



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**  
**Facultad de Química e Ingeniería Química**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Química**

**Título Análisis de las opciones para la gestión  
ambientalmente racional de los residuos de aparatos  
eléctricos y electrónicos (RAEE) en el Perú**

**TRABAJO MONOGRÁFICO**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico**

**AUTOR**

**Wilmer Alberto LLAGAS CHAFLOQUE**

**ASESOR**

**Raymundo ERAZO ERAZO**

**Lima, Perú**

**2017**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Llagas, W. (2017). *Análisis de las opciones para la gestión ambientalmente racional de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el Perú*. [Trabajo monográfico de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
Central: 6197000 anexo 1208

### ACTA DE TÍTULO POR TRABAJO MONOGRÁFICO

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrado por la Sra. Directora de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