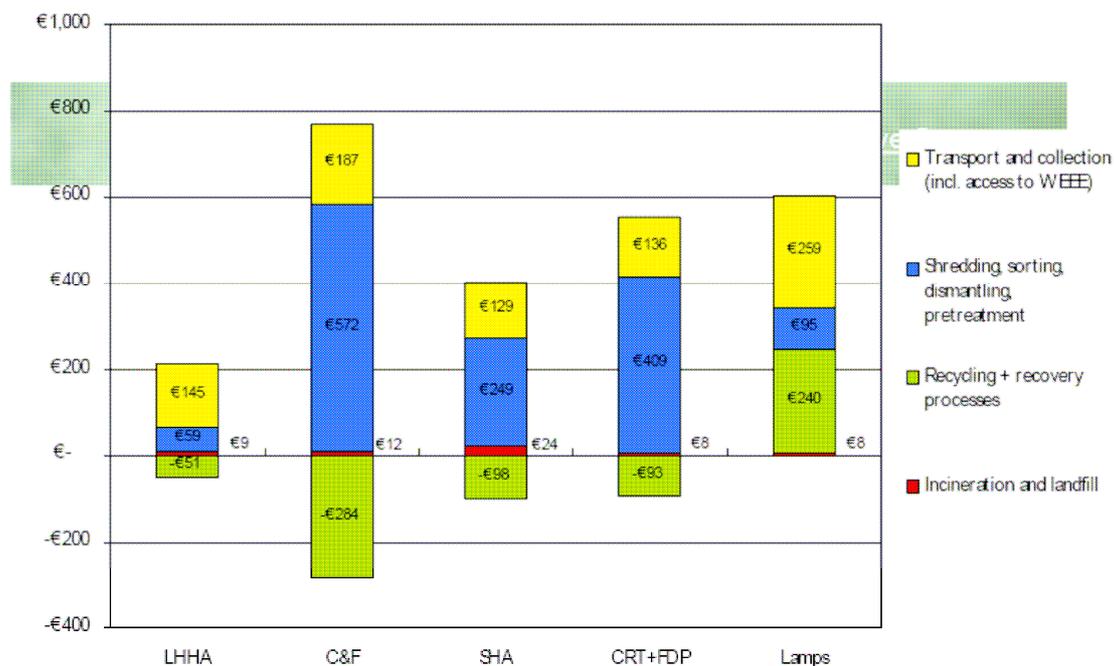
Además de consecuencias administrativas, financieras y económicas, estas distorsiones generan ineficiencia en las recogidas y tratamiento de estos residuos.<sup>12</sup>

En cuanto a la asociación de diferentes materiales y componentes, la diversidad y complejidad de los RAEEs obligan al desmontaje para cualquier operación de valorización. Una composición orientativa de los RAEEs se muestra en la tabla a continuación. Si bien cada categoría de RAEE, incluso distintos elementos dentro de cada categoría, son diferentes y por tanto requieren técnicas de desmontaje, retirada de sustancias peligrosas y reciclado distintas, redundando en una mayor complejidad de los procesos de tratamiento. Como ya se ha mencionado, esto conlleva que los RAEE se traten en agrupaciones según similitud de los tratamientos aplicables más que por categorías.

METALES FERROSOS	30%
METALES NO FERROSOS	12%
CIRCUITOS IMPRESOS	7%
PLÁSTICOS	26%
RESIDUOS PELIGROSOS	15%
INERTES	10 %

*Tabla 1.2. Composición orientativa de los RAEEs*

Esta diversidad tiene una consecuencia económica clara para los productores. En función de lo costosos que sean los procesos de recogida y tratamiento y del mercado disponible para los subproductos, el coste imputable a repercutir sobre el consumidor varía notablemente entre cada tipo de aparato eléctrico y electrónico puesto en el mercado.<sup>12</sup>



**Gráfica 1.3.** Costes a repercutir sobre el consumidor en cada grupo de RAEEs. Fuente: United Nations University<sup>12</sup>

**LEYENDA:**

LHHA: Large Household Appliances

C&F: Cooling and freezing

SHA: Small House Appliances

CRT + FDP: Catodic Rays Tubes and Flat Display Pannels

El contenido y diversidad en sustancias peligrosas implica una posible división entre los RAEEs:<sup>12</sup>

- 1) Por un lado, aquellos que contienen sustancias peligrosas y sobre los que debe primarse la retirada y tratamiento adecuado de éstas sobre el reciclado, a fin de proteger la salud humana y los ecosistemas.
- 2) Por otro lado los que no contienen sustancias peligrosas y por tanto puede incidirse más en su reciclado.

Actualmente la normativa no hace esta distinción y los objetivos de recogida y reciclado son únicos para cada categoría a pesar de encontrarse en algunas de ellas RAEEs de las dos tipologías.<sup>12</sup> De hecho, en nuestro país, se detecta que no en todos los casos se está procediendo a la descontaminación de los aparatos que contienen componentes peligrosos antes de proceder a su valorización. En este grupo se incluirían los frigoríficos y aparatos de frío, tubos de rayos catódicos y lámparas fluorescentes.<sup>24</sup>

Por último, en lo que concierne a los RAEEs nos encontramos con el problema de la rápida evolución en el diseño y tecnología de fabricación de los AEEs. En la actualidad, conforme a lo establecido en la normativa, los fabricantes ya introducen en el diseño y fabricación de los AEEs modificaciones para reducir el contenido en sustancias peligrosas, hacer su desensamblado y tratamiento más sencillo, etc. Sin embargo, es habitual recibir en las plantas de tratamiento RAEEs de incluso más de 10 años de antigüedad, en cuya fabricación no se tuvieron en cuenta esas medidas.

## 2. LEGISLACIÓN APLICABLE

### 2.1 DIRECTIVA 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).<sup>17</sup>

Dado el impacto que una mala gestión de los RAEEs puede acarrear al medio ambiente y a la salud humana y de la disparidad de políticas nacionales en la UE que reducen la eficacia del reciclado, se hace necesaria una regulación, a nivel de la Unión Europea, de este tipo de residuos.

La Directiva 2002/96/CE establece objetivos prioritarios para los RAEEs con el fin de reducir su eliminación:

- 1) Prevenir la generación de RAEEs.
- 2) Reutilización, reciclado y otras formas de valoración de RAEEs.

Además de estos objetivos prioritarios, la Directiva busca mejorar el comportamiento medioambiental de todos los agentes implicados en el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos.

Hace una distinción de AEEs en 10 categorías, excluyendo aquellos aparatos relacionados con la protección de la seguridad del Estado. Todas las categorías son desarrolladas con un mayor detalle en el Anexo I B de la Directiva.

El diseño del producto es un punto fundamental a la hora del reciclado y reutilización de los RAEEs, por ello se especifica que los Estados miembros deben adoptar medidas para que los productores diseñen estos aparatos favoreciendo la futura valoración y reutilización de los RAEEs.

La Directiva hace mucho hincapié en la recogida selectiva de los RAEEs, que se considera condición previa para asegurar el tratamiento de estos residuos, necesaria para alcanzar el nivel deseado de protección de la salud humana y medioambiental de la Comunidad Europea.

Un alto porcentaje de RAEEs son eliminados como residuos urbanos no seleccionados, de modo que la Directiva delega a cada Estado miembro la responsabilidad de establecer medidas adecuadas para reducir al mínimo la eliminación no selectiva de estos residuos. Entre otras medidas, se incluyen para los RAEEs procedentes de hogares particulares, la instalación de puntos de recogida de estos residuos así como la creación, por parte de los productores, de sistemas de recogida individual o colectiva. Para RAEEs que no procedan de hogares particulares, los productores deberán disponer de la recogida de dichos residuos.

Todos los RAEEs deben ser recogidos y transportados a instalaciones de tratamiento autorizadas en el caso de que no se reutilicen íntegramente. El objetivo mínimo impuesto por la Directiva son **4 kg por habitante y año** de RAEEs procedentes de hogares particulares recogidos por medios selectivos.

El artículo 6 de la Directiva establece las obligaciones de tratamiento de RAEEs. Los productores (o terceros que actúen por cuenta de ellos) han de organizar sistemas de tratamiento disponiendo de las mejores técnicas disponibles de tratamiento, valorización y reciclado. Como mínimo, deberán retirarse todos los fluidos y realizar un tratamiento selectivo según lo estipulado en el anexo II de la Directiva. La empresa que lleve a cabo el tratamiento deberá obtener un permiso de las autoridades competentes. Este tratamiento también podrá realizarse fuera del Estado miembro respectivo o de la Comunidad, siempre que el transporte de los RAEEs cumpla las disposiciones del Reglamento (CEE) n°259/93 del Consejo relativo a la vigilancia y control de residuos en el interior, a la entrada y a la salida de la Comunidad

Europea. La Directiva establece también unos requisitos técnicos específicos para estas plantas, relativos al almacenamiento y tratamiento de RAEEs.

En el aspecto de la valorización, los Estados miembros deben priorizar la reutilización de aparatos enteros. Los productores (o terceros que actúen por su cuenta) deben organizar sistemas para la valorización de RAEEs recogidos selectivamente. La Directiva establece una serie de objetivos de valorización, reutilización y reciclaje para los RAEEs enviados a tratamiento, según la categoría a la que pertenezcan. Los productores (o terceros) deben mantener registros sobre cantidad de RAEEs, componentes, materiales o sustancias que entran y salen de las instalaciones de tratamiento y de las que entran en las de valorización o reciclado. Los objetivos de valorización y reutilización/reciclado se actualizarán teniendo en cuenta los beneficios ambientales de los AEEs en uso y el progreso técnico.

En cuanto a la financiación, cabe destacar que los productores deben encargarse al menos, basándose en el Principio de Responsabilidad del Productor, del coste de la recogida, tratamiento, valorización y eliminación respetuosa con el medio ambiente de RAEEs.

Los usuarios de AEEs deben recibir la información necesaria respecto a la eliminación selectiva de los RAEEs, sistemas de devolución y recogida de que disponen, efectos potenciales sobre el medio ambiente y la salud de las sustancias presentes en estos residuos, etc.

Los AEEs puestos en el mercado después del 13 de agosto de 2005 deben estar marcados con el símbolo incluido en el anexo IV de la Directiva, que especifica que no deben eliminarse de manera no selectiva con los residuos urbanos.



Los productores deben aportar información sobre reutilización y tratamiento de cada tipo de AEEs puesto en el mercado, identificando los distintos componentes y materiales así como su localización en dichos aparatos. El productor ha de ser identificado claramente en cualquier AEE puesto en el mercado después del 13 de agosto de 2005 mediante una marca en el mismo.

Cada Estado miembro debe elaborar un registro de productores, recabando anualmente información con previsiones fundamentadas de cantidades y categorías de AEEs puestos en su mercado, vía de recogida y cantidad reutilizados, reciclados, valorizados así como exportados.

Las sanciones, inspecciones y control deberán ser establecidas por los Estados miembros.

Actualmente, está en proceso la elaboración del borrador de una nueva directiva para RAEEs cuyo principal cambio será el sistema de clasificación de los RAEEs, que pasan a clasificarse por el tipo de tratamiento que recibirá en lugar de por categorías.

### **2.2 DIRECTIVA 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).**<sup>18</sup>

El principal objetivo de esta Directiva es establecer restricciones a la utilización de sustancias peligrosas en AEEs dentro de la legislación de los Estados miembros y contribuir a la protección de la salud humana y a la valorización y eliminación correctas de los RAEEs.

La Directiva se aplica a todas las categorías de RAEEs establecidas en el anexo I B de la Directiva 2002/96/CE exceptuando las categorías 8 y 9 (aparatos médicos e instrumentos de vigilancia y control) y a las bombillas y luminarias de hogares particulares, no siendo de aplicación a piezas de repuesto para reparación o reutilización de AEEs puestos en el mercado antes del 1 de julio de 2006.

Los AEEs puestos en el mercado a partir de dicha fecha no podrán contener plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, policromobifenilos (PBB) o polibromodifeniléteres (PBDE).

Deberán establecerse niveles máximos tolerables de concentración de estas sustancias y excluirse determinados materiales y componentes de los AEEs cuando su eliminación o sustitución por medio de cambios en el diseño no sea posible. Las sustancias anteriormente mencionadas y otras sustancias peligrosas deben ser sustituidas por sustancias alternativas más respetuosas con el medio ambiente y la salud humana.

### **2.3 REAL DECRETO 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.**<sup>19</sup>

La normativa aplicable sobre AEEs y la gestión de sus residuos a nivel estatal es la establecida en el **Real Decreto 208/2005**, de 25 de febrero. En ella se trasponen las obligaciones establecidas en la Directiva 2002/96/CE para la fabricación del producto y la correcta gestión cuando este se convierta en un residuo. Así mismo, se cumplen las especificaciones establecidas en la **Ley 10/1998**, de 21 de abril, de Residuos, en la que se aboga por la reutilización, reciclado y valoración de las distintas tipologías de residuos.

Este Real Decreto, también contempla la necesidad de ajustar las operaciones de tratamiento de este tipo de residuos a las mejores técnicas disponibles (MTDs), como las define la **Ley 16/2002**, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC).

Los productores de aparatos eléctricos y electrónicos deben inscribirse o estar inscritos en el Registro de Establecimientos Industriales (REI) como marca la **Ley 21/1992**, de 16 de julio, de Industria y del Reglamento del REI, aprobado por el Real Decreto 697/1995, de 28 de abril. Los productores deben declarar los tipos y cantidades de AEEs que comercializan cada año en España, con el fin de facilitar la exacta y justa distribución de la carga financiera en la gestión de los RAEEs. También permite obtener datos estadísticos fiables para el cálculo de los objetivos ecológicos que se vayan alcanzando.

Siguiendo las pautas marcadas por la Directiva 2002/96, los principales contenidos del real decreto son:

- La obligación a los productores de que los aparatos puestos en el mercado a partir del 13 de agosto de 2005, sean recogidos y gestionados adecuadamente cuando estos se conviertan en residuo.
- Obligación de recogida de los RAEEs generados antes de la entrada en vigor del RD el 13 de agosto de 2005 (los llamados RAEEs históricos) y su gestión en las mismas condiciones ecológicas. El costo de esa operación de tratamiento y gestión se asumirá por todos los responsables de la puesta en el mercado de estos aparatos, en proporción de sus respectivas cuotas de mercado.
- Distinguir en la recogida y entrega entre RAEEs de origen doméstico y los de origen industrial.
- Objetivo mínimo de recogida y tratamiento, de 4 kg de RAEE/habitante/año.

Junto con las obligaciones y objetivos descritos anteriormente, otros aspectos importantes que se desarrollan en el articulado de la norma son:

- Las medidas de prevención en la fase de diseño y producción de AEEs.
- Metodología a seguir para proceder a la entrega de los RAEEs.
- Tratamiento que se les debe dar a los residuos así como los requisitos técnicos de las instalaciones de recogida y tratamiento de RAEEs (desarrollado en los Anexos III y IV).

- Obligaciones de los productores.
- Definición de las características de los sistemas integrados de gestión (SIG) de los RAEEs.
- Establecimiento de los objetivos de recogida, valorización, reutilización y reciclado.
- Identificación y marcaje de los AEEs (simbología desarrollada en el Anexo V).
- Información que debe suministrarse tanto a las comunidades autónomas como al Ministerio de Medio Ambiente.
- Régimen sancionador

Las disposiciones adicionales y transitorias de esta norma, hacen referencia a la inscripción en el REI y a la financiación de la gestión de los residuos, entre otros.

El Real Decreto establece las 10 categorías de AEEs identificadas en la Directiva, así como las excepciones a las prohibiciones de utilizar plomo, mercurio, cadmio y cromo hexavalente en los materiales y componentes de AEEs.

### 2.4 Normativa autonómica.<sup>20</sup>

Como se explica más detalladamente en los siguientes apartados del proyecto, la Comunidad Autónoma elegida para la localización de la planta de tratamiento de RAEEs ha sido Cantabria.

Al igual que ocurre en la mayoría de las CCAA, no existe una legislación autonómica específica sobre la gestión de los RAEEs, por ello para analizar la situación actual, nos basamos en el **Plan de Residuos de Cantabria 2006-2010**, concebido como;

*“un instrumento global de planificación que afectará a todos los residuos que se generan en la Comunidad Autónoma y a los gestionados por ella y que tendrá vigencia hasta el 31 de diciembre de 2010.”*

### 3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN

#### 3.1. Análisis detallado de la gestión y tratamiento en España. Selección del emplazamiento para la Planta de Tratamiento de RAEEs

Conocer la situación actual de la gestión de los RAEEs en España es imprescindible para escoger la localización más idónea de la planta y dimensionarla. Sin embargo, describir y analizar esta situación es complicado. La aplicación de una legislación muy reciente (la Directiva de RAEEs se traspuso en 2005), con diferentes grados de implantación y resultados todavía parciales, unido a la complejidad intrínseca de este grupo de residuos que se divide en 10 categorías, heterogéneas a su vez, dificultan en gran medida la obtención de datos completos, detallados y fiables, tanto en lo que respecta a la producción de estos residuos como a su recogida y tratamiento.

En cuanto a organismos oficiales, a nivel nacional la información más fiable y detallada que ha podido encontrarse corresponde al Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR)<sup>24</sup>. En este documento, tan sólo figuran datos de puesta en el mercado de AEEs y de RAEEs gestionados en 2006 y 2007 a excepción de la categoría 10, tanto domésticos como industriales. No incluye datos tan relevantes como la cantidad de RAEEs producidos. A nivel nacional existe también un estudio de la Federación Española de la Recuperación<sup>6</sup>, partiendo de datos del 2004 y 2005, del que sólo está a disposición del público un pequeño extracto cuyos datos aportados son poco coherentes con el PNIR. También a nivel nacional cabe destacar la memoria del año 2008 de la Fundación Ecotic<sup>7</sup> que, si bien es bastante completa y detallada, aporta como por otro lado es lógico, datos limitados a la experiencia de este SIG y no del conjunto nacional.

A nivel autonómico, la información oficial no es más detallada. Los planes autonómicos de residuos anteriores al 2005 no recogen la categoría de RAEEs como tal, ya que cuando se elaboraron este concepto no existía. En su lugar aparecen, incluyendo fracciones de lo que son los RAEEs actualmente, otras categorías de residuos como son “voluminosos”, “electrodomésticos desechados”, etc. Esto no permite conocer las cantidades producidas ya que son datos parciales y que en algunos casos, como en el caso de los voluminosos, no sólo incluyen RAEEs sino también otros elementos como muebles desechados. Los planes autonómicos de residuos posteriores al 2005 sí recogen los RAEEs e introducen disposiciones para su gestión y tratamiento, pero tampoco aportan demasiados datos numéricos. Algunos reconocen abiertamente que no disponen de datos, otros incluyen estimaciones de porcentajes de RAEEs respecto del total de residuos y otros dan una tasa de producción por habitante y día. Estas diferencias dificultan comparar unas CCAA con otras.

Para poder situar la planta de tratamiento en el territorio nacional y dimensionarla correctamente, lo idóneo sería disponer de datos de producción, recogida y tratamiento de RAEEs por cada categoría y por Comunidad Autónoma. Podría así conocerse en que tipologías de estos residuos existe un déficit de tratamiento y como se distribuye ese déficit en el territorio nacional, optimizándose así las líneas de tratamiento requeridas y la localización de la instalación.

Ya que los datos disponibles no permiten el conocimiento preciso de estas magnitudes, se opta por métodos de estimación y modelización más generales. Estos métodos se apoyan en distintas fuentes de datos:

- Informe de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) sobre la aplicación de la Directiva de RAEEs en la UE.<sup>12</sup>
- Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR).<sup>24</sup>
- Datos del Instituto Nacional de Estadística Español (INE).<sup>27</sup>
- Memoria del año 2008 de la Fundación Ecotic.<sup>7</sup>

Ya que cada conjunto de estos datos tiene sus propias limitaciones y carencias, empleándolos tanto de forma conjunta como por separado se pretende compensar esta falta de información, contrastando los datos y reduciendo así el riesgo y la incertidumbre a la hora de elegir la localización de la planta de tratamiento de RAEEs. Se han seguido los siguientes pasos:

1. Estimación de cantidades de RAEEs producidas por categoría y Comunidad Autónoma.
2. Estimación de cantidades de RAEEs recogidas por categoría y Comunidad Autónoma.
3. Modelización de la localización actual de las plantas de tratamiento de RAEEs en el territorio nacional a partir de los datos estimados y otras variables auxiliares.
4. Iteración del modelo para situar la nueva planta.
5. Selección de la categoría de RAEEs o combinación de ellas a tratar.
6. Obtención de datos para el dimensionado de la planta.
7. Cálculo de los subproductos a obtener.

Se excluyen del análisis las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla por cuestiones logísticas.

### 3.1.1 Estimación de cantidades de RAEEs producidas por categoría y Comunidad Autónoma

Para estimar la cantidad de RAEEs producidos, se ha calculado la tasa de producción por habitante y año en cada Comunidad Autónoma por dos vías diferentes.

La primera se basa en la correlación entre PIB per cápita y kg de RAEEs por habitante y año para países de la Unión Europea recogida en el Informe de la UNU<sup>12</sup> (Gráfica 1.1). El PIB per cápita para cada Comunidad Autónoma se calcula a partir de los datos del INE<sup>27</sup>. Los resultados se muestran en la tabla 3.1.

	<b>PIB (miles de €)</b>	<b>Población</b>	<b>PIB per cápita</b>	<b>Kg RAEEs /hab·año</b>	<b>Total RAEEs (t)</b>
Nacional	1.095.163.000	46.157.822	23.726	13,5	623.330
Andalucía	149.909.933	8.202.220	18.277	10,4	85.465
Aragón	34.371.615	1.326.918	25.903	14,7	19.554
Asturias	23.876.516	1.080.138	22.105	12,6	13.595
Baleares	27.472.554	1.072.844	25.607	14,6	15.630
Canarias	43.480.328	2.075.968	20.945	11,9	24.766
Cantabria	14.052.495	582.138	24.139	13,7	7.997
Castilla y León	58.514.890	2.557.330	22.881	13,0	33.312
Castilla - La Mancha	36.948.691	2.043.100	18.085	10,3	21.066
Cataluña	204.127.688	7.364.078	27.719	15,8	116.089
Comunidad Valenciana	106.208.568	5.029.601	21.117	12,0	60.492
Extremadura	18.158.043	1.097.744	16.541	9,4	10.360
Galicia	56.419.087	2.784.169	20.264	11,5	32.142
Madrid	194.180.488	6.271.638	30.962	17,6	110.377
Murcia	28.160.435	1.426.109	19.746	11,3	16.046

Navarra	18.674.309	620.377	30.102	17,1	10.616
País Vasco	68.669.069	2.157.112	31.834	18,1	39.029
Rioja (La)	8.119.879	317.501	25.574	14,6	4.620

**Tabla 3.1.** Estimación de la producción de RAEEs por Comunidad Autónoma a partir del PIB per cápita. Datos de PIB y población del año 2008

La segunda vía de cálculo de la tasa de producción de RAEEs asume que ésta no varía tanto en función del poder adquisitivo de la población sino que la relación es más dependiente del volumen total de residuos generados, es decir, a más residuos en general más RAEEs. La Unión Europea estima que los RAEEs son un 5% del total en peso de residuos sólidos urbanos (RSU), sin embargo, dentro de la Unión Europea estos porcentajes varían fuertemente entre los distintos países, con tasas que van desde los 14 a los 24 kg/hab·año.<sup>12</sup> En España este porcentaje es menor (por ejemplo, el Plan de Residuos de Castilla la Mancha lo estima para esta Comunidad en un 2,5 %). En este caso, se ha seleccionado para el cálculo un valor conservador, del 3%. Los datos del total de RSU se obtienen del INE y sólo están disponibles hasta el año 2006. Los resultados se muestran en la tabla 3.2.

	Total RSU (t)	Total RAEEs (t)	Kg RAEEs/ hab·año
Nacional	28.418.545	852.556	19,1
Andalucía	5.056.300	51.689	19,0
Aragón	763.067	22.892	17,9
Asturias	638.904	19.167	17,8
Baleares	1.085.874	32.576	32,5
Canarias	1.397.206	41.916	21,0
Cantabria	384.170	11.525	20,3
Castilla y León	2.115.419	63.463	25,2
Castilla - La Mancha	1.264.662	37.940	19,6
Cataluña	3.815.544	114.466	16,0
Comunidad Valenciana	2.853.865	85.616	17,8
Extremadura	614.165	18.425	17,0
Galicia	1.506.241	45.187	16,3
Madrid	4.047.783	121.433	20,2
Murcia	809.521	24.286	17,7
Navarra	392.592	11.778	19,6
País Vasco	1.373.616	41.208	19,3
Rioja (La)	192.102	5.763	18,8

**Tabla 3.2.** Estimación de la producción de RAEEs por Comunidad Autónoma a partir del total de RSU

Ambas tasas se ponderan mediante una media para obtener una tasa de producción de RAEEs por habitantes y día para cada Comunidad Autónoma. Los resultados se muestran en la tabla 3.3, a continuación. La desviación de cada conjunto de datos estimados respecto de la media es de un 18%.

	<b>Tasa ponderada (Kg RAEEs/ hab·año)</b>	<b>Total RAEEs (t)</b>
Nacional	16,3	751.757
Andalucía	14,7	120.731
Aragón	16,3	21.666
Asturias	15,2	16.410
Baleares	23,6	25.271
Canarias	16,5	34.182
Cantabria	17,0	9.904
Castilla y León	19,1	48.819
Castilla - La Mancha	15,0	30.591
Cataluña	15,9	117.118
Comunidad Valenciana	14,9	75.037
Extremadura	13,2	14.489
Galicia	13,9	38.801
Madrid	18,9	118.568
Murcia	14,5	20.660
Navarra	18,3	11.378
País Vasco	18,7	40.345
Rioja (La)	16,7	5.296

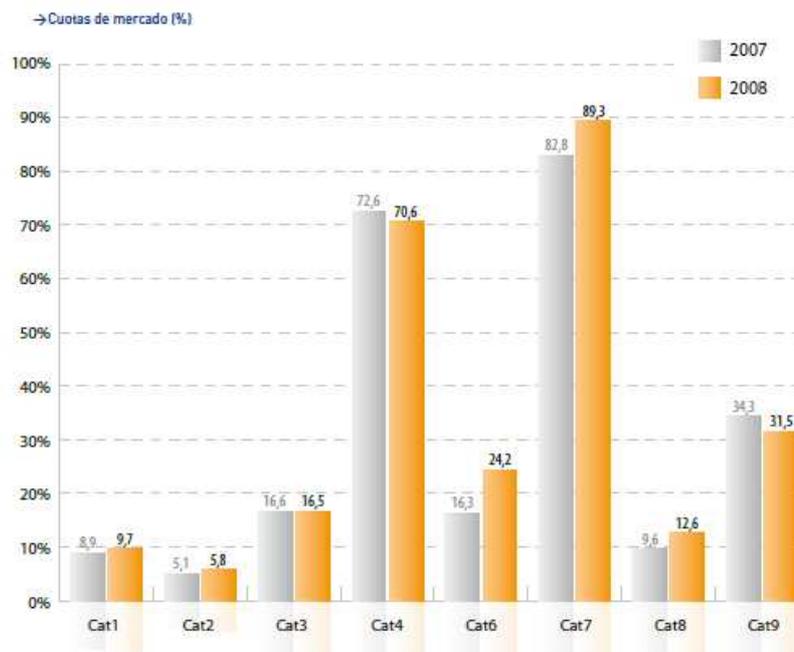
**Tabla 3.3.** Tasa de producción de RAEEs por Comunidad Autónoma ponderada y total de RAEEs producidos a partir de dicha tasa

### 3.1.2 Estimación de cantidades de RAEEs recogidas por categoría y Comunidad Autónoma

La Memoria de la Fundación Ecotic del año 2008<sup>7</sup> contiene datos de los RAEEs que ha gestionado este SIG por categoría en cada Comunidad Autónoma, a excepción de la 5 (tabla 3.4), y de su cuota de mercado en cada categoría (gráfico 3.1). Asumiendo, como hipótesis de cálculo, la misma cuota de mercado en cada Comunidad, se estiman las cantidades de RAEEs recogidas por categoría y Comunidad Autónoma. Se muestran en la tabla 3.5.

USO	CCAA	CATEGORÍA										TOTAL
		CAT01	CAT02	CAT03	CAT04	CAT06	CAT07	CAT08	CAT09	CAT10		
DOMÉSTICO	Andalucía	1.830.625	99.967	204.272	1.406.841	33.391						3.575.095
	Aragón	290.306	26.471	159.344	509.296	13.373	32.260					1.031.050
	Asturias (Principado de)	331.614	2.070	45.439	294.944	18	2.300	206	44	0		676.633
	Baleares (Islas)	822.153	102.879	25.575	711.636	5.907	1.764	2.280	21			1.672.215
	Canarias	1.577.294	15.415	335.751	446.511	26.638	4.971	470	2.778	0		2.409.828
	Cantabria	113.067	1.331	5.133	20.939	84	41					140.595
	Castilla - La Mancha	271.722	9.540	103.929	197.192	290						582.673
	Castilla y León	409.893	11.095	215.562	478.239	987	2.661	143	29	0		1.118.610
	Cataluña	18.883.228	36.284	828.798	3.379.200	7.317	22.121	5.541	6.128	136		23.168.753
	Ciudad autónoma de Ceuta			598								598
	Ciudad autónoma de Melilla	3.840	42	2.093	2.554		0	30				8.559
	Comunidad Valenciana	824.286	7.412	368.270	623.189							1.823.158
	Extremadura	120.672	10.762	72.314	53.444							257.193
	Galicia	445.531	17.970	412.734	600.421	1.997	3.734	359	73	3.128		1.485.947
	Madrid (Comunidad de)	2.953.447	145.250	347.983	940.943	22.022	30.962	207	1.835	0		4.442.650
	Murcia (Región de)	284.728	400	37.358	45.077	2.280						369.842
	Navarra (Comunidad Foral de)	664.726	67.880	171.836	387.250	4.552	4.372	282				1.300.899
	País Vasco	643.448	13.627	231.015	759.107	1.238	37.066	2.604	1.131	0		1.689.235
	Rioja (La)	25.035	2.280	89.140	63.126							179.581
	<b>TOTAL</b>		<b>30.495.616</b>	<b>570.674</b>	<b>3.657.143</b>	<b>10.919.907</b>	<b>120.094</b>	<b>142.253</b>	<b>12.121</b>	<b>12.039</b>	<b>3.264</b>	<b>45.933.113</b>
PROFESIONAL	Andalucía		315	132.339	900			53.218	820		187.592	
	Aragón			8.000					1.160		9.160	
	Asturias (Principado de)			20.487					1.100		21.587	
	Baleares (Islas)			11.049				1.740	10.215		23.004	
	Canarias			71.252				3.883	5.700		80.835	
	Cantabria							340			240	
	Castilla - La Mancha			9.534				2.360			11.894	
	Castilla y León			66.395	960			16.820	2.500		86.675	
	Cataluña			61.230		1.000		27.944	240		90.414	
	Comunidad Valenciana			64.169	532			11.815	465		76.981	
	Extremadura			1.000				340			1.340	
	Galicia			63.697				11.130			74.827	
	Madrid (Comunidad de)			311.446	3.048			66.481	10.560		391.535	
	Murcia (Región de)			18.567				680			19.247	
	Navarra (Comunidad Foral de)							4.280			4.280	
País Vasco			24.167	534			12.605	1.740		39.046		
Rioja (La)							720			720		
<b>TOTAL</b>			<b>315</b>	<b>863.331</b>	<b>5.974</b>	<b>1.000</b>	<b>214.256</b>	<b>34.500</b>			<b>1.119.376</b>	

Tabla 3.4. RAEES gestionados por la Fundación Ecotic en 2008. Fuente: Memoria de la Fundación Ecotic del 2008<sup>7</sup>



Gráfica 3.1. Cuota de mercado de la Fundación Ecotic durante el año 2008. Fuente: Memoria de la Fundación Ecotic del 2008<sup>7</sup>

CCAA	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 6	Categoría 7	Categoría 8	Categoría 9	Categoría 10	Total (t)
Andalucía	18.872	1.729	2.040	1.994	138	0	422	3	0	25.198
Aragón	2.993	456	1.014	721	55	36	0	4	0	5.280
Asturias (Principado de)	3.419	36	400	418	0	3	2	4	0	4.280
Baleares (Illes)	8.476	1.774	222	1.008	24	2	32	32	0	11.570
Canarias	16.261	266	2.467	632	110	6	35	27	0	19.803
Cantabria	1.166	23	31	30	0	0	2	0	0	1.252
Castilla - La Mancha	2.801	164	688	279	1	0	19	0	0	3.953
Castilla y León	4.226	191	1.709	679	4	3	135	8	0	6.954
Cataluña	194.672	626	5.394	4.786	34	25	266	20	0	205.824
Comunitat Valenciana	8.498	128	2.621	883	0	0	94	1	0	12.225
Extremadura	1.244	186	444	76	0	0	3	0	0	1.952
Galicia	4.593	310	2.887	850	8	4	91	0	3	8.748
Madrid (Comunidad de)	30.448	2.504	3.997	1.337	91	35	529	39	0	38.980
Murcia (Región de)	2.935	7	339	64	9	0	5	0	0	3.360
Navarra (Comunidad Foral de)	6.853	1.170	1.041	549	19	5	36	0	0	9.673
Pais Vasco	6.633	235	1.547	1.076	5	42	121	9	0	9.667
Rioja (La)	258	39	540	89	0	0	6	0	0	933
España	314.348	9.844	27.381	15.472	500	159	1.796	148	3	369.652

**Tabla 3.5.** Estimación de la recogida de RAEEs por Comunidad Autónoma a partir de los datos de la Memoria de la Fundación Ecotic del año 2008<sup>7</sup>

### 3.1.3 Modelización de la localización actual de las plantas de tratamiento de RAEEs en el territorio nacional a partir de los datos estimados y otras variables auxiliares

Se trata de correlacionar la situación de las plantas ya existentes con otras variables que presentan una correlación positiva en regresión simple con las plantas que ya hay en cada Comunidad Autónoma. De esta forma, se puede predecir cuál es la localización óptima de una planta de tratamiento más.

Estas variables son las reflejadas en la tabla 3.6:

- Estimaciones de RAEEs producidos y recogidos. Se consideran los factores más importantes a la hora de situar una planta, al fin y al cabo, los ingresos de una planta de tratamiento de RAEEs dependen directamente del tonelaje o el número de unidades gestionados. Los residuos recogidos representan aquellos que son susceptibles de tratar por la planta a día de hoy y los producidos son el máximo que puede llegar a tratarse conforme la recogida de RAEEs se haga más efectiva.
- Número de puntos limpios por kilómetro cuadrado. Los puntos limpios son una de las fuentes de RAEEs para la planta. Influyen asimismo en la recogida. Una región con una red de puntos limpios suficiente y cercana al ciudadano es más proclive a ser una buena localización para una planta de tratamiento.
- Kilómetros de vías de alta capacidad. Los residuos deben transportarse desde los puntos limpios, plantas de transferencia y comercializadores que emplean la logística inversa hasta la planta de tratamiento, por ello se ha incluido este parámetro. Son un indicador de las comunicaciones de esa región internamente y con las regiones adyacentes.
- PIB per cápita. Como ya se ha comentado anteriormente la riqueza de una población influye directamente en el consumo y tasa de reposición de los AEEs.
- Fragmentadoras existentes. Las fragmentadoras pueden ser consideradas complementarias a las plantas de tratamiento de RAEEs o competentes en la venta de subproductos tales como metales féreos y no féreos.

Se aplica una regresión múltiple lineal de estas variables respecto a las plantas existentes. Se emplea una regresión múltiple porque disponemos de varias variables, y lineal porque no

existen razones para pensar que la respuesta a las variables sea de un tipo más complejo como podría ser logarítmico o exponencial. El modelo obtenido tiene un coeficiente de correlación de Pearson del 65% y la siguiente fórmula:

$$-0,653 \cdot (n^{\circ} \text{ fragmentadoras}) + 2,021 \cdot 10^{-5} \cdot (\text{RAEEs producidos}) + 1,423 \cdot 10^{-5} \cdot (\text{RAEEs recogidos}) + 1,865 \cdot 10^{-4} \cdot (\text{PIB per cápita}) + 8,165 \cdot 10^{-4} \cdot (\text{Km vías de alta capacidad}) + 139,406 \cdot (n^{\circ} \text{ puntos limpios por Km}^2) - 3,265$$

CC.AA	Nº puntos limpios / Km2	Km vías alta capacidad	PIB per capita	RAEEs recogidos	RAEEs producidos	Fragmentadoras	Plantas existentes
Andalucía	0,0009	2.522	18.277	25.198	120.731	4	1,00
Aragón	0,0002	728	25.903	5.280	21.666	1	4,00
Asturias (Principado de)	0,0027	395	22.105	4.280	16.410	1	1,00
Balears (Illes)	0,0108	184	25.607	11.570	25.271	0	5,00
Canarias	0,0035	298	20.945	19.803	34.182	1	2,00
Cantabria	0,0058	214	24.139	1.252	9.904	0	0,00
Castilla y León	0,0007	1.910	22.881	3.953	48.819	1	3,00
Castilla - La Mancha	0,0007	1.510	18.085	6.954	30.591	0	2,00
Cataluña	0,0089	1.424	27.719	205.824	117.118	4	7,00
Comunitat Valenciana	0,0035	1.346	21.117	12.225	75.037	2	5,00
Extremadura	0,0002	661	16.541	1.952	14.489	1	0,00
Galicia	0,0018	898	20.264	8.748	38.801	1	3,00
Madrid (Comunidad de)	0,0092	954	30.962	38.980	118.568	3	5,00
Murcia (Región de)	0,0034	562	19.746	3.360	20.660	0	1,00
Navarra (Comunidad Foral de)	0,0002	346	30.102	9.673	11.378	1	2,00
País Vasco	0,0057	573	31.834	9.667	40.345	3	3,00
Rioja (La)	0,0006	163	25.574	933	5.296	0	1,00
Valor de R2 en regresión simple	0,35	0,04	0,23	0,40	0,32	0,21	1,00

Tabla 3.6. Variables que intervienen en el modelo

### 3.1.4 Iteración del modelo para situar la nueva planta

Sobre el modelo anterior, se itera añadiendo una planta más en cada Comunidad Autónoma. Asumiendo que el modelo refleja la realidad y que las plantas ya existentes hoy en día están bien situadas, las opciones que produzcan una mayor mejora en el coeficiente de correlación serán las mejores. Los resultados se muestran a continuación en la tabla 3.7.

Comunidad Autónoma	Plantas existentes	Nuevo R <sup>2</sup>
Andalucía	1	68%
Aragón	4	60%
Asturias (Principado de)	1	63%
Balears (Illes)	5	64%
Canarias	2	62%
Cantabria	0	69%
Castilla y León	3	65%
Castilla - La Mancha	2	64%
Cataluña	7	69%
Comunitat Valenciana	5	60%
Extremadura	0	61%
Galicia	3	60%
Madrid (Comunidad de)	5	69%
Murcia (Región de)	1	65%
Navarra (Comunidad Foral de)	2	65%
País Vasco	3	65%
Rioja (La)	1	65%

Tabla 3.7. Resultados de iterar el modelo de localización

Finalmente, se escoge para el emplazamiento de la nueva Planta de Tratamiento la **Comunidad de Cantabria** porque reúne las condiciones más adecuadas:

- No dispone actualmente de una Planta para el Tratamiento de RAEEs.
- Existe la posibilidad de captar residuos de otras CCAA vecinas.
- La implantación de una nueva Planta de RAEEs se adapta perfectamente a la planificación prevista para la gestión de estos residuos, conforme a lo establecido en el Plan de Residuos de Cantabria.<sup>21</sup>
- Mejora el coeficiente de correlación del modelo considerado.

### 3.2. Selección de categorías de RAEEs a tratar. Dimensionamiento de la planta

#### 3.2.1 Selección de la categoría de RAEEs o combinación de ellas a tratar

Las tablas a continuación, muestran la distribución porcentual por categorías de los RAEEs recogidos en Cantabria. Se han considerado dos procedimientos de cálculo:

- Por un lado, (tabla 3.8) se recoge la distribución por categorías estimada a partir de los datos de la Memoria de Ecotic.<sup>7</sup> Este datos se considera la recogida real en Cantabria.

	<b>Toneladas recogidas</b>	<b>Porcentaje sobre el total recogido</b>
Categoría 1	1.166	93%
Categoría 2	23	2%
Categoría 3	31	2%
Categoría 4	30	2%
Categoría 6	0	0%
Categoría 7	0	0%
Categoría 8	2	0%
Categoría 9	0	0%
Categoría 10	0	0%

*Tabla 3.8. Distribución por categorías de los RAEEs recogidos en Cantabria estimados a partir de los datos de la Memoria de Ecotic.<sup>7</sup>*

Se observa que de todo lo que se recoge en Cantabria, que como veremos a continuación es menos que en el conjunto de España, el 93% corresponde a la categoría 1.

- Complementariamente, se estiman la producción y recogida de RAEEs en Cantabria a partir de los RAEEs producidos, su distribución teórica en categorías según los datos de la UNU<sup>12</sup> (gráfico 3.2) y los porcentajes promedio de recogida de cada categoría para el conjunto nacional reflejados en el PNIR<sup>24</sup> respectivamente (tabla 3.9).

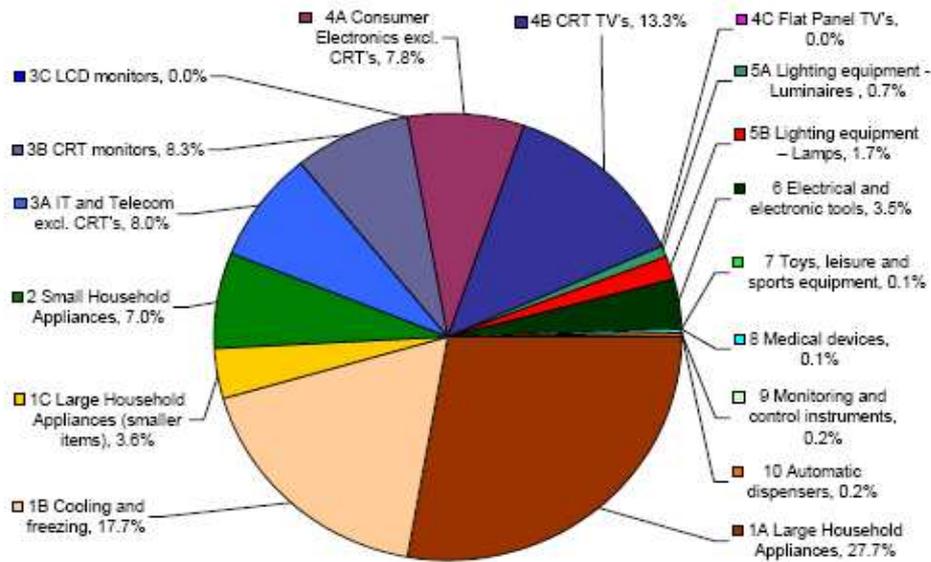


Figure i: Breakdown of WEEE arising 2005

Gráfica 3.2. Distribución de las categorías de RAEEs producidos en la UE. Fuente: United Nations University<sup>12</sup>

	Porcentaje generado sobre el total producido	Peso generado (t)	Porcentaje que se recoge sobre lo generado por categoría según PNIR	Toneladas a recoger
Categoría 1	49%	4.853	67%	3.240
Categoría 2	7%	693	5%	34
Categoría 3	16%	1.614	9%	153
Categoría 4	21%	2.090	10%	202
Categoría 5	2%	238	2%	4
Categoría 6	4%	347	2%	6
Categoría 7	0%	10	72%	7
Categoría 8	0%	10	29%	3
Categoría 9	0%	20	36%	7
Categoría 10	0%	20	-	-
Total:	100%	9.904	37%	3.656

Tabla 3.9. Distribución por categorías de los RAEEs recogidos en Cantabria si la recogida en esta Comunidad respondiera al mismo patrón que el conjunto nacional reflejado en el PNIR<sup>24</sup>

Puede apreciarse que, respecto del total de residuos que se producen, el 49% son Categoría 1 y además, según el PNIR<sup>24</sup>, el 67% de todo lo que se produce de esa categoría en concreto se recoge mientras que en otras categorías la recogida es más deficiente y se producen menos residuos en tonelaje.

Como puede observarse, los datos para Cantabria difieren notablemente en ambas proyecciones debido a que, mientras que en el conjunto nacional se estima que se recoge alrededor del 37%

de todos los RAEEs producidos, en Cantabria se alcanza únicamente el 12% ya que la recogida real es de alrededor de 1.250 t mientras que si ésta fuera igual de eficiente que en España en promedio sería de 3.656 t. Sin embargo, el Plan de Residuos de Cantabria<sup>21</sup> incluye disposiciones para aumentar progresivamente ésta recogida en el futuro hasta valores comparables al conjunto nacional.

En ambas estimaciones, la categoría más favorable es la 1. Dentro de ésta se seleccionan (por cuestiones de simplificación de operación ya que es muy heterogénea) como **residuos objetivo** las lavadoras, frigoríficos, secadoras y lavavajillas, que son la fracción mayoritaria del conjunto de la categoría.

### 3.2.2 Obtención de datos para el dimensionado de la planta

Los objetivos de captación para Cantabria y Comunidades Autónomas adyacentes se han establecido conforme a los siguientes criterios:

- Debido a la no existencia de otras plantas en la propia comunidad se ha establecido un objetivo ambicioso, el 95% de la totalidad de los RAEEs recogidos.
- Se establecen porcentajes de recogida moderados para las Comunidades vecinas, considerando además la existencia o no de otras plantas de tratamiento en las mismas.
- Desde un punto de vista conservador, se han empleado los datos de recogida actuales, estimados a partir de los datos de la Memoria de la Fundación Ecotic del 2008.<sup>7</sup>

Los objetivos finales de captación se recogen en la tabla siguiente:

	Porcentaje	Total Categoría 1 (t)	Captación (t)
Asturias	5%	3.419	171
País Vasco	5%	6.633	332
Castilla y León	5%	2.801	140
La Rioja	10%	258	26
Galicia	5%	4.593	230
Navarra	5%	6.853	343
Cantabria	95%	1.166	1.107
TOTAL		25.723	2.348

*Tabla 3.10. Objetivos de captación para la planta de tratamiento*

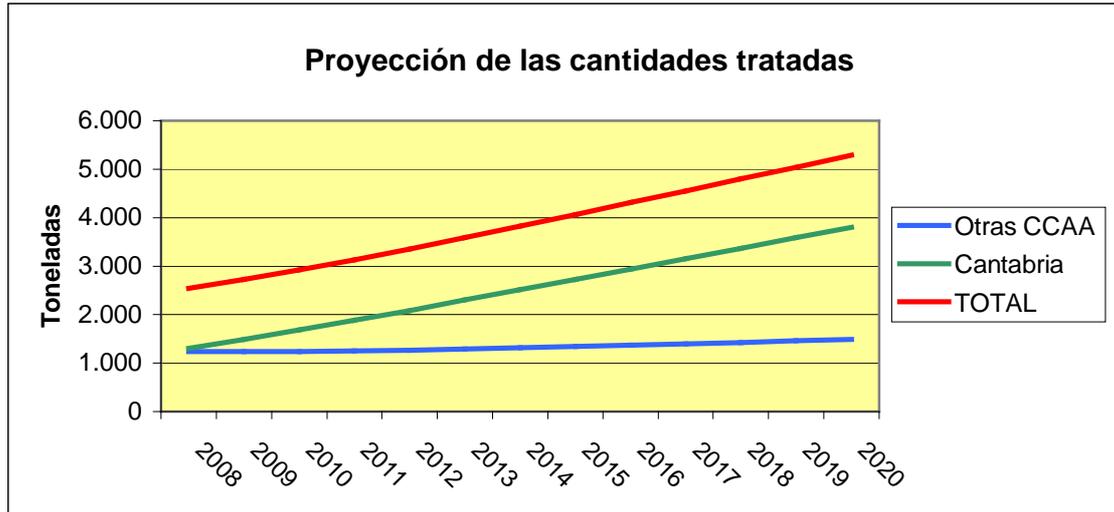
Como puede observarse, la cantidad inicial de residuos a tratar se estima en alrededor de 2.350 toneladas anuales. Sin embargo, para los cálculos en adelante se sobredimensiona ligeramente la planta para una cantidad inicial de **2.500 t**.

En relación con la evolución de la cantidad de residuos, las perspectivas de crecimiento de los RAEEs son inciertas en un futuro inmediato, debido a la actual crisis económica. Anteriormente a ésta, la UNU estimaba un crecimiento anual del 2%.<sup>12</sup>

Desde un punto de vista conservador, se ha aplicado el siguiente modelo de crecimiento:

- Se considera una tasa de crecimiento del 0% para los ejercicios entre 2008 y 2010, un 1% para los ejercicios entre el 2010 y el 2012 y un 2% en adelante.
- Para el caso de Cantabria, adicionalmente se prevé que de forma progresiva se alcanzará un porcentaje de recogida de RAEEs similar al resto de España.

Los resultados de esta evolución se reflejan en la gráfica 3.3.



Gráfica 3.3. Proyección de las cantidades tratadas.

De este modo la planta alcanzaría a tratar unas **5.340 toneladas** en 2020. Esto es aproximadamente el doble que al comienzo de la explotación.

### 3.2.3 Cálculo de los subproductos obtenidos. Balance de materia

Los subproductos a obtener se han calculado a partir de la experiencia del equipo de proyecto en otros similares, apoyándose en datos del Internacional Center for Economic Research<sup>26</sup> (Tabla 3.11) para la categoría 1 o “Grandes electrodomésticos” y particularizando los subproductos al caso concreto de los residuos que trata esta planta, es decir, frigoríficos, lavadoras, secadoras y lavavajillas. Para la estimación de los compresores procedentes de frigoríficos se estima que éstos supondrán la mitad en peso de los RAEEs recibidos y que constituyen el 20% del peso del aparato.

	INICIO		AÑO 2020	
CANTIDAD ANUAL DE RESIDUOS TRATADOS (T)	2.350	100%	5.340	100%
<b>SUBPRODUCTOS VALORIZABLES</b>				
Metales férricos	1.197	51%	2.700	51%
Compresores	235	10%	530	10%
Metales no férricos	164	7%	370	7%
Cables	6	0,3%	13	0,25%
Plástico	70	3%	158	3%
<b>SUBPRODUCTOS NO VALORIZABLES (GESTOR EXTERNO AUTORIZADO)</b>				
Vidrio	211	9%	476	9%
Poliuretano	235	10%	530	10%
Gas (CFC)	12	0,5%	27	0,5%
Aceite	9	0,4%	21	0,4%
Residuo general (fibra de vidrio y otros)	227	100%	512	100%

*Tabla 3.11. Subproductos*

### 3.3. Análisis del Plan de Gestión de Residuos de la Comunidad Autónoma seleccionada.<sup>20,21</sup>

El análisis de la situación de la gestión de los residuos en Cantabria se realiza a través del Plan de Gestión de Residuos 2006-2010, aprobado por el Decreto 22/2007. En dicho Plan, se determina la estrategia de gestión de los residuos respecto a la situación actual en la Comunidad, a la normativa vigente aplicable y a las mejores técnicas disponibles. Así mismo, se establece la necesidad de una participación activa por parte de los generadores de residuos, las administraciones municipal y autonómica y la opinión pública.

Con respecto a la gestión de los RAEEs, prevé que se establecerán Planes Sectoriales de Residuos, que aún no han sido elaborados, en los que se fijarán los objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización y eliminación.

Los objetivos a alcanzar establecidos en el Plan de Residuos y que están relacionados con la gestión de los RAEEs son:

- *Estudio de viabilidad de un sistema de recogida de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEEs), extracción de los CFCs líquidos de los frigoríficos, y posterior aprovechamiento de los materiales contenidos mediante su traslado a una instalación autorizada de tratamiento.*
  
- *Establecer contacto con los Sistemas de Gestión correspondientes.*

De manera indirecta, otros objetivos especificados en el Plan, facilitarán y mejorarán la gestión de los RAEEs, haciendo más accesible su depósito para los generadores de residuos:

- *Instalación de Puntos Limpios en todos los municipios de más de 10.000 habitantes a finales de 2.006 (...). El objetivo se extenderá a los municipios de más de 7.500 habitantes a finales de 2.008, y de más de 5.000 habitantes a finales de 2.010.*

El Plan arranca con la elaboración de un listado de residuos identificados en Cantabria de acuerdo con la Lista Europea de Residuos (LER). Los RAEEs se clasifican dentro del Grupo LER 20 00 00; *Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente.* Hace mención especial a los RAEEs de origen domiciliario, ya que una fracción importante de los mismos, se clasifica dentro del grupo de los voluminosos, por lo que se hace más complicado cuantificar correctamente la cantidad recogida y gestionada en comparación con el volumen de AEEs puestos en el mercado. La generación de residuos voluminosos se estima entre 2 y 10 kg por habitante y año. En relación con la población de Cantabria, ello equivaldría a entre 1.100 y 5.500 t anuales. Las ratios de generación total de RAEEs están entre 12 y 20 kg por habitante y año, (que concuerda con las estimaciones recogidas en el apartado 3.1) lo que supondría una generación de entre 6.700 y 11.100 t anuales. Los datos de los que se dispone en el Plan, son del año 2004, durante el cual se recogieron en los Puntos Limpios 8.300 t de voluminosos y 114 t de RAEEs. De acuerdo con estos datos, los voluminosos están por encima del rango de generación teórica y los RAEEs recogidos están muy por debajo de lo estimado teóricamente.

TABLA 34. RESIDUOS RECOGIDOS EN PUNTOS LIMPIOS					
Residuo	Código LER	Toneladas recogidas 2.001	Toneladas recogidas 2.002	Toneladas recogidas 2.003	Toneladas recogidas 2.004
Envases	15 01 00	52,34	47,86	62,76	102,47
Envases contaminados	15 01 10*	---	---	15,74	16,82
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>52,34</b>	<b>47,86</b>	<b>78,50</b>	<b>119,29</b>
Neumáticos	16 01 03	114,68	133,87	177,67	180,63
Pilas	16 06 03* 16 06 04 16 06 05	16,51	27,89	28,41	12,02
Filtros de aceite	16 01 07*	---	0,82	---	1,38
Aerosoles	16 05 04*	---	---	---	0,20
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>131,19</b>	<b>162,58</b>	<b>206,08</b>	<b>194,23</b>
Escombros	17 01 07	13.909,26	13.205,86	13.284,62	17.251,51
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>13.909,26</b>	<b>13.205,86</b>	<b>13.284,62</b>	<b>17.251,51</b>
Papel-Cardón	20 01 01	236,33	303,46	320,23	384,83
Vidrio	20 01 02	66,91	42,97	30,07	87,13
Material textil	20 01 10	---	---	4,55	2,89
Pinturas y Disolventes	20 01 13* 20 01 27*	---	26,48	---	15,92
Fluorescentes	20 01 21*	0,39	1,37	1,63	3,29
Electrodomésticos	20 01 23* 20 01 35* 20 01 36	---	2,70	4,58	---
Aceite mineral	20 01 26*	29,53	30,57	---	50,38
Baterías	20 01 33*	15,27	16,39	12,50	16,00
Aparatos electrónicos	20 01 35* 20 01 36	---	38,98	90,38	114,42
Metales y Chatarra	20 01 40	625,17	549,11	556,90	640,75
Jardinería y Podas	20 02 01	1.841,89	3.991,30	2.957,88	3.786,95
Voluminosos	20 03 07	5.276,70	7.029,52	7.254,51	8.300,22
Sin clasificar	20 03 01	---	534,90	1.124,65	625,74
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>8.092,19</b>	<b>12.567,75</b>	<b>12.357,88</b>	<b>14.028,52</b>
<b>Total</b>		<b>22.184,98</b>	<b>25.984,05</b>	<b>25.927,08</b>	<b>31.593,55</b>

Tabla 3.12. Residuos recogidos en puntos limpios. Fuente: Plan de Gestión de Residuos de Cantabria.

El análisis final que realiza el Plan respecto a la gestión de los RAEEs en Cantabria, concluye con la necesidad de llevar a cabo un análisis de viabilidad detallado para comprobar si sería económicamente viable la construcción de una planta de tratamiento de residuos de estas características, teniendo en cuenta la cantidad de electrodomésticos generados en la región, afirmando que sería necesario contar con el tratamiento de residuos de otras Comunidades Autónomas, ya que el volumen generado en Cantabria sería insuficiente.

Por otro lado, pone de manifiesto la urgente necesidad de que todos los municipios sean responsables de la recogida de los RAEEs, poniendo a disposición del público puntos de recogida selectiva, o bien recogidos directamente en su origen domiciliario.

### 3.3.1. Situación actual de la gestión de RAEEs en Cantabria.

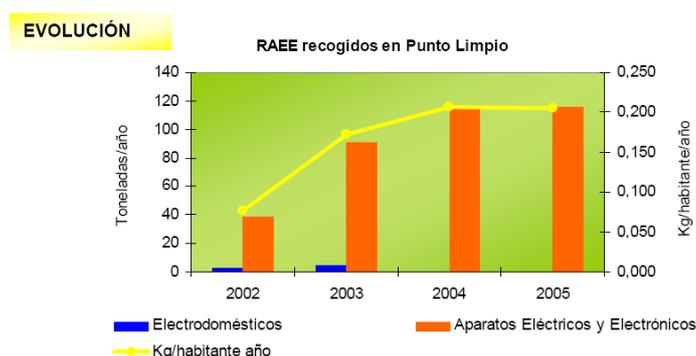
Como se ha mencionado anteriormente, hasta la fecha, no se ha redactado el Plan Sectorial de Gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en la Comunidad Autónoma de Cantabria. La información más reciente de la que se dispone sobre la situación actual en la gestión de este tipo de residuos, proviene del Punto Focal de Residuos de Cantabria (PFR), un proyecto de colaboración entre la Consejería de Medio Ambiente de Cantabria y el Departamento de Química y Química Inorgánica de la Universidad de Cantabria. Su objetivo es potenciar los objetivos del Plan de Residuos mediante un análisis de la información relativa a los residuos y su procesado en base a unos indicadores que sirvan para la toma de decisiones.<sup>32</sup>

En un informe final con fecha febrero 2008<sup>1</sup>, el PFR propone un indicador (IE7) de recogida en Puntos Limpios y tratamiento de RAEE y residuos voluminosos (RV) recogidos, para evaluar si se están gestionando correctamente. Estos indicadores específicos muestran como resultado que:

- No se han concedido autorizaciones aún a los diferentes Sistemas Integrado de Gestión existentes para los diferentes RAEEs.
- En cuanto a la separación de los RAEEs del resto de los residuos voluminosos, las cifras muestran que se producen más RV de los estimados en algunos planes autonómicos, por lo que es probable que parte de esos RV estén compuestos por RAEEs.

Esto indica una tendencia desfavorable en la gestión de los RAEEs en la dirección contraria al objetivo marcado en el Plan de Residuos de Cantabria.

En el análisis que realiza el PFR sobre la evolución en la recogida de RAEEs en los Puntos Limpios, hace hincapié en que gran parte de las empresas de venta de AEEs que recogen los aparatos desechados, los gestionan a través de la entrega directa a gestor, por lo que no son contabilizados en los Puntos Limpios. Se evidencia la necesidad de unificar los datos de producción reales de RAEEs, contabilizando no sólo aquellos que se depositan en los Puntos Limpios, sino los que son recogidos directamente a través de gestores autorizados.



Gráfica 3.5: Evolución en la recogida de RAEEs en Puntos Limpios en los últimos años. Fuente: PFR.

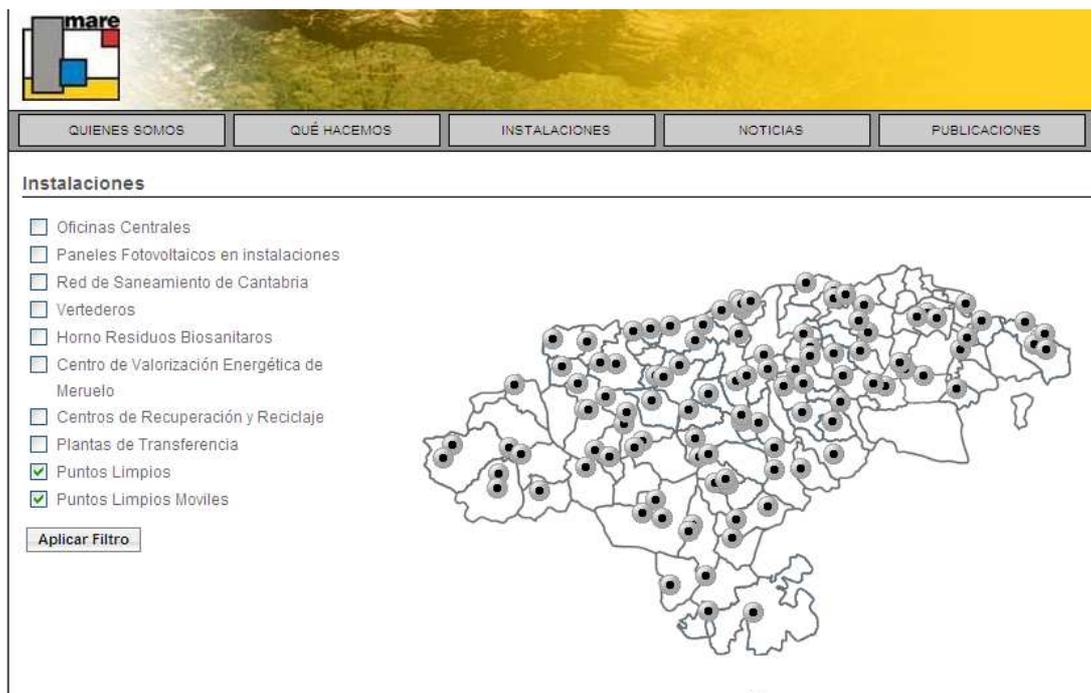
### 3.3.2. Puntos Limpios.

En Cantabria, la gestión de los residuos no peligrosos se desarrolla a través de una empresa pública perteneciente al Gobierno de Cantabria y adscrita a la Consejería de Medio Ambiente llamada MARE (Medio Ambiente, Agua, Residuos y Energía). Entre otras actividades, esta empresa se dedica a la gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos y valorización energética de los residuos. Esta sociedad, también gestiona, así mismo, los Puntos Limpios de la región.<sup>36</sup>

En el Plan de Residuos de Cantabria, se hace referencia a la estrategia de MARE de crear cuatro tipologías de Puntos Limpios que darían cobertura a las necesidades de recogida de residuos, incluidos los RAEEs, en la región:

- Puntos Limpios Convencionales; que darían servicio a particulares y Entidades Locales.

- Puntos Limpios de Referencia; que darían servicio además a PYMES, autónomos y pequeño comercio.
  
- Puntos Limpios Móviles; que darían servicio a particulares únicamente de pequeñas localidades.
  
- Recogida puerta a puerta; que darían servicio a los particulares en exclusiva, a petición de los Ayuntamientos.



**Figura 3.1.** Localización de los Puntos Limpios fijos y móviles existentes en Cantabria. Fuente: MARE.

Actualmente, los datos de entrada a los Puntos Limpios son proporcionados por MARE, pero una vez se autoricen los distintos Sistemas Integrados de Gestión (SIG), serán éstos quienes proporcionen los datos de reciclaje.

### 3.3.3. Sistemas Integrados de Gestión de RAEEs en Cantabria.

Dos de los SIG más importantes en cuanto a la recogida y gestión de RAEEs de la categoría 1 son la **Fundación Ecolec**, actualmente número uno a nivel nacional en la gestión de RAEEs de la categoría 1, y la **Fundación Ecotic**, que tiene un 20% de la cuota de responsabilidad en la gestión de RAEEs global en España.

Según la información obtenida de SIGs como la Fundación Ecolec, actualmente se están llevando a cabo acuerdos entre Ecolec y algunos establecimientos de la región para gestionar de manera eficiente los RAEEs generados en los establecimientos adscritos a estos acuerdos.<sup>37</sup>

La Memoria del 2008 de la Fundación Ecotic<sup>7</sup>, recoge que la CCAA de Cantabria cuenta con siete puntos de recogida de RAEEs servidos por Ecotic y que la Fundación tiene pendiente de

resolución la autorización solicitada para actuar como SIG en la Comunidad. Tampoco existe ningún Convenio Marco suscrito entre Ecotic, la CCAA y la Federación de Municipios que ayuda a la cumplimentación del RD 208/2005.

La Memoria señala que en Cantabria se recogieron 141 toneladas de RAEEs, lo que supone una generación de 0,25 kg por habitante y año. Este dato, es mayor que el aportado por el Plan General de Residuos y hay que tener en cuenta, que se trata de valores de recogida de RAEEs llevados a cabo en los puntos de recogida de la Fundación Ecotic. A esta cantidad, habría que añadir los recogidos en los Puntos Limpios gestionados por MARE, así como por otros SIG y los recogidos directamente por gestores desde los centros de distribución y venta de AEEs.

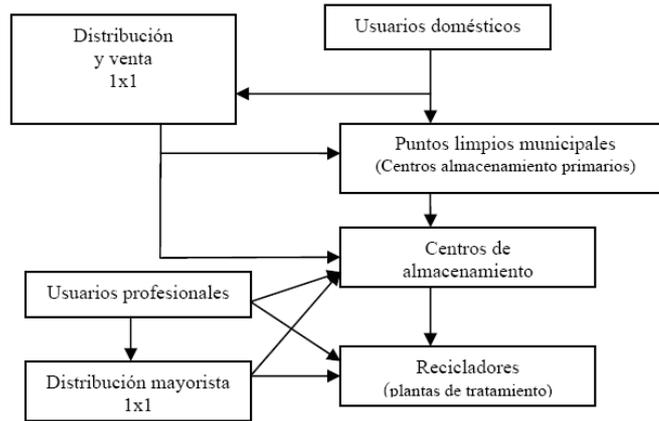
Por ello, para asegurar la viabilidad de la Planta de Tratamiento de RAEEs proyectada, será necesario e imprescindible establecer convenios con aquellos SIG que estén operativos en la región.

El Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) recoge un listado de SIG autorizados en la gestión de RAEEs en España y las categorías que gestiona cada uno:

SIG	Categorías de RAEEs gestionadas	Puntos de recogida
AMBILAMP	5	Distribuidores, ptos limpios y Grandes usuarios.
ECOASIMELEC	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9	Distribuidores y puntos limpios
ECOFIMATICA	3	Distribuidores
ECOLEC	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	Ptos limpios, distribuidores y domiciliaria
ECOLUM	5	Distribuidores, ptos limpios y Grandes usuarios.
ECORAEES	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	Distribuidores y puntos limpios
ECOTIC	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	Puntos limpios y Distribuidores
ERP	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	Distribuidores y puntos limpios
TRAGAMOVIL	3	Distribuidores puntos limpios

**Tabla 3.13.** Listado de SIG autorizados en la gestión de RAEEs en España. Fuente: PNIR

El PNIR hace mención a la necesidad de negociación de los SIG con las CCAA y las Entidades Locales para llegar a acuerdos que aseguren el correcto funcionamiento de la gestión de los RAEEs. Así mismo, detalla que los SIG han constituido esquemas operativos similares con unos flujos y circuitos por los que circularán los RAEEs y la información como muestra la **figura 3.2.**<sup>24</sup>



*Figura 3.2. Esquema operativo de los flujos de RAEEs. Fuente: PNIR*

#### 4. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

##### 4.1 Selección de la ubicación

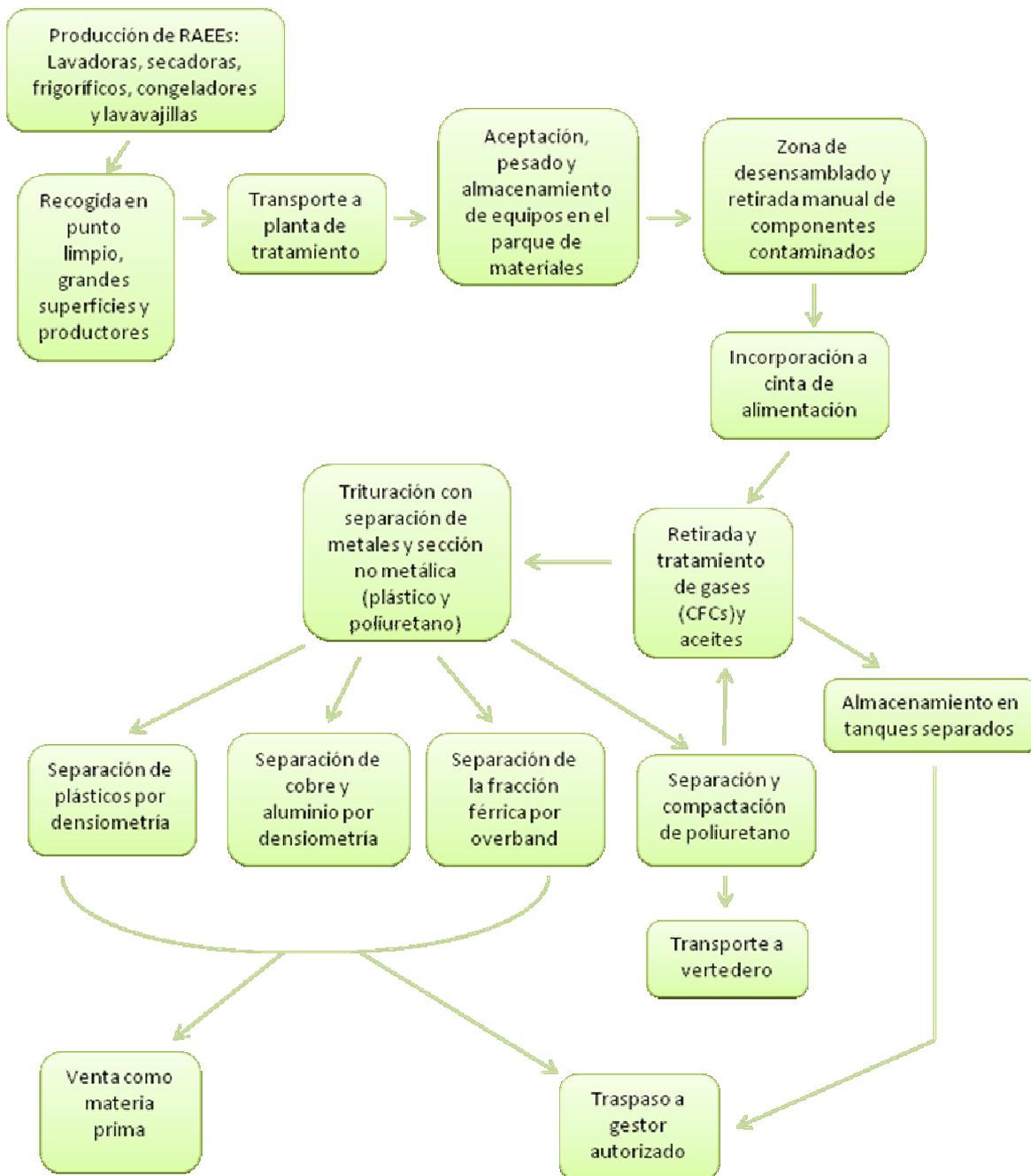
El eje industrial y comercial más importante de Cantabria se sitúa entre las localidades de Santander y Torrelavega. Estas dos centros urbanos constituyen la mayor parte de la actividad económica de Cantabria. Asimismo disponen de vías de comunicación con otras zonas de Cantabria y con las comunidades limítrofes. En especial la S-20 y la N- 611 aseguran una rápida conexión con la Meseta.

Cercanos a estas localidades existen varios polígonos industriales en cuyos terrenos podrían situarse la planta de tratamiento. Existen varias opciones como el Parque Tecnológico de Cantabria<sup>30</sup>, el polígono de Tanos-Viérnoles, el polígono de las Navas en el municipio de Cabezón de la Sal, y el Parque Empresarial Besaya<sup>35</sup>.



Mapa 4.1. Mapa de localización. Fuente: Google Earth

4.2. Diagrama general del proceso



4.3. Alternativas de tratamiento. Selección del proceso a implementar en la planta.

Las posibilidades de gestión que se presentan tras la recogida de los RAEEs son las siguientes:

1. Centro de transferencia. Podría considerarse como un punto limpio especializado al cual llegarían los RAEEs recogidos y donde se realizaría el control documental, la verificación de las características y el envío a gestor autorizado que se encargaría del destino final de los residuos.

2. Centro de clasificación y descontaminación. Centro de transferencia en el cual se procedería a la clasificación de los equipos recogidos y a la retirada de todos los componentes que se consideren residuos peligrosos, como previo paso al envío a una trituradora.
3. Tratamiento integral. Planta de tratamiento en la cual se recogen los equipos, se desmontan y descontaminan, se Trituran separando posteriormente los distintos subproductos obtenidos y se envían a gestor autorizado para su valorización. Esta es la alternativa escogida para la planta proyectada ya que existen numerosas plantas en esta Región, así como en las regiones limítrofes, que permiten valorizar los subproductos obtenidos en el tratamiento, haciendo viable la clasificación propuesta.

#### 4.4 Características de la planta de tratamiento <sup>9, 12, 23, 33</sup>

La planta de recuperación se proyecta para el tratamiento de residuos de aparatos electrodomésticos de línea blanca (frigoríficos y congeladores, lavavajillas, lavadoras y secadoras). La planta constará de las siguientes zonas de trabajo (*ver Anexos 1 y 2*):

1. ZONA DE RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN: Zona destinada a la recepción, clasificación y almacenamiento de los electrodomésticos a tratar. Se tratará de una superficie de 1600 m<sup>2</sup> (40x40m), pavimentada para evitar contaminación de suelos y aguas subterráneas, con una inclinación de alrededor del 0,5% hacia un sumidero en el centro de la zona pavimentada de modo que se puedan controlar los posibles vertidos. En esta zona se almacenarán los RAEEs previamente clasificados en grupos. A la entrada de la zona de recepción se instalará una báscula bajo rasante para camiones para el pesaje de los RAEEs destinados al tratamiento en la planta.
2. NAVE: Se instalará una nave de 1600 m<sup>2</sup> (40x40 metros) pavimentada, también con una inclinación del 0,5% hacia un sumidero en el centro de la nave, que constará de las siguientes zonas de tratamiento:
  - a. Zona de desensamblado manual: Se procesarán tres tipos de electrodomésticos de línea blanca por lo que son necesarias tres zonas independientes para realizar el desensamblado, separándose manualmente las piezas con componentes peligrosos (que se almacenan y se entregan al gestor autorizado), aquellas que no son aptas para trituración y aquellas que pueden reutilizarse:
    - *Lavadoras y secadoras:* puerta de cristal, tubos, tambor externo, tapa superior, sellado de la puerta, motores, contrapesos, tarjetas de circuito impreso y bombas.
    - *Frigoríficos:* gomas imantadas, motores, circuitos electrónicos, bobinas eléctricas, compresor, bandejas y cajones.
    - *Lavavajillas:* motores, circuitos electrónicos, brazos rociadores, bandejas y tubos.

Este desensamblado será realizado por operarios especializados con herramientas manuales (cizallas mecánicas y manuales) o destornilladores neumáticos.
  - b. Zona de descontaminación: esta operación se realizará para los frigoríficos y congeladores, ya que contienen CFCs como fluidos refrigerantes y aceites. La extracción de CFCs de los motores de los equipos se hace mediante un equipo de aspiración compacto. El frigorífico se inclina gracias a un equipo volteador

de manera que la bomba de vacío alcance el compresor, extrayendo el fluido por la parte inferior. Los CFCs extraídos son conducidos a un tanque donde se recogen junto con los aceites de los circuitos que también han sido aspirados. La separación de CFCs y aceite se realiza en dicho tanque que, gracias a una resistencia eléctrica, se calienta facilitando la separación. El aceite sale por gravedad y se deposita en otro tanque, mientras que los CFCs son recuperados en forma gaseosa gracias a un sistema de compresores e intercambiadores de calor, almacenándose en una bombona con autocontrol de llenado que incorpora una báscula.

La limpieza del aceite mediante este sistema es superior al 99,5% al igual que la eficiencia de captación de CFCs. Ambos productos son almacenados hasta su posterior retirada por gestores autorizados.

Además de en los motores de los frigoríficos, los CFCs se encuentran formando parte de la masa de poliuretano, que recubre las paredes del frigorífico. Para su eliminación es necesario triturar todo el electrodoméstico en una cámara sellada que impida la salida de estos gases. Los fragmentos de poliuretano ya descontaminado son transportados a una máquina compactadora y finalmente, llevados a vertedero. El gas extraído es llevado a un sistema que utiliza nitrógeno como líquido criogénico para retener y licuar los CFCs. Los compuestos contaminantes se absorberán en carbono activo y los CFCs licuados se almacenarán finalmente en bombonas metálicas para su transferencia al gestor autorizado.

- c. Zona de trituración, clasificación y almacenamiento de subproductos: En esta zona se consigue una reducción volumétrica en tamaño homogéneo. Los electrodomésticos llegan a la trituradora de cuatro ejes por medio de una cinta transportadora. Una rejilla en la parte inferior de la trituradora actúa como filtro, limitando el tamaño del material saliente y asegurando así una trituración mucho más eficaz. Las partículas de 30 mm de grosor pasan a un alimentador vibratorio donde un separador magnético capta los materiales ferrosos, que serán almacenados para su posterior reciclado. Los materiales restantes (plásticos, cobre, aluminio y espumas de poliuretano) son molidos hasta alcanzar una granulometría de 3 mm. Este material es transportado a través de una tubería por medio de un sistema neumático con un electroventilador, hasta un ciclón donde se separa el poliuretano pulverizado por centrifugación que es llevado a la compactadora.

Finalmente, dos separadores densiométricos separarán por medio de corrientes de aire y vibración, el plástico de la fracción metálica primero y, en segundo lugar, el cobre del aluminio. El material resultante será almacenado en silos para su posterior venta o recogida por el gestor autorizado correspondiente.

Las zonas de almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos han de estar perfectamente diferenciadas para evitar posibles transferencias de contaminación.

#### **4.5 Medidas complementarias de gestión ambiental.**

Además, las instalaciones dedicadas al tratamiento de RAEEs deben cumplir los requisitos específicos que la normativa establece para la gestión de estos residuos:

En cuanto a los **requisitos de almacenamiento** de los RAEEs así como los elementos y subproductos obtenidos en su tratamiento, los arts. 31 y 15.3 del Reglamento de Residuos Peligrosos y el art. 6 en relación con el Anexo IV 1, Real Decreto de RAEEs; establecen que el

almacenamiento de residuos peligrosos no podrá ser superior a seis meses, salvo autorización especial del órgano competente de la Comunidad Autónoma. Dicho almacenamiento debe cumplir con los requisitos técnicos recogidos en el apartado 1 del Anexo IV del Real Decreto RAEE, que consisten en disponer de zonas adecuadas dotadas de superficies impermeables, con instalaciones para la recogida de derrames y, si procede, decantadores y limpiadores desengrasadores y zonas cubiertas para protección de la intemperie, cuando sea necesario.

En la **caracterización y clasificación de los residuos** según el art. 4.7 Real Decreto RAEE, las instalaciones autorizadas para el tratamiento de RAEEs deben llevar a cabo los muestreos y triajes que permitan caracterizar y clasificar los residuos, y aplicar a cada fracción resultante la legislación específica que corresponda.

Según el art. 5.1 en relación con el Anexo III, Real Decreto de RAEEs, las instalaciones de tratamiento deben proceder a la descontaminación previa de los mismos. Esta descontaminación incluirá, como mínimo, la retirada selectiva de los fluidos, componentes, materiales, sustancias y preparados, y el tratamiento selectivo de determinados componentes de conformidad con lo establecido en el Anexo III.

Los requisitos técnicos de las instalaciones de tratamiento por el art. 6.1 en relación con el Anexo IV 2, del Real Decreto de RAEEs consisten en disponer de:

- Básculas para pesar los residuos tratados.
- Pavimento impermeable y zonas que proceda cubiertas, dotadas de sistemas de recogida de derrames y, donde sean necesarios, decantadores y limpiadores-desengrasadores, como ya se ha indicado.
- Almacenamiento apropiado para las piezas desmontadas.
- Recipientes apropiados para el almacenamiento de pilas y acumuladores, condensadores que contengan PCB o PCT y otros residuos peligrosos.
- Equipos para el tratamiento de aguas que sean conformes con la reglamentación sanitaria y ambiental.

En cualquier caso deberán aplicarse siempre las mejores técnicas disponibles en el tratamiento de los residuos (art. 5.3 Real Decreto 208/2005 de RAEEs).

## 5. EXPLOTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

### 5.1 Residuos admisibles en la Planta. Residuos de proceso.

La Lista Europea de Residuos recoge los RAEEs dentro del Código “16.02: residuos de equipos eléctricos y electrónicos” y del Código “20: Residuos Municipales, incluidas las fracciones recogidas selectivamente” con el desglose establecido en la siguiente tabla<sup>15</sup>.

Código LER	Denominación	Carácter peligroso/ no peligroso
<b>16 02 09 *</b>	<i>Transformadores y condensadores que contienen PCB</i>	<b>Peligroso</b>
<b>16 02 10 *</b>	<i>Equipos desechados que contienen PCB, o están contaminados por ellos, distintos de los especificados en el código 16 02 09</i>	<b>Peligroso</b>
<b>16 02 11 *</b>	<i>Equipos desechados que contienen clorofluorocarbonos, HCFC, HFC</i>	<b>Peligroso</b>
<b>16 02 12 *</b>	<i>Equipos desechados que contienen amianto libre</i>	<b>Peligroso</b>
<b>16 02 13 *</b>	<i>Equipos desechados que contienen componentes peligrosos (4), distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 12</i>	<b>Peligroso</b>
<b>16 02 14</b>	<i>Equipos desechados distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 13</i>	<b>No peligroso</b>
<b>16 02 15 *</b>	<i>Componentes peligrosos retirados de equipos desechados</i>	<b>Peligroso</b>
<b>16 02 16</b>	<i>Componentes retirados de equipos desechados, distintos de los especificados en el código 16 02 15</i>	<b>No peligroso</b>
<b>20 01 23*</b>	<i>Equipos desechados que contienen clorofluorocarbonos</i>	<b>Peligroso</b>
<b>20 01 35 *</b>	<i>Equipos eléctricos y electrónicos desechados, distintos de los especificados en los códigos 20 01 21 y 20 01 23, que contienen componentes peligrosos (9)</i>	<b>Peligroso</b>
<b>20 01 36</b>	<i>Equipos eléctricos y electrónicos desechados distintos de los especificados en los códigos 20 01 21, 20 01 23 y 20 01 35</i>	<b>No peligroso</b>

**Tabla 5.1.** Detalle de la Lista Europea de Residuos. Fuente: Orden MAM 304/2002.

La planta proyectada, como se ha indicado, trata la categoría 1 establecida en la Directiva sobre RAEEs. Dentro de esta categoría, los únicos electrodomésticos admisibles para su tratamiento son los frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas y secadoras.

Dentro de la codificación anteriormente descrita estos residuos se corresponden con los siguientes códigos LER:

Residuos	Código LER	Carácter Peligroso / No peligroso
Frigoríficos - Congeladores	16 02 11* 20 01 35*	Peligroso
Lavadoras - Secadoras	16 02 13* 20 01 35*	Peligroso
Lavavajillas	16 02 13* 20 01 35*	Peligroso

**Tabla 5.2.** Fuente: Orden MAM 304/2002.

Por otro lado, los residuos que se generan como resultado del proceso de tratamiento en la planta son los siguientes:

Residuos	Código LER	Carácter peligroso/No peligroso
Componentes peligrosos retirados de equipos desechados	16 02 15*	Peligroso
Clorofluorocarburos, HCFC, HFC	14 06 01*	Peligroso
Residuos de hierro y acero	19 10 01	No peligroso
Residuos no féreos	19 10 02	No peligroso
Vidrio	19 12 05	No peligroso

**Tabla 5.3.** Fuente: Orden MAM 304/2002.

El Plan de Residuos de Cantabria <sup>21</sup>(2006-2010), en relación a la peligrosidad de los RAEEs establece lo siguiente:

*“La problemática de este tipo de residuos viene determinada por sus características intrínsecas: su volumen puede dificultar su recogida, transporte y tratamiento, y además pueden contener residuos peligrosos. Así, los Tubos de Rayos Catódicos (TRC) tienen un alto contenido en óxidos de plomo. Por su parte, los frigoríficos, los congeladores y los aparatos de aire acondicionado requieren de refrigerantes, lubricantes y de un aislamiento térmico para su funcionamiento, y durante años las sustancias utilizadas como refrigerantes y espumas aislantes fueron los CFC’s, causantes del agujero en la capa de ozono.”*

Por tanto, el conjunto de RAEEs que se tratará en la planta, será considerado en su totalidad como residuos peligrosos.

## 5.2 Autorizaciones. Gestión documental y administrativa.

De acuerdo con las exigencias establecidas en la Directiva 91/689/CEE del Consejo relativa a los residuos peligrosos, se establece una separación de residuos peligrosos y no peligrosos realizándose tareas de descontaminación en áreas separadas. Para la realización de estas tareas se requiere la tramitación de la autorización como gestores de residuos peligrosos.

Debido a este carácter de peligrosidad asociado a los RAEES, la instalación, para su funcionamiento, debe cumplir como mínimo todas las exigencias legales<sup>3</sup> que requiere la gestión de RP:

- Autorización administrativa previa: La solicitud de autorización debe incorporar un estudio de la tecnología aplicable a las instalaciones y a su funcionamiento y del proceso de tratamiento o eliminación. La autorización debe concretar los códigos LER que se autorizan a tratar, así como incluir consideraciones respecto a la admisión de los residuos a gestionar y las condiciones técnicas de la explotación.
- Documentos de aceptación, control y seguimiento: Estos documentos constituyen el instrumento de seguimiento del residuo peligroso desde su origen a su tratamiento o eliminación, y en ellos deben constar los datos identificadores del productor y de los gestores y, en su caso, de los transportistas, así como los referentes al residuo que se va a tratar.
- Libro registro de la actividad de la instalación: este libro debe estar a disposición de las Administraciones públicas competentes. En este libro deben figurar la cantidad, naturaleza, origen, destino, frecuencia de recogida, medio de transporte, y método de valorización o eliminación de los residuos gestionados.
- Memoria anual de actividades: El gestor de residuos peligrosos, antes de cada 1 de marzo, debe presentar una memoria anual de actividades ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma y, por su mediación, al órgano competente estatal. Dicha memoria deberá contener, referencia suficiente de las cantidades y características de los residuos gestionados; la procedencia de los mismos; los tratamientos efectuados y el destino posterior.

Además de los requisitos que deben cumplir las instalaciones de RAEES en relación a la gestión de los residuos peligrosos, existe normativa específica que deben cumplir en relación al tratamiento de RAEES descrita en el punto 4.5 del presente documento.

Asimismo la planta está sometida a los siguientes controles administrativos<sup>3</sup>:

- Estudio de impacto ambiental y Declaración ambiental positiva. En la DIA se incluirán las correspondientes medidas correctoras, así como una serie de medidas de control y vigilancia para la fase de construcción, funcionamiento y desmantelamiento de la instalación.
- Licencia de actividad por parte del Ayuntamiento.
- Autorización Ambiental Integrada: el tratamiento de RAEES se corresponde con el código R4 “reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos”. Esta operación de valorización es conforme a la orden MAM y por tanto entra dentro del marco de aplicación de expreso de la ley IPPC. Necesita por tanto obtener Autorización Ambiental Integrada.

### 5.3 Proceso de explotación.<sup>9, 12, 23</sup>

#### 5.3.1 Personal de la planta

El proceso de explotación está sustentado principalmente por el trabajo de los operarios, por ello es necesario saber el número exacto de operarios que será necesario para llevar a cabo la explotación.

Al comienzo de la explotación de la planta, la cantidad estimada de RAEEs a tratar será de 2.500 t/año. La planta estará activa 250 días al año (de lunes a viernes), por lo que se tratarán 10 t/día de RAEEs, que se traducen en 1,25 t/hora ya que la planta funcionará 8 horas al día.

Teniendo en cuenta que el peso medio de los equipos a tratar en esta planta está alrededor de los 50 kilos, los seis operarios asignados al desensamblado manual en las tres líneas tratarán 4 equipos/hora cada uno. Debido al diseño seleccionado, son necesarios dos operarios por cada línea de desensamblado.

A la entrada de la instalación, un operario se encargará además de comprobar, clasificar y almacenar en el parque de materiales los equipos que lleguen a la planta para ser tratados. Este mismo operario realizará el transporte de los electrodomésticos desde la zona de almacenamiento hasta la zona de desmantelado mediante una carretilla elevadora. Se estima que tendrá que movilizar: 4 (equipos/oper) x 2 (oper) x 3 (líneas) = 24 equipos a la hora, para suministro de las líneas de desensamblado.

Por último, el empaquetamiento, etiquetado y transporte (mediante otra carretilla elevadora) a la zona de almacenamiento de subproductos resultantes lo realizarán dos operarios.

En total, son necesarios un total de 9 operarios trabajando 8 horas al día para el correcto funcionamiento de la planta, que deberán estar formados específicamente tanto para el manejo de la carretilla como para la manipulación de sustancias peligrosas, en función del puesto que ocupen.

El resto de la plantilla estará integrada por:

1. Gerente: Es el máximo responsable de la planta y sus funciones serán:
  - Planificación, organización, dirección y control de las actividades.
  - Definición de la estrategia de negocio y comercial, así como la captación de clientes.
  - Control financiero.
  - Selección de personal.
  - Control de Calidad.
  - Gestión y venta de los subproductos resultantes.
2. Jefe de planta:
  - Dirección y supervisión del trabajo de los supervisores y operarios.
  - Planificación de la producción.
  - Control de los parámetros de elaboración y calidad del producto final.
  - Control de stock.

- Control de materia prima y producto final.
- 3. *Jefe de equipo (supervisor)*: Tendrá categoría de oficial y se encargará de supervisar el trabajo de los operarios así como de controlar la calidad del trabajo realizado y velar por la seguridad del personal a su cargo.
- 4. *Administrativo*: Se encargará del control de la recepción y admisión en planta de los vehículos y personas, gestión de la documentación de aceptación, atención al cliente, facturación y emisión de certificados.

El tamaño total de la plantilla será, al comienzo de la explotación, de 13 personas, pudiendo variar en función de las necesidades de la planta y del volumen de residuos gestionados.

### 5.3.2 Explotación de la planta de tratamiento

El proceso comienza cuando el camión que transporta los electrodomésticos desechados llega a la planta, donde el administrativo se encargará de comprobar y cumplimentar la documentación necesaria para la aceptación de los RAEEs. Tras la aceptación, el camión se situará sobre una báscula de camiones empotrada en el suelo donde se registrará el peso de los RAEEs transportados. Seguidamente, un operario deberá comprobar que los electrodomésticos están libres de cualquier objeto, sustancia, etc. ajena al tratamiento de los RAEEs.

Tras esta comprobación procederá a la descarga de los electrodomésticos, que serán almacenados en el parque de materiales en alturas de hasta 3 metros. De acuerdo con lo establecido en el Anexo IV del Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre AEEs y la gestión de sus residuos, el parque de materiales deberá estar correctamente impermeabilizado (pavimentado) para evitar la contaminación de suelos y aguas subterráneas por infiltración y también deberán protegerse las zonas pertinentes expuestas a la intemperie. Los electrodomésticos se almacenarán en grupos, según las tres líneas de tratamiento de la planta: lavadoras y secadoras, frigoríficos y congeladores y lavavajillas.

Una vez almacenados y clasificados, un operario se encargará de transportarlos, mediante una carretilla elevadora a la zona de desensamblado manual. En esta zona, se distinguirán tres líneas de desensamblado independientes, una para cada tipo de electrodoméstico a tratar:

- *Lavadoras y secadoras*: Dos operarios se encargarán de la retirada manual de la puerta de cristal, tubos, tambor externo, tapa superior, sellado de la puerta, motores, contrapesos, tarjetas de circuito impreso y bombas. Las piezas desmontadas se almacenarán, por grupos, en recipientes adecuados para ello, que deberán ser etiquetados y embalados, por los operarios encargados de esta tarea, para su posterior entrega al gestor autorizado.
- *Frigoríficos y congeladores*: Dos operarios procederán al desensamblado de gomas imantadas, motores, circuitos electrónicos, bobinas eléctricas, compresor, bandejas y cajones que deberán ser almacenados y etiquetados con el mismo procedimiento descrito para lavadoras y secadoras. En caso de frigoríficos y congeladores, al separar estas piezas, además de clasificar lo que será enviado a la trituradora, se está procediendo también a una descontaminación de los equipos ya que muchas de las piezas que se retiran contienen sustancias peligrosas que deberán ser tratados por un gestor autorizado. También en esta línea se eliminan gases y aceites contaminantes siguiendo el procedimiento descrito en el punto de Características de la planta de tratamiento.
- *Lavavajillas*: Dos operarios eliminarán manualmente motores, circuitos electrónicos, brazos rociadores, bandejas y tubos y se procederá a su almacenamiento y etiquetado de igual modo que en las otras dos líneas.

Cada línea de desensamblado consta de una cinta transportadora, para el mejor manejo de los equipos, y las tres convergen en una única cinta de alimentación que va directamente a la trituradora. El proceso de trituración está totalmente mecanizado y es controlado por un operario que deberá vigilar periódicamente el buen funcionamiento del proceso, gracias a un panel de control incorporado en la máquina trituradora. Este operario podrá realizar otras tareas ya que el control no ha de ser continuo.

Tanto la trituradora como los sistemas de separación no necesitan un mantenimiento constante ya que tienen un sistema de auto-limpieza. Sólo sería necesario cuando ocurriera alguna situación extraordinaria durante el proceso que provocara su atasco o cuando fuera necesario el recambio de alguna pieza.

Una vez triturados los equipos, los materiales resultantes que se van separando en las distintas etapas, descritos en el punto 4, se almacenan en recipientes adecuados y dos operarios se encargan de etiquetarlos, empaquetarlos y almacenarlos correctamente para su posterior venta, envío a vertedero o traspaso al gestor autorizado.

### 5.4. Destino de los materiales obtenidos<sup>12</sup>.

Existe un mercado secundario para los materiales extraídos de los RAEE. Aunque existen barreras dentro de estos mercados, como por ejemplo los potenciales costes de usar materiales reciclados, los mercados para los materiales reciclables están creciendo. A continuación se detallan los principales materiales que se derivan de los RAEE:

#### ➤ **Metales:**

Existen mercados internacionales para metales reciclados. En Europa uno de los más importantes es España. El reciclaje de los metales se ve favorecido por la facilidad en que estos materiales pueden ser recuperados y fundidos para su reutilización en nuevos productos. La calidad de este nuevo material es comparable a la calidad del material virgen.

- **Metales férricos:** este grupo de metales constituyen el 50% aproximadamente del total de materiales procedentes de los RAEEs. La mayoría de estos metales proceden de los grandes electrodomésticos. Debido a la importancia de los fragmentos de acero, en todos los procesos existe siempre una amplia demanda de acero reciclado.
- **Metales no férricos:** esta clase de metales solo supone el 5% del total de los materiales procedentes de los RAEEs. Los metales típicos pertenecientes a este grupo y recuperados de los RAEEs incluyen aluminio, cobre, latón y metales preciosos. Los principales usos para estos metales dentro de los AEE son los siguientes:
  - Cobre en cables, instalaciones eléctricas, tarjetas de circuitos y motores.
  - Aluminio en revestimientos y radiadores.
  - Latón en contactos eléctricos.
  - Metales preciosos como oro, platino y plata, se utilizan en baños de contactos eléctricos y conectores.

El flujo de metales no férricos resultante de los tratamientos puede conducirse a un separador por densidad para mejorar la calidad y asimismo, el valor de estos flujos de metales. Tras esta separación, pueden destinarse a una fundición, en el caso del cobre, o una refinería, en el caso de los metales preciosos. Las tarjetas de circuitos que contienen metales no férricos también pueden ir a fundiciones para recuperar estos metales. Los materiales de las tarjetas de circuitos son usados como combustibles durante las operaciones de fundición.

Esto demuestra que no existe escasez de demanda de los metales no férricos resultantes de las operaciones de tratamientos de RAEE.

### ➤ **Plásticos:**

Se estima que los plásticos suponen el 10% del peso total de los equipos a tratar. La composición de estos plásticos está constituida generalmente por una mezcla de polipropileno, poliuretano, policarbonato, y poliestireno de alta densidad.

Aunque es técnicamente posible reciclar la mayoría de polímeros encontrados en los RAEEs, es necesario realizar una separación previa de los diferentes tipos de plásticos para que puedan ser usados en un número mayor de aplicaciones. Existen varias barreras en el reciclaje de estos plásticos tales como el desconocimiento por parte de la industria del valor de estos plásticos, el potencial contaminante debido al número de polímeros usados en los plásticos, su contenido en ocasiones en retardantes de llama y otros aditivos que pueden afectar al proceso de reciclado. Esto supone un problema en el momento del reciclado ya que es difícil por parte de los gestores conseguir cantidades significativas y homogéneas de un determinado material.

En el caso de los plásticos procedentes del reciclaje de grandes electrodomésticos pueden ser utilizados en aplicaciones de bajo costo como producto para la fabricación de pavimentos de carretera y parkings o como material de relleno para baches.

Para el caso concreto de los plásticos reciclados en la planta de RAEEs, en función de la ubicación de la planta y los acuerdos a los que se llegue con los gestores autorizados, para el destino de estos materiales se contemplaran varias opciones como envío a vertedero, envío a gestor autorizado o a un centro de transferencia.

## **5.5 Control y vigilancia ambiental**

En una planta de tratamiento de RAEEs, existen unas medidas básicas de control y vigilancia ambiental que dependen de la categoría de RAEEs a tratar, así como de las tecnologías empleadas durante su gestión. En el caso de una planta que trata residuos de la categoría 1 de grandes electrodomésticos, se identifican una serie de aspectos ambientales a tener en cuenta tales como la protección a la atmósfera, el vertido a las aguas, la producción de residuos y el control de los niveles de ruido. La instalación, debe cumplir los requisitos establecidos en la normativa sectorial de cada uno de estos aspectos.

Como se ha especificado en otros apartados del proyecto, los RAEEs son residuos peligrosos (RP) y por tanto, la mezcla de distintos tipos de RAEEs debe considerarse también como tal. Es por ello, que la instalación, como gestora y productora de RP, debe cumplir lo establecido en la **Ley 20/1986 de Residuos Tóxicos y Peligrosos** sobre vigilancia, inspección y control, así como las especificaciones indicadas para la toma de muestras y análisis. El artículo 45 de la citada Ley establece la obligación de que:

*“todas las instalaciones de gestión de RP, debe contar con los dispositivos, registros, arquetas y demás utensilios pertinentes que hagan posible la realización de mediciones y tomas de muestras representativas. Dichas muestras (tres porciones de cada una para asegurar su representatividad), se habrán de introducir en recipientes convenientemente sellados para impedir su manipulación y etiquetados, donde figure un número de orden, la descripción de la materia contenida, el lugar preciso de la muestra, la fecha y hora, y los nombres del inspector y de la persona responsable de la instalación objeto de inspección.”*

En el “Considerando 23” de la Directiva RAEE, se establece que:

*“los Estados miembros deben garantizar que los sistemas de inspección y control permitan verificar la aplicación correcta de la presente Directiva, teniendo en cuenta, entre otras cosas, la Recomendación 2001/331/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de abril de 2001, sobre criterios mínimos de las inspecciones medioambientales en los Estados miembros.”*

A la planta de tratamiento de RAEEs también le es de aplicación lo establecido en la **Ley 16/2002, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC)** cuyo objetivo es:

*“reducir y controlar la contaminación de la atmósfera, del agua y del suelo, mediante el establecimiento de un sistema de prevención y control integrados de la contaminación, con el fin de alcanzar una elevada protección del medio ambiente en su conjunto.”*

El apartado 5.1 del Anexo I de dicha ley, especifica que están sometidas a Autorización Ambiental Integrada (AAI) *las instalaciones para la valorización de residuos peligrosos, incluida la gestión de aceites usados, o para la eliminación de dichos residuos en lugares distintos de los vertederos, de una capacidad de más de 10 toneladas por día*, como es nuestro caso.

### **Incidencia ambiental de la actividad.**<sup>23</sup>

A continuación, se identifican cuales son las incidencias ambientales derivadas de la actividad de una planta de tratamiento de RAEEs así como los procesos de vigilancia y control:

- EMISIONES ATMOSFÉRICAS:

- Focos puntuales:

1. Extracción de CFCs realizados en la nave en circuitos cerrados y herméticos.
2. Procesos de trituración.

Los potenciales contaminantes son CFCs e hidrocarburos no halogenados como el pentano y el isobutano.

- Emisiones difusas:

1. Almacenamiento de RAEEs con CFCs.
2. Operaciones de almacenamiento de gases refrigerantes y de expansión así como de los subproductos.
3. Tráfico inducido por la carga y descarga de camiones.
4. Emisiones de los motores de combustión interna de la maquinaria propia.

- **Control y vigilancia:** se establecerá un sistema de medición para el control de emisiones que ayude a detectar posibles emisiones accidentales que tendrá una periodicidad anual.

No se establecen Valores Límites de Emisión (VLE) al no existir legislación al respecto y porque los CFCs y los hidrocarburos como el pentano son muy volátiles pero inocuos de forma directa para las personas, excepto en concentraciones enormemente elevadas.

### ▪ GENERACIÓN DE RESIDUOS:

Como resultado directo de la actividad; subproductos como metales, cobre, gases refrigerantes, poliuretano, etc. Generación de residuos complementarios como por ejemplo, residuos sólidos urbanos, de mantenimiento de maquinaria, etc.

- **Control y vigilancia:** aplicación del principio de minimización de residuos, así como el control en la correcta gestión de los RP producidos con un gestor autorizado, de modo que todos los residuos potencialmente reciclables o valorizables deberán ser destinados a estos fines, evitando su eliminación, en todos los casos posibles.

Se debe cumplir el periodo máximo de almacenamiento de los residuos hasta su tratamiento o entrega a un gestor autorizado, establecido en el Reglamento de Residuos Tóxicos y Peligrosos ya mencionado en el apartado 4.3.

### ▪ VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES:

Se identifican cuatro flujos:

- Aguas sanitarias: se calcula una generación de 1.300 litros por día (se considera una producción media de 100 l/persona-día).
- Aguas de explotación: son aquellas recogidas en las zonas pavimentadas de almacenamiento exterior de RAEEs y subproductos obtenidos. También se incluyen las originadas por la limpieza de camiones y de la escorrentía de pluviales.
- Aguas pluviales

→ **Control y vigilancia:**

- Las aguas sanitarias verterán al colector de la red del polígono.
  
- Las aguas de explotación serán tratadas mediante separadores de hidrocarburos y se establecerán puntos de control para la toma de muestras a la salida de las instalaciones de depuración. En estas muestras se analizarán parámetros tales como: caudal, pH, sólidos en suspensión, DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas e hidrocarburos. Las muestras se tomarán siempre antes de su vertido final al colector.
  
- Las aguas pluviales se recogerán por medio de canaletas instaladas en los techados de la nave y la zona de acopios de manera que vayan directamente al sistema de alcantarillado del polígono.

Los fangos generados en las instalaciones de depuración se gestionarán externamente cumpliendo las exigencias de la normativa vigente.

▪ **RUIDOS:**

Los principales focos de emisión de ruidos de la instalación serán:

1. Zona de carga y descarga de camiones.
2. Líneas de desmontaje de los AEEs.
3. Trituradora de residuos.

→ **Control y vigilancia:** se realizarán mediciones anuales en una serie de puntos de control en el perímetro de la planta, para verificar que los niveles de ruido en el exterior, tanto diurnos como nocturnos, cumplen con los niveles establecidos en la normativa sectorial.

La empresa deberá someterse a auditorías ambientales externas según establece el Título VI de la **Ley 10/1998 de Residuos** sobre Inspección y vigilancia. Responsabilidad administrativa y régimen sancionador.

*“Se establece que los titulares de las actividades de gestión de residuos, están obligados a prestar la colaboración necesaria a las autoridades competentes para que realicen los exámenes, controles, toma de muestras y recogida de información, así como cualquier otra operación para el cumplimiento de su misión inspectora.”*

## 6. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Este estudio se estructura en los siguientes apartados:

- Justificación de precios. En este punto se explica el origen de los precios tomados como referencia en la elaboración de los presupuestos así como del número de mediciones en cada partida.
- Estudio de la inversión. Presupuesto correspondiente a la maquinaria, obra civil, gastos administrativos, etc. necesarios para disponer de una planta operativa.
- Costes de explotación. Se estudian los costes anuales de explotación en la situación actual y a diez años vista bajo distintas hipótesis lo que permite plantear varios escenarios.
- Establecimiento de la tarifa. Cálculo de la tarifa sopesando su evolución en el tiempo en los distintos escenarios posibles.
- Distribución de costes y beneficios. Rentabilidad de la planta.

### 6.1. Justificación de precios

#### 6.1.1. Precios de la inversión

Los costes del terreno corresponden al precio del m<sup>2</sup> en parcelas de polígono industrial de la zona contrastados con la base de datos de suelo industrial en Cantabria (SICAN)<sup>35</sup>. La maquinaria, los materiales empleados en la obra civil, las instalaciones, equipamientos, gastos administrativos, etc. son los habituales en instalaciones de este tipo. Sus costes se basan en la experiencia del equipo de trabajo en otros proyectos similares y se apoyan en fuentes de referencia como generadores de precios disponibles online<sup>25</sup> y bases de datos de precios de Edificación y obra Civil en España<sup>31</sup>. El coste de la dirección de obra, licencia de obra y seguridad y salud laboral se calculan como un 3%, 4% y 1,5% respectivamente del total del presupuesto destinado a obra civil. Los precios considerados ya incluyen el beneficio industrial del contratista, es decir, son precios de ejecución por contrata. La inversión se financia en diez años y se estiman unos intereses de un 5,5%.

#### 6.1.2. Precios de explotación

Los costes del personal se basan en el XV Convenio colectivo de la industria química<sup>22</sup> y están mayorados en un 20%, ya que los salarios que se pagan habitualmente son mayores a los del convenio en una cuantía de ese orden. Sobre ese salario se aplica asimismo el 35% de contribución a la Seguridad Social.

Los costes de la energía consumida por la planta se basan en una potencia eléctrica necesaria para la instalación de 275 Kw para una capacidad nominal de tratamiento de 55 unidades hora y teniendo en cuenta que se tratan 24 unidades a la hora, en un turno de ocho horas diarias, 250 días laborables al año. El precio del Kwh es de 0,12 €.

Los costes de energía consumida en oficinas se calculan asumiendo una potencia instalada de 20 Kw, trabajando ocho horas diarias, con un coeficiente de simultaneidad del 80%, 250 días laborables al año. De nuevo, el precio del Kwh es de 0,12 €.

El consumo en combustible de las dos carretillas se basa en un consumo de la carretilla suministrado por el fabricante<sup>34</sup> de 2 l/h, trabajando ambas carretillas en un turno de ocho horas diarias, 250 días laborables al año y con un precio del combustible de 0,77 € el litro.

El coste del mantenimiento anual se calcula como un 1% en lo que respecta a la obra civil y un 2% para la maquinaria, equipos, etc. Mención especial merecen las cuchillas de la trituradora por ser una partida importante de los gastos de mantenimiento. En su caso, el 2% de mantenimiento está corregido en función del rendimiento de la máquina, que como ya se ha mencionado, al inicio de la explotación trabaja a menos de la mitad de su capacidad nominal de tratamiento.

Los gastos administrativos y costes de auditoria y programa de vigilancia ambiental se establecen como partidas alzadas con un coste estimado en base a la experiencia del equipo de proyecto en la explotación de instalaciones similares.

Los costes de gestión de residuos y venta de subproductos son una estimación propia del equipo de proyecto basada en su conocimiento de estos mercados.

Los precios aplicados en la explotación son precios finales, es decir, al igual que los precios de inversión, estos ya incluyen el beneficio industrial.

Los precios a diez años vista son correcciones con el IPC sobre los precios actuales. Se aplica un IPC del 2% en todos los casos excepto en la energía que tiene un factor de corrección propio de un 4%. Se ha tenido en cuenta que se espera que en diez años la planta alcance plenamente su capacidad nominal de tratamiento lo que se traduce en el correspondiente incremento en la plantilla, aumento de los costes de energía, consumos, mantenimiento, gastos administrativos, etc. No se requiere una partida adicional en maquinaria y equipos tales como báscula o carretillas ya que para adaptarse a éste incremento del tonelaje a tratar se opera la planta en dos turnos.

### **6.2. Estudio de la inversión**

A continuación se muestra desglosado por capítulos el presupuesto de la inversión necesaria para construir la nave y equiparla. Tras el desglose se incluye el resumen del presupuesto y el total de la inversión necesaria. Ésta asciende a **2.175.421 €**, que se amortizarán en 10 años.

**INVERSIÓN INICIAL. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA**

<b><i>CAPÍTULO 1. COSTE DE LOS TERRENOS</i></b>					
	Medición		P.Unit		Precio
Compra de los terrenos de la instalación	3200	m <sup>2</sup>	200	€/m <sup>2</sup>	640.000 €
<b><i>SUBTOTAL CAPÍTULO 1</i></b>					<b><i>640.000 €</i></b>

<b><i>CAPÍTULO 2. EQUIPOS Y MAQUINARIA DE TRATAMIENTO</i></b>					
	Medición		P.Unit		Precio
Carretilla elevadora	2	Ud	35.000	€/Ud	70.000 €
Báscula	1	Ud	15.000	€/Ud	15.000 €
Instalación de descontaminación y trituración	1	Ud	550.000	€/Ud	550.000 €
Mobiliario	1	P.A	12.000	€	12.000 €
Equipamiento informático	1	P.A	5.000	€	5.000 €
Equipamiento de Seguridad y salud	1	P.A	10.000	€	10.000 €
<b><i>SUBTOTAL CAPÍTULO 2</i></b>					<b><i>662.000 €</i></b>

<b><i>CAPÍTULO 3. OBRA CIVIL NAVE TRATAMIENTO</i></b>					
	Medición		P.Unit		Precio
<b><i>- MOVIMIENTO DE TIERRAS</i></b>					
Movimiento de tierras	1.600	m <sup>2</sup>	5,2	€/m <sup>2</sup>	8.320 €
<b><i>- SOLERA DE HORMIGÓN</i></b>					
Pavimento continuo de hormigón en masa HM-20/B/20/I	1.600	m <sup>2</sup>	20,19	€/m <sup>2</sup>	32.304 €

<i>- ESTRUCTURA</i>					
Forjado, acero en redondos, encofrado y hormigón para armar HA-25	1.600	m <sup>2</sup>	150	€/m <sup>2</sup>	240.000 €
<i>- CERRAMIENTO LATERAL DE LA NAVE</i>					
Bloque hormigón	144	m <sup>2</sup>	40	€/m <sup>2</sup>	5.760 €
Panel sandwich	576	m <sup>2</sup>	42,71	€/m <sup>2</sup>	24.601 €
<i>- CUBIERTA</i>					
Cubierta de placa asfáltica	1.600	m <sup>2</sup>	62,28	€/m <sup>2</sup>	99.648 €
<i>- OFICINAS y VESTUARIOS</i>					
Pintura, aislamientos, acabados, saneamientos, red eléctrica, etc.	1	P.A	35.000	€	35.000 €
<i>- CARPINTERÍA METÁLICA. VENTANAS Y PUERTAS</i>					
Carpintería metálica de ventanas, puertas, etc.	720	m <sup>2</sup>	55	€/m <sup>2</sup>	39.600 €
<i>- EQUIPOS</i>					
Extintores, taquillas, acumuladores, etc.	1	P.A.	25.000	€	25.000 €
<b><i>SUBTOTAL CAPÍTULO 3</i></b>					<b><i>510.233 €</i></b>

<b><i>CAPÍTULO 4. OBRA CIVIL ZONA DE ADMISIÓN Y ALMACENAMIENTO</i></b>					
	Medición		P.Unit	Precio	
<i>- MOVIMIENTO DE TIERRAS</i>					
Movimiento de tierras	1.600	m <sup>2</sup>	5,2	€/m <sup>2</sup>	8.320 €

<i>- SOLERA DE HORMIGÓN</i>					
Pavimento continuo de hormigón en masa HM-20/B/20/I	1.600	m <sup>2</sup>	20,19	€/m <sup>2</sup>	32.304 €
<i>- ESTRUCTURA</i>					
Forjado, acero en redondos, encofrado y hormigón para armar HA-25	400	m <sup>2</sup>	75	€/m <sup>2</sup>	30.000 €
<i>- CUBIERTA</i>					
Cubierta de placa asfáltica	400	m <sup>2</sup>	19,14	€/m <sup>2</sup>	7.656 €
<b><i>SUBTOTAL CAPÍTULO 4</i></b>					<b><i>78.280 €</i></b>

<b><i>CAPÍTULO 5. INSTALACIONES</i></b>					
	Medición		P.Unit		Precio
Red recogida aguas superficiales y separador hidrocarburos	1	P.A.	30.000	€	30.000 €
Transformador de 400 KVA y acometida eléctrica	1	P.A.	60.000	€	60.000 €
Instalación general red de Baja tensión	1	P.A.	20.000	€	20.000 €
Instalación de suministro de agua potable	1	P.A.	6.000	€	6.000 €
Red de saneamiento	1	P.A.	10.000	€	10.000 €
Red de telefonía y IT	1	P.A.	6.000	€	6.000 €
Vallado perimetral	240	m	35	€/m	8.400 €
Ayudas a la instalación de los equipos de tratamiento	1	P.A.	30.000	€	30.000 €
<b><i>SUBTOTAL CAPÍTULO 5</i></b>					<b><i>170.400 €</i></b>

<b><i>CAPÍTULO 6. OTROS GASTOS</i></b>					
	Medición		P.Unit		Precio
Redacción de Proyectos y Documentación necesaria	1	P.A.	50.000	€	50.000 €
Dirección de Obra	3%		758.913	€	22.767 €
Licencia de Obra	4%		758.913	€	30.357 €
Seguridad y Salud laboral durante la obra	1,5%		758.913	€	11.384 €
<b><i>SUBTOTAL CAPÍTULO 6</i></b>					<b><i>114.508 €</i></b>

<b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INVERSIÓN</b>	
<i>CAPÍTULO 1. COSTE DE LOS TERRENOS</i>	640.000 €
<i>CAPÍTULO 2. EQUIPOS Y MAQUINARIA DE TRATAMIENTO</i>	662.000 €
<i>CAPÍTULO 3. OBRA CIVIL NAVE TRATAMIENTO</i>	510.233 €
<i>CAPÍTULO 4. OBRA CIVIL ZONA DE ADMISIÓN Y ALMACENAMIENTO</i>	78.280 €
<i>CAPÍTULO 5. INSTALACIONES</i>	170.400 €
<i>CAPÍTULO 6. OTROS GASTOS</i>	114.508 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>2.175.421 €</b>

### 6.3 Estudio de escenarios de costes e ingresos de explotación

Se estudian los costes e ingresos anuales de explotación en la situación actual y a diez años vista bajo distintas hipótesis. Estas son:

- Hoy en día vendiendo los subproductos a precios actuales de mercado
- Hoy en día sin conseguir dar salida a los subproductos
- Dentro de diez años con un incremento de los costes según el IPC pero sin poder dar salida a los subproductos.
- Dentro de diez años con un incremento de los costes según el IPC pero manteniéndose el precio de los subproductos como hoy en día
- Dentro de diez años con un incremento tanto de los costes como del precio de los subproductos según el IPC

A partir de los anteriores costes anuales de explotación se plantean 4 escenarios de explotación entre los que la principal diferencia es la capacidad de venta de los subproductos obtenidos. Este es el factor que más afecta al balance coste-beneficio. Los costes de mantenimiento, personal, amortización, gestión de residuos, etc. son relativamente poco variables en el tiempo y predecibles dentro de unos márgenes. Sin embargo el mercado de los subproductos, más en concreto el de los metales, fluctúa intensamente.

- Escenario de explotación 1: Optimista. Se parte de la situación actual con venta de subproductos y evolución de los precios de estos subproductos en los próximos diez años según el IPC.
- Escenario de explotación 2: Conservador. Se parte de la situación actual con venta de subproductos y un mantenimiento de estos precios al nivel de hoy en día a lo largo de los próximos diez años.
- Escenario de explotación 3: Pesimista. Se parte de la situación actual y a lo largo de los diez años siguientes el mercado para los subproductos desaparece.
- Escenario de explotación 4: Muy pesimista. Ausencia de mercado para los subproductos tanto a día de hoy como dentro de diez años.

A continuación se muestran los costes de explotación desglosados para cada situación estudiada. Los escenarios se analizan en el punto siguiente.

**COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN AÑO 1: CON VENTA DE SUBPRODUCTOS A PRECIO DE MERCADO ACTUAL**

<b><i>COSTES DE PERSONAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Gerente	1	-	53.553	€	53.553 €
Jefe de planta	1	-	42.236	€	42.236 €
Jefe de equipo	1	-	29.706	€	29.706 €
Administrativo basculista	1	-	23.442	€	23.442 €
Operarios	9	-	21.623	€	194.609 €
<b><i>TOTAL COSTE PERSONAL</i></b>					<b>343.546 €</b>

<b><i>COSTES DE LA ENERGÍA</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b><i>- ELÉCTRICA</i></b>					
Planta de tratamiento de RAEEs	240.000	Kwh	0,12	€/Kwh	28.800 €
Oficinas y servicios generales	30.000	Kwh	0,12	€/Kwh	3.600 €
<b><i>- COMBUSTIBLE</i></b>					
Carretillas elevadoras	8.000	L	0,77	€/L	6.160
<b><i>TOTAL COSTE ENERGÍA</i></b>					<b>38.560 €</b>

<b><i>MANTENIMIENTO ANUAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Equipos y planta de tratamiento	662.000	€	2%		13.240 €
Mantenimiento cuchillas triturador	550.000	€	2%		4.800 €
Infraestructuras y obra civil	758.913	€	1%		7.589 €
<b><i>TOTAL MANTENIMIENTO</i></b>					<b>25.629 €</b>

	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b><i>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</i></b>	1	-	217.542	€	<b>217.542 €</b>

	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	1	P.A.	12.000	€	<b>12.000 €</b>

	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</b>	1	P.A.	60.000	€	<b>60.000 €</b>

<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Vidrio	211	t	30	€/t	6.330 €
Poliuretano	235	t	30	€/t	7.050 €
Gas (CFC)	12	t	3.000	€/t	35.250 €
Aceite	9	t	550	€/t	5.170 €
Residuo general (fibra de vidrio y otros)	227	t	30	€/t	6.804 €
<b>TOTAL GESTIÓN DE RESIDUOS</b>					<b>60.604 €</b>

<b>INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS</b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Metales férricos	1.197	t	150	€/t	179.550 €
Compresores	235	t	300	€/t	70.500 €
Metales no férricos	164	t	1.300	€/t	213.200 €
Cables	6	t	3.000	€/t	17.760 €
Plástico	70	t	180	€/t	12.600 €
<b>TOTAL VENTA PRODUCTOS</b>					<b>493.610 €</b>

	Mediciones	Calculado a diez años	Precio
<b>GASTOS DE FINANCIACIÓN</b>	2.175.421 €	5,5% €	<b>71.066 €</b>

<b>COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN</b>	
<i>COSTES DE PERSONAL</i>	343.546 €
<i>MANTENIMIENTO ANUAL</i>	25.629 €
<i>COSTES DE LA ENERGÍA</i>	38.560 €
<i>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</i>	217.542 €
<i>GASTOS ADMINISTRATIVOS</i>	12.000 €
<i>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</i>	60.000 €
<i>GESTIÓN DE RESIDUOS</i>	60.604 €
<i>INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS</i>	493.610 €
<i>GASTOS DE FINANCIACIÓN</i>	71.066 €

<i>BALANCE A CUBRIR CON LA TARIFA</i>	335.338 €
<i>TONELADAS A TRATAR AL AÑO</i>	2.348 €
<i>TARIFA POR KG DE RAEE</i>	0,14 €
<i>TARIFA PROPUESTA POR UNIDAD</i>	7,14 €

**COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN AÑO 1: SIN VENTA DE SUBPRODUCTOS**

<b><i>COSTES DE PERSONAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Gerente	1	-	53.553	€	53.553 €
Jefe de planta	1	-	42.236	€	42.236 €
Jefe de equipo	1	-	29.706	€	29.706 €
Administrativo basculista	1	-	23.442	€	23.442 €
Operarios	9	-	21.623	€	194.609 €
<b>TOTAL COSTE PERSONAL</b>					<b>343.546 €</b>

<b><i>COSTES DE LA ENERGÍA</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>- ELÉCTRICA</b>					
Planta de tratamiento de RAEEs	240.000	Kwh	0,12	€/Kwh	28.800 €
Oficinas y servicios generales	30.000	Kwh	0,12	€/Kwh	3.600 €
<b>- COMBUSTIBLE</b>					
Carretillas elevadoras	8.000	L	0,77	€/L	6.160
<b>TOTAL COSTE ENERGÍA</b>					<b>38.560 €</b>

<b><i>MANTENIMIENTO ANUAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Equipos y planta de tratamiento	662.000	€	2%		13.240 €
Mantenimiento cuchillas triturador	550.000	€	2%		4.800 €
Infraestructuras y obra civil	758.913	€	1%		7.589 €
<b>TOTAL MANTENIMIENTO</b>					<b>25.629 €</b>

	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</b>	1	-	217.542	€	<b>217.542 €</b>

	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	1	P.A.	12.000	€	<b>12.000 €</b>

	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</b>	1	P.A.	60.000	€	<b>60.000 €</b>

<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Vidrio	211	t	30	€/t	6.330 €
Poliuretano	235	t	30	€/t	7.050 €
Gas (CFC)	12	t	3.000	€/t	35.250 €
Aceite	9	t	550	€/t	5.170 €
Residuo general (fibra de vidrio y otros)	227	t	30	€/t	6.804 €
<b>TOTAL GESTIÓN DE RESIDUOS</b>					<b>60.604 €</b>

	Mediciones		Calculado a diez años		Precio
<b>GASTOS DE FINANCIACIÓN</b>	2.175.421	€	5,5%	€	<b>71.066 €</b>

<b>COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN</b>	
<b>COSTES DE PERSONAL</b>	
	343.546 €
<b>MANTENIMIENTO ANUAL</b>	
	25.629 €

<i>COSTES DE LA ENERGÍA</i>	38.560 €
<i>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</i>	217.542 €
<i>GASTOS ADMINISTRATIVOS</i>	12.000 €
<i>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</i>	60.000 €
<i>GESTIÓN DE RESIDUOS</i>	60.604 €
<i>INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS</i>	0 €
<i>GASTOS DE FINANCIACIÓN</i>	71.066 €
<i>BALANCE A CUBRIR CON LA TARIFA</i>	828.948 €
<i>TONELADAS A TRATAR AL AÑO</i>	2.350 €
<i>TARIFA POR KG DE RAEE</i>	0,35 €
<i>TARIFA PROPUESTA POR UNIDAD</i>	17,64 €

**COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN AÑO 10: CON INCREMENTO DE COSTES SEGÚN EL IPC Y SIN VENTA DE SUBPRODUCTOS**

<b><i>COSTES DE PERSONAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Gerente	1	-	64.000	€	64.000 €
Jefe de planta	1	-	50.476	€	50.476 €
Jefe de equipo	1	-	35.501	€	35.501 €
Administrativo basculista	2	-	28.015	€	56.031 €
Operarios	15	-	25.842	€	387.627 €
<b>TOTAL COSTE PERSONAL</b>					<b>593.636 €</b>

<b><i>COSTES DE LA ENERGÍA</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>- ELÉCTRICA</b>					
Planta de tratamiento de RAEEs	550.000	Kwh	0,17	€/Kwh	93.939 €
Oficinas y servicios generales	60.000	Kwh	0,17	€/Kwh	10.248 €
<b>- COMBUSTIBLE</b>					
Carretillas elevadoras	16.000	L	1,10	€/L	17.535 €
<b>TOTAL COSTE ENERGÍA</b>					<b>121.722 €</b>

<b><i>MANTENIMIENTO ANUAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Equipos y planta de tratamiento	662.000	€	2%		15.823 €
Mantenimiento cuchillas triturador	550.000	€	2%		13.146 €
Infraestructuras y obra civil	758.913	€	1%		9.070 €
<b>TOTAL MANTENIMIENTO</b>					<b>38.039 €</b>

Mediciones	Precio unitario	Precio
------------	-----------------	--------

<b>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</b>	1	-	217.542	€	<b>217.542 €</b>
-------------------------------------	---	---	---------	---	------------------

	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	1	P.A.	14.341	€	<b>14.341 €</b>

	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</b>	1	P.A.	71.706	€	<b>71.706 €</b>

<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Vidrio	476	t	36	€/t	17.061 €
Poliuretano	530	t	36	€/t	19.002 €
Gas (CFC)	27	t	3.585	€/t	95.727 €
Aceite	21	t	657	€/t	13.935 €
Residuo general (fibra de vidrio y otros)	512	t	36	€/t	18.340 €
<b>TOTAL GESTIÓN DE RESIDUOS</b>					<b>164.065 €</b>

	Mediciones		Calculado a diez años		Precio
<b>GASTOS DE FINANCIACIÓN</b>	2.175.421	€	5,5%	€	<b>71.066 €</b>

<b>COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN</b>	
<b>COSTES DE PERSONAL</b>	
	593.636 €
<b>MANTENIMIENTO ANUAL</b>	
	38.039 €

<i>COSTES DE LA ENERGÍA</i>	116.200 €
<i>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</i>	217.542 €
<i>GASTOS ADMINISTRATIVOS</i>	14.341 €
<i>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</i>	71.706 €
<i>GESTIÓN DE RESIDUOS</i>	164.065 €
<i>INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS</i>	0 €
<i>GASTOS DE FINANCIACIÓN</i>	71.066 €
<i>BALANCE A CUBRIR CON LA TARIFA</i>	1.286.594 €
<i>TONELADAS A TRATAR AL AÑO</i>	5.340 €
<i>TARIFA POR KG DE RAEE</i>	0,24 €
<i>TARIFA PROPUESTA POR UNIDAD</i>	12,05 €

**COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN AÑO 10: CON VENTA DE SUBPRODUCTOS A PRECIO ACTUAL E INCREMENTO DE LOS COSTES SEGÚN EL IPC**

<b><i>COSTES DE PERSONAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Gerente	1	-	64.000	€	64.000 €
Jefe de planta	1	-	50.476	€	50.476 €
Jefe de equipo	1	-	35.501	€	35.501 €
Administrativo basculista	2	-	28.015	€	56.031 €
Operarios	15	-	25.842	€	387.627 €
<b><i>TOTAL COSTE PERSONAL</i></b>					<b>593.636 €</b>

<b><i>COSTES DE LA ENERGÍA</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b><i>- ELÉCTRICA</i></b>					
Planta de tratamiento de RAEEs	550.000	Kwh	0,17	€/Kwh	93.939 €
Oficinas y servicios generales	60.000	Kwh	0,17	€/Kwh	10.248 €
<b><i>- COMBUSTIBLE</i></b>					
Carretillas elevadoras	16.000	L	1,10	€/L	17.535 €
<b><i>TOTAL COSTE ENERGÍA</i></b>					<b>121.722 €</b>

<b><i>MANTENIMIENTO ANUAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Equipos y planta de tratamiento	662.000	€	2%		15.823 €
Mantenimiento cuchillas triturador	550.000	€	2%		13.146 €
Infraestructuras y obra civil	758.913	€	1%		9.070 €
<b><i>TOTAL MANTENIMIENTO</i></b>					<b>38.039 €</b>

	Mediciones	Precio unitario	Precio
<b>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</b>	1 -	217.542 €	<b>217.542 €</b>

	Mediciones	Precio unitario	Precio
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	1 P.A.	14.341 €	<b>14.341 €</b>

	Mediciones	Precio unitario	Precio
<b>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</b>	1 P.A.	71.706 €	<b>71.706 €</b>

<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Mediciones	Precio unitario	Precio
Vidrio	476 t	36 €/t	17.061 €
Poliuretano	530 t	36 €/t	19.002 €
Gas (CFC)	27 t	3.585 €/t	95.727 €
Aceite	21 t	657 €/t	13.935 €
Residuo general (fibra de vidrio y otros)	512 t	36 €/t	18.340 €
<b>TOTAL GESTIÓN DE RESIDUOS</b>			<b>164.065 €</b>

<b>INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS</b>	Mediciones	Precio unitario	Precio
Metales férricos	2.700 t	150 €/t	404.943 €
Compresores	530 t	300 €/t	159.000 €
Metales no férricos	370 t	1.300 €/t	480.831 €
Cables	13 t	3.000 €/t	39.750 €
Plástico	158 t	180 €/t	28.417 €

<b>TOTAL VENTA PRODUCTOS 1.112.941 €</b>				
	Mediciones	Calculado a diez años	Precio	
<b>GASTOS DE FINANCIACIÓN</b>	2.175.421 €	5,5% €	<b>71.066 €</b>	

<b>COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN</b>	
<i>COSTES DE PERSONAL</i>	593.636 €
<i>MANTENIMIENTO ANUAL</i>	38.039 €
<i>COSTES DE LA ENERGÍA</i>	116.200 €
<i>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</i>	217.542 €
<i>GASTOS ADMINISTRATIVOS</i>	14.341 €
<i>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</i>	71.706 €
<i>GESTIÓN DE RESIDUOS</i>	164.065 €
<i>INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS</i>	1.112.941 €

<i>GASTOS DE FINANCIACIÓN</i>	71.066 €
<i>BALANCE A CUBRIR CON LA TARIFA</i>	173.654 €
<i>TONELADAS A TRATAR AL AÑO</i>	5.340 €
<i>TARIFA POR KG DE RAEE</i>	0,03 €
<i>TARIFA PROPUESTA POR UNIDAD</i>	1,63 €

**COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN AÑO 10: CON INCREMENTO DE COSTES Y PRECIO DE VENTA DE SUBPRODUCTOS SEGÚN EL IPC**

<b><i>COSTES DE PERSONAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Gerente	1	-	64.000	€	64.000 €
Jefe de planta	1	-	50.476	€	50.476 €
Jefe de equipo	1	-	35.501	€	35.501 €
Administrativo basculista	2	-	28.015	€	56.031 €
Operarios	15	-	25.842	€	387.627 €
<b><i>TOTAL COSTE PERSONAL</i></b>					<b><i>593.636 €</i></b>

<b><i>COSTES DE LA ENERGÍA</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
<b><i>- ELÉCTRICA</i></b>					
Planta de tratamiento de RAEEs	550.000	Kwh	0,17	€/Kwh	93.939 €
Oficinas y servicios generales	60.000	Kwh	0,17	€/Kwh	10.248 €
<b><i>- COMBUSTIBLE</i></b>					
Carretillas elevadoras	16.000	L	1,10	€/L	17.535 €
<b><i>TOTAL COSTE ENERGÍA</i></b>					<b><i>121.722 €</i></b>

<b><i>MANTENIMIENTO ANUAL</i></b>	Mediciones		Precio unitario		Precio
Equipos y planta de tratamiento	662.000	€	2%		15.823 €
Mantenimiento cuchillas triturador	550.000	€	2%		13.146 €
Infraestructuras y obra civil	758.913	€	1%		9.070 €
<b><i>TOTAL MANTENIMIENTO</i></b>					<b><i>38.039 €</i></b>

	Mediciones	Precio unitario	Precio
<b>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</b>	1	-	217.542 € <b>217.542 €</b>

	Mediciones	Precio unitario	Precio
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	1	P.A.	14.341 € <b>14.341 €</b>

	Mediciones	Precio unitario	Precio
<b>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</b>	1	P.A.	71.706 € <b>71.706 €</b>

<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Mediciones	Precio unitario	Precio
Vidrio	476 t	36 €/t	17.061 €
Poliuretano	530 t	36 €/t	19.002 €
Gas (CFC)	27 t	3.585 €/t	95.727 €
Aceite	21 t	657 €/t	13.935 €
Residuo general (fibra de vidrio y otros)	512 t	36 €/t	18.340 €
<b>TOTAL GESTIÓN DE RESIDUOS</b>			<b>164.065 €</b>

<b>INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS</b>	Mediciones	Precio unitario	Precio
Metales férricos	2.700 t	179 €/t	483.944 €
Compresores	530 t	359 €/t	190.020 €
Metales no férricos	370 t	1.554 €/t	574.638 €
Cables	13 t	3.585 €/t	47.505 €
Plástico	158 t	215 €/t	33.960 €

<b>TOTAL VENTA PRODUCTOS 1.330.067 €</b>				
	Mediciones	Calculado a diez años	Precio	
<b>GASTOS DE FINANCIACIÓN</b>	2.175.421 €	5,5% €	<b>71.066 €</b>	

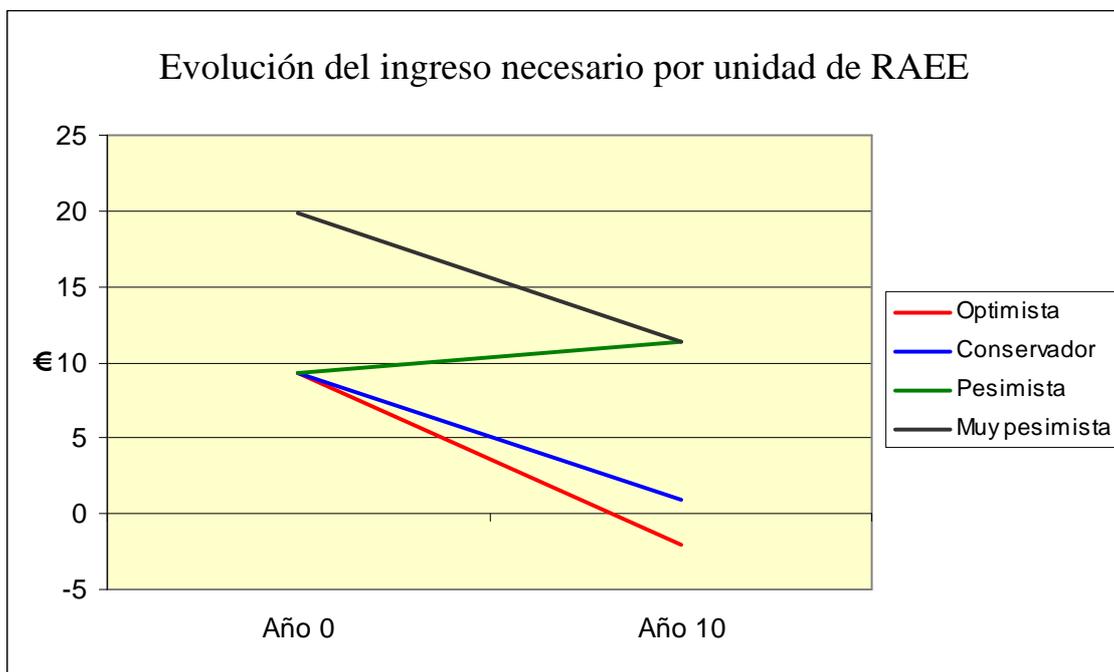
<b>COSTES E INGRESOS DE EXPLOTACIÓN</b>	
<i>COSTES DE PERSONAL</i>	593.636 €
<i>MANTENIMIENTO ANUAL</i>	38.039 €
<i>COSTES DE LA ENERGÍA</i>	116.200 €
<i>AMORTIZACIÓN ANUAL (10 AÑOS)</i>	217.542 €
<i>GASTOS ADMINISTRATIVOS</i>	14.341 €
<i>COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</i>	71.706 €
<i>GESTIÓN DE RESIDUOS</i>	164.065 €
<i>INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS</i>	1.418.473 €

<i>GASTOS DE FINANCIACIÓN</i>	71.066 €
<i>BALANCE A CUBRIR CON LA TARIFA</i>	-131.879 €
<i>TONELADAS A TRATAR AL AÑO</i>	5.340 €
<i>TARIFA POR KG DE RAEE</i>	-0,02 €
<i>TARIFA PROPUESTA POR UNIDAD</i>	-1,23 €

La tabla y gráfica a continuación muestran un resumen del ingreso necesario para cubrir el déficit entre costes y beneficios de la planta en las distintas situaciones y escenarios ensayados.

**Tabla 6.1.** Tarifas en las distintas situaciones ensayadas

	Año 1	Año 1	Año 10	Año 10	Año 10
Precio de subproductos	Actual	0	+ IPC	Actual	0
Ingreso necesario por kilo de RAEE (€)	0,14	0,35	-0,02	0,03	0,24
Ingreso necesario por unidad de RAEE (50Kg) (€)	7,14	17,64	-1,23	1,63	12,05



**Gráfico 6.1.** Evolución del ingreso necesario por unidad de RAEE en los distintos escenarios

Existen notables diferencias en el ingreso necesario entre unos y otros escenarios.

La situación más desfavorable es aquella en la que a día de hoy, tratando unas 2350 toneladas de RAEEs no se consigue dar ninguna salida a los subproductos. Esta situación obligaría a establecer una tarifa de unos 20 € por unidad tratada, si bien esta situación no se considera realista ya que, a día de hoy estos subproductos se están vendiendo. En la situación más favorable ni siquiera es necesaria una tarifa. También este extremo se considera poco realista ya que ninguna planta de tratamiento de RAEEs en España está tratando estos residuos gratuitamente.

La distribución de costes y beneficios se muestra a continuación. Se aprecia la importancia de los costes de personal, amortización de la obra y gastos financieros y de la venta de subproductos.

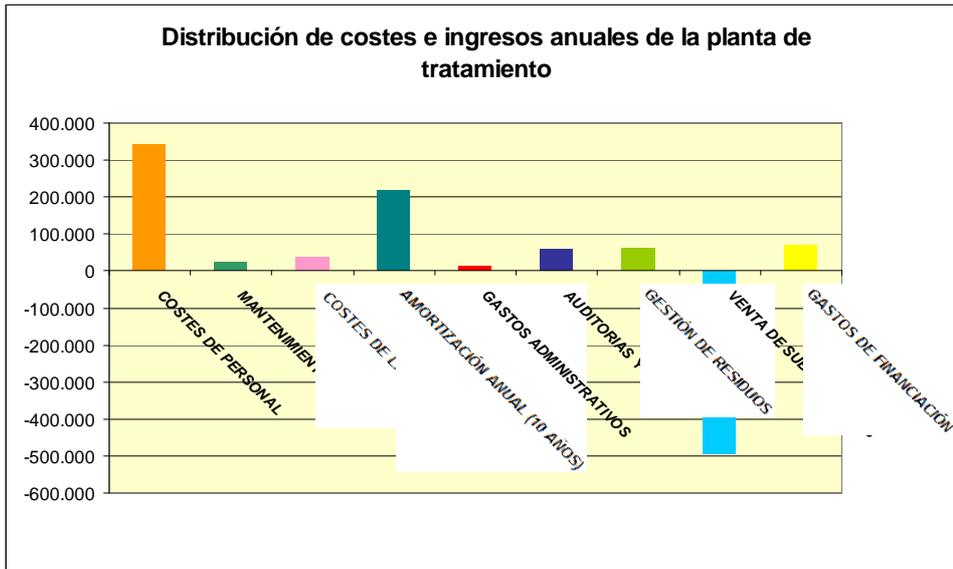


Gráfico 6.2. Distribución de costes e ingresos de la planta de tratamiento

Cabe destacar la importancia de las economías de escala en este tipo de negocio, que junto a la venta de subproductos, son las máximas responsables de la rentabilidad en el tiempo de la instalación.

#### 6.4. Establecimiento de la tarifa

Para establecer la tarifa se tiene en cuenta la evolución durante el periodo de explotación de 10 años de los conceptos anteriormente expuestos: costes de personal, mantenimiento, etc.

Se ha procedido fijando una tarifa inicial y comprobando que el resultado promedio del periodo es adecuado.

La primera tabla recoge la evolución del balance de materiales incluyendo los ingresos por venta de subproductos y los costes de tratamiento de residuos, así como la evolución de las cantidades tratadas.

La segunda tabla recoge la evolución del resultado antes de impuestos considerando los ingresos totales, costes totales, amortización y gastos financieros. Como puede observarse para una tarifa de 150 €/t el resultado promedio para el periodo es de 24,38% anual sobre la inversión inicial.

Traducido a una tarifa por unidad de RAEE, 7,5 €.

En cualquier caso, la planta de tratamiento en su contrato con los Sistemas Integrados de Gestión contemplará la actualización anual de la tarifa de acuerdo al IPC y la revisión de la tarifa a los 5 años del contrato.

# DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE RAEES



BALANCE DE MATERIALES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENTRADAS DE RESIDUOS A TRATAR	t	2.350,00	2.677,78	3.005,56	3.333,33	3.661,11	3.988,89	4.316,67	4.644,44	4.972,22	5.300,00
INGRESOS POR TARIFA	150	352.500,00	409.700,00	469.047,00	530.604,00	594.435,66	660.608,35	729.190,17	800.251,02	873.862,62	950.098,59
<b>RESIDUOS A GESTIONAR</b>											
Vidrio	t	211,00	240,43	269,86	299,29	328,72	358,15	387,58	417,01	446,44	475,87
Poliuretano	t	235,00	267,78	300,56	333,33	366,11	398,89	431,67	464,44	497,22	530,00
Gas (CFC)	t	11,75	13,41	15,07	16,73	18,39	20,06	21,72	23,38	25,04	26,70
Aceite	t	9,40	10,71	12,02	13,33	14,64	15,96	17,27	18,58	19,89	21,20
Residuo general (fibra de vidrio y otros)	t	226,81	258,45	290,08	321,72	353,36	384,99	416,63	448,27	479,90	511,54
TOTAL RESIDUOS A GESTIONAR		693,96	790,78	887,59	984,41	1.081,23	1.178,04	1.274,86	1.371,68	1.468,49	1.565,31
<b>SUBPRODUCTOS VALORIZABLES</b>											
Metales férricos	t	1.197,00	1.363,96	1.530,92	1.697,87	1.864,83	2.031,79	2.198,75	2.365,70	2.532,66	2.699,62
Compresores	t	235,00	267,78	300,56	333,33	366,11	398,89	431,67	464,44	497,22	530,00
Metales no férricos	t	164,00	186,87	209,75	232,62	255,50	278,37	301,25	324,12	347,00	369,87
Cables	t	5,92	6,73	7,55	8,36	9,18	9,99	10,81	11,62	12,44	13,25
Plástico	t	70,00	79,76	89,53	99,29	109,05	118,82	128,58	138,34	148,11	157,87
TOTAL SUBPRODUCTOS VALORIZABLES		1.671,92	1.905,11	2.138,30	2.371,48	2.604,67	2.837,86	3.071,05	3.304,23	3.537,42	3.770,61
<b>COSTES GESTIÓN RESIDUOS</b>											
	PRECIOS AÑO 1	INCR. IPC									
Vidrio	30	6.330,00	7.357,16	8.422,87	9.528,27	10.674,51	11.862,80	13.094,34	14.370,40	15.692,27	17.061,26
Poliuretano	30	7.050,00	8.194,00	9.380,94	10.612,08	11.888,71	13.212,17	14.583,80	16.005,02	17.477,25	19.001,97
Gas (CFC)	3000	35.250,00	41.038,00	47.043,42	53.272,64	59.732,21	66.428,86	73.369,48	80.561,15	88.011,15	95.726,91
Aceite	550	5.170,00	6.008,93	6.879,36	7.782,19	8.718,39	9.688,92	10.694,79	11.737,01	12.816,65	13.934,78
Residuo general (fibra de vidrio y otros)	30	6.804,30	7.908,47	9.054,08	10.242,36	11.474,54	12.751,91	14.075,79	15.447,52	16.868,50	18.340,13
TOTAL RESIDUOS A GESTIONAR		60.604,30	70.506,56	80.780,67	91.437,54	102.488,37	113.944,66	125.818,21	138.121,12	150.865,82	164.065,06
<b>INGRESOS VENTA SUBPRODUCTOS</b>											
	PRECIOS AÑO 1	INCR. IPC									
Metales férricos	150	179.550,00	208.685,54	238.914,68	270.269,51	302.782,98	336.488,87	371.421,88	407.617,62	445.112,62	483.944,37
Compresores	300	70.500,00	81.940,00	93.809,40	106.120,80	118.887,13	132.121,67	145.838,03	160.050,20	174.772,52	190.019,72
Metales no férricos	1500	246.000,00	285.917,90	327.334,12	370.292,61	414.838,52	461.018,14	508.879,01	558.469,91	609.840,90	663.043,33
Cables	3000	17.760,00	20.607,40	23.561,59	26.625,71	29.802,97	33.096,66	36.510,19	40.047,01	43.710,71	47.504,93
Plástico	180	12.600,00	14.644,55	16.765,84	18.966,12	21.247,71	23.612,98	26.064,35	28.604,34	31.235,50	33.960,47
TOTAL SUBPRODUCTOS VALORIZABLES		526.410,00	611.795,39	700.385,63	792.274,76	887.559,30	986.338,31	1.088.713,46	1.194.789,09	1.304.672,25	1.418.472,82

# DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE RAEES



		IPC	2%	TARIFA (€/t) 150							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS POR TARIFA		352.500,00	409.700,00	469.047,00	530.604,00	594.435,66	660.608,35	729.190,17	800.251,02	873.862,62	950.098,59
INGRESOS POR VENTA DE SUBPRODUCTOS		526.410,00	611.795,39	700.385,63	792.274,76	887.559,30	986.338,31	1.088.713,46	1.194.789,09	1.304.672,25	1.418.472,82
<b>INGRESOS TOTALES</b>		<b>878.910,00</b>	<b>1.021.495,39</b>	<b>1.169.432,63</b>	<b>1.322.878,76</b>	<b>1.481.994,96</b>	<b>1.646.946,66</b>	<b>1.817.903,63</b>	<b>1.995.040,10</b>	<b>2.178.534,87</b>	<b>2.368.571,41</b>
COSTES DE PERSONAL		343.546,12	371.333,84	399.121,57	426.909,29	454.697,01	482.484,74	510.272,46	538.060,18	565.847,91	593.635,63
COSTES DE LA ENERGÍA		38.560,00	47.186,67	55.813,33	64.440,00	73.066,67	81.693,33	90.320,00	98.946,67	107.573,33	116.200,00
MANTENIMIENTO ANUAL		25.629,13	27.007,98	28.386,82	29.765,67	31.144,52	32.523,37	33.902,21	35.281,06	36.659,91	38.038,76
GASTOS ADMINISTRATIVOS		12.000,00	12.260,12	12.520,25	12.780,37	13.040,49	13.300,62	13.560,74	13.820,86	14.080,99	14.341,11
GESTIÓN DE RESIDUOS		60.604,30	72.099,94	83.595,58	95.091,22	106.586,86	118.082,50	129.578,14	141.073,78	152.569,42	164.065,06
COSTES DE AUDITORÍAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL		60.000,00	61.300,62	62.601,23	63.901,85	65.202,47	66.503,09	67.803,70	69.104,32	70.404,94	71.705,55
<b>COSTES TOTALES</b>		<b>540.339,55</b>	<b>591.189,17</b>	<b>642.038,79</b>	<b>692.888,40</b>	<b>743.738,02</b>	<b>794.587,64</b>	<b>845.437,26</b>	<b>896.286,87</b>	<b>947.136,49</b>	<b>997.986,11</b>
<b>RESULTADO</b>		<b>338.570,45</b>	<b>430.306,22</b>	<b>527.393,84</b>	<b>629.990,36</b>	<b>738.256,94</b>	<b>852.359,02</b>	<b>972.466,38</b>	<b>1.098.753,23</b>	<b>1.231.398,38</b>	<b>1.370.585,30</b>
AMORTIZACIONES		217.542,06	217.542,06	217.542,06	217.542,06	217.542,06	217.542,06	217.542,06	217.542,06	217.542,06	217.542,06
COSTES FINANCIEROS (5,5%)		71.065,94	71.065,94	71.065,94	71.065,94	71.065,94	71.065,94	71.065,94	71.065,94	71.065,94	71.065,94
<b>RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS</b>		<b>49.962,45</b>	<b>141.698,22</b>	<b>238.785,84</b>	<b>341.382,36</b>	<b>449.648,94</b>	<b>563.751,02</b>	<b>683.858,38</b>	<b>810.145,23</b>	<b>942.790,38</b>	<b>1.081.977,30</b>
<b>RESULTADO ACUMULADO</b>		<b>49.962,45</b>	<b>191.660,67</b>	<b>430.446,51</b>	<b>771.828,87</b>	<b>1.221.477,81</b>	<b>1.785.228,83</b>	<b>2.469.087,21</b>	<b>3.279.232,44</b>	<b>4.222.022,81</b>	<b>5.304.000,12</b>
RESULTADO ANUAL RESP. INVERSIÓN		2,30%	6,51%	10,98%	15,69%	20,67%	25,91%	31,44%	37,24%	43,34%	49,74%
<b>RESULTADO PROMEDIO PERÍODO</b>		<b>24,38%</b>									
PROPUESTA TARIFA UNIDAD PESO MEDIO UNIDAD (kg)	50	7,5									

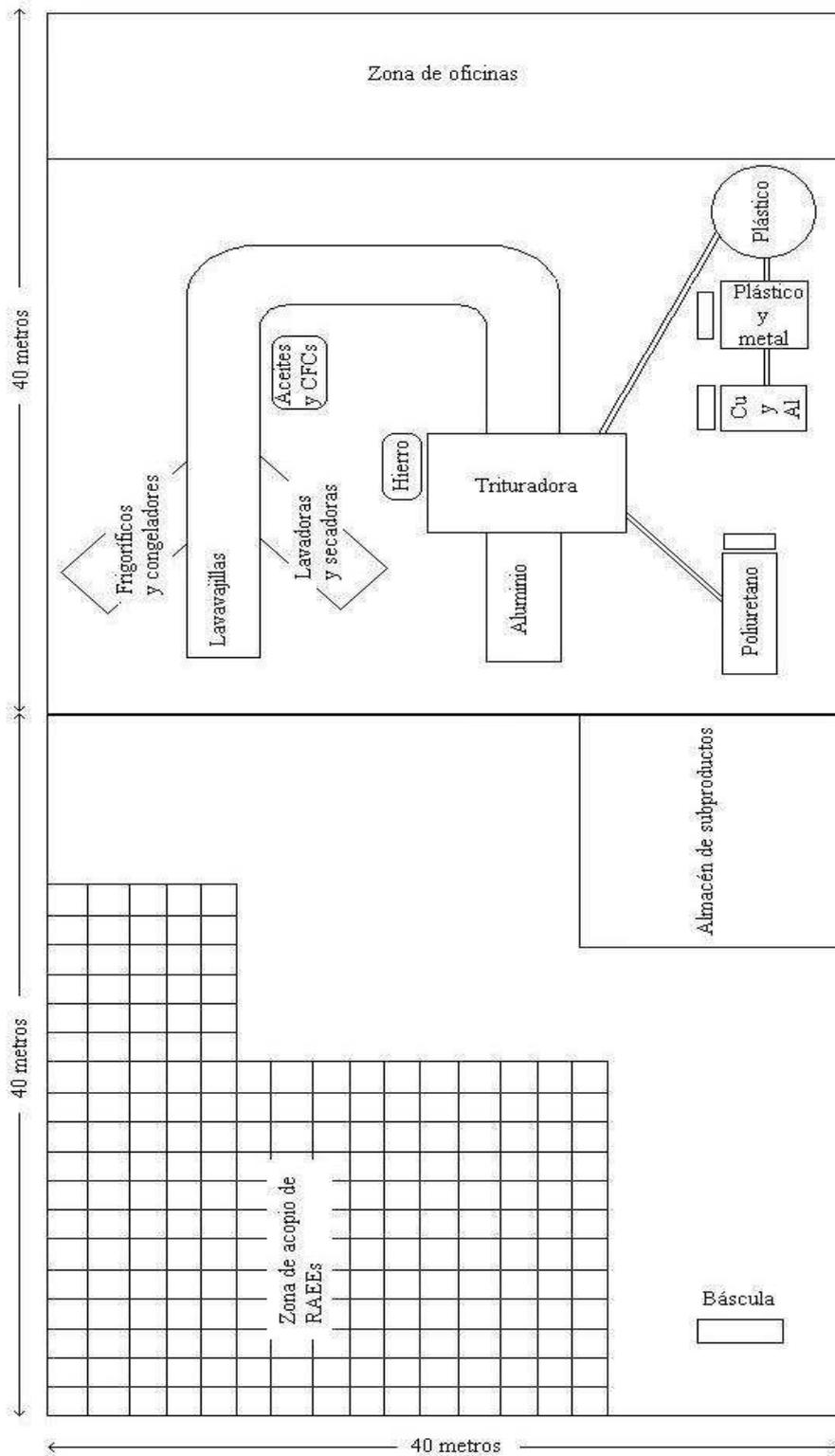
## 7. CONCLUSIONES

- Ausencia de información específica sobre el tratamiento de los RAEEs en los planes de gestión de las distintas Comunidades Autónomas.
- Falta de seguimiento por parte de las Administraciones en el control y elaboración de cifras oficiales acerca del número de RAEEs existentes.
- Ausencia en el control de las vías tradicionales y no autorizadas de eliminación de RAEEs con el consiguiente perjuicio ambiental y distorsiones de la competencia en el sector.
- Excesiva complejidad de los requerimientos legales para la gestión y tratamiento de los RAEEs cuando los objetivos marcados por la legislación son poco ambiciosos para la producción real.
- Falta de información al público y concienciación acerca de las vías de eliminación de los AEEs al final de su vida útil.
- Se hacen necesarios cambios en la normativa europea para adecuarla a la realidad del tratamiento y a la naturaleza del residuo.
- Obligaciones legales derivadas de una necesidad ambiental para la gestión adecuada de estos residuos.
- Facilitar las autorizaciones y los trámites administrativos tanto para la instalación de plantas como para la creación de convenios con los Sistemas Integrados de Gestión (SIG) en las distintas Comunidades Autónomas.
- Fomentar entre los productores la minimización y reutilización de RAEEs para reducir el envío de aparatos en buen estado a las plantas de tratamiento.
- Fomentar e implementar el Ecodiseño en los AEEs así como la aplicación y uso de las Mejores Técnicas Disponibles para el tratamiento de los RAEEs.
- Fomentar I+D para mejorar las tecnologías de eliminación y las alternativas para el tratamiento de subproductos peligrosos como los CFCs.

- Existencia de un nicho de mercado para la instalación de plantas de tratamiento de este tipo de residuos.
- La planta ayudara a que los AEEs sean tratados y gestionados como RAEEs y no como residuos voluminosos.
- Según los datos consultados la CCAA de Cantabria es la más idónea por sus características tales como ausencia de plantas de tratamiento, posibilidad de captar residuos de comunidades colindantes, existencia en la CCAA y regiones colindantes de instalaciones para la gestión de los subproductos y adecuación con los objetivos establecidos en el plan de gestión de residuos de Cantabria.
- La elección de equipos de la categoría 1 para el tratamiento en esta planta se debe a las cifras de generación de dichos residuos, la similitud en el tratamiento entre los distintos electrodomésticos, y el rendimiento que se obtiene por la venta de subproductos.
- La tecnología de tratamiento empleado es el que existe actualmente en el mercado. Consiste en la trituración de los equipos y posterior separación de los subproductos.
- La planta comenzara tratando 2500 t de RAEEs anuales y se estima que en 10 años llegara a tratar 5400 t anuales. La inversión necesaria es de 2.523.488 millones de euros y el plazo de amortización serán 10 años. La tarifa será de 12 euros/unidad. Según los estudios de captación con estas cifras la viabilidad económica de la planta está asegurada.
- La fluctuación en el precio de venta de los subproductos afectaría significativamente a la tasa estimada para el tratamiento de los RAEEs. Asimismo, el coste de gestión de los residuos producidos en la planta no es una carga económica importante.
- En un futuro se valorará captar el resto de equipos de la categoría tales como hornos, equipos de aire acondicionado, etc. Esto implicara la ampliación de la nave para añadir nuevas líneas de desensamblaje.
- Este tipo de plantas no suponen una problemática ambiental significativa, ya que se sitúa en una zona industrial y los impactos negativos producidos son fácilmente solventados con un control y vigilancia adecuados.

- Genera además un impacto positivo al reducir el número de residuos peligrosos en circulación dándoles una correcta salida por medio de la valorización.

ANEXO 1 – ESQUEMA DE LA PLANTA



ANEXO 2 – FOTOGRAFÍAS

---



Fotografía 1 - Zona de acopio.



Fotografía 2 - Extracción de gases y aceites.



Fotografía 3 - Aspirador compacto de gases y aceites.



Fotografía 4 - Entrada trituradora



Fotografía 5 - Salida trituradora.



Fotografía 6 - Aluminio triturado.



Fotografía 7 - Tanque de criogenización de gases.



Fotografía 8 - Poliuretano compactado.



Fotografía 9 - Separador densimétrico.



Fotografía 10 - Subproducto del separador densimétrico.

## 9. BIBLIOGRAFIA

### Fuentes documentales

1. **Andrés Payán, Ana; Cifrián Bemposta, Eva; Coz Fernández, Alberto; Viguri Fuente, Javier.** Informe final-Convenio Punto Focal de Residuos del Observatorio de Sostenibilidad de Cantabria. Febrero de 2008, Santander.
2. **Ambilamp.** Memoria Ambilamp 2007. 2007
3. **ASEGRE.** Gestión de R
4. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Requisitos legales exigibles.
5. **ASEGRE.** Aplicación de los requisitos legales a las plantas de descontaminación y tratamiento de RAEE. Revista Residuos núm. 108. Noviembre-Diciembre 2008.
6. **European association of electrical and electronic waste take back systems.** 2007 Key Figures on quantities of electrical and electronic equipment put on the market, of quantities of WEEE collected, and on costs related to WEEE management. 1 de Julio de 2008, Weeeforum
7. **Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje.** Informe sobre la gestión de RAEEs. 2005
8. **Fundación Ecotic.** Memoria 2008. 2008
9. **Gaiker.** Reciclado de materiales, perspectivas, tecnologías y oportunidades. Abril de 2007
10. **González Torre, Pilar L. y Ordóñez Álvarez, Verónica.** Diseño de una línea de desensamblaje de lavadoras. Revista Residuos, nº 102. Enero – Febrero de 2008
11. **Palomino, Luis.** El compromiso ambiental en la gestión de los RAEEs. Aplicación de los requisitos legales a las plantas de descontaminación y tratamiento de RAEEs. ASEGRE. VII Jornadas Técnicas de Reciclado de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RELEC'08. 2008
12. **Recilec, S.A.** Sistemas integrados de Gestión de RAEEs. Perspectiva de un gestor.
13. **United Nations University (UNU).** 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic (WEEE). Final Report. 5 de Agosto de 2007

### Legislación

13. Ley 20/1986, de 14 de mayo, de Residuos Tóxicos y Peligrosos. BOE 120, 20 de mayo de 1986
14. Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. BOE 96, de 22 de Abril de 1998
15. Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publica la Lista Europea de Residuos. BOE 43 de 19 de febrero de 2002 y corrección de errores en BOE 61 de 12 de marzo de 2002
16. Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. BOE 157 de 2 de Julio de 2002
17. Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). DOCE, 13 de Febrero de 2003

18. Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). DOCE, 13 de Febrero de 2003
19. Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos. BOE 49, de 26 de Febrero de 2005
20. Decreto 102/2006, de 13 de octubre, por el que se aprueba el Plan de Residuos de Cantabria 2006/2010. BOC, de 14 de Octubre de 2006
21. Decreto 22/2007, de 1 de marzo, por el que se modifica el Decreto 102/2006, de 13 de octubre, por el que se aprueba el Plan de Residuos de Cantabria 2006/2010. BOC 52, de 14 de Marzo de 2007.
22. Resolución de 9 de agosto de 2007, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el XV Convenio colectivo de la industria química. BOE 207, 29 de agosto de 2007
23. Resolución de 29 de octubre de 2008, de la Dirección General de Prevención Ambiental y Ordenación del Territorio, por la que se hace pública la Autorización Ambiental a Industria de Reciclaje de RAEEs, S.L. (Induraees, S.L.), para Planta de Gestión de Residuos Peligrosos y no Peligrosos, en el término municipal de Osorno La Mayor, Palencia. Boletín Oficial de Castilla y León 220, 13 de noviembre 2008
24. Resolución de 26 de Diciembre de 2008 del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino por la que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015. BOE 49 de 26 de Diciembre de 2009

### **Recursos en la web**

25. Generador de precios de la construcción  
[www.generadordeprecios.info/](http://www.generadordeprecios.info/)
26. International Centre for Economic Research  
[www.icer.it](http://www.icer.it)
27. Instituto Nacional de Estadística  
[www.ine.es](http://www.ine.es)
28. Página web de Eco-raee  
[www.eco-raee.com](http://www.eco-raee.com)
29. Página web de Recilec  
[www.recilec.com](http://www.recilec.com)
30. Parque científico y tecnológico de Cantabria  
[www.pctcan.com](http://www.pctcan.com)
31. Precios de Edificación y obra Civil en España  
[www.preoc.es](http://www.preoc.es)

32. Punto Focal de Residuos de Cantabria

[www.puntofocalderesiduos.unican.es/](http://www.puntofocalderesiduos.unican.es/)

33. Red de Centros de información de residuos de la Comunidad de Madrid (RCIR)

<http://www.rcir.es>

34. Still España

[www.still.es](http://www.still.es)

35. Suelo Industrial Cantabria S.L.

[www.sican.es](http://www.sican.es)

36. Medio Ambiente, Agua, Residuos y Energía de Cantabria.

[www.mare.es](http://www.mare.es)

37. Fundación Ecolec.

[www.ecolec.es](http://www.ecolec.es)

38. Página web de Retralec

<http://retralec.com>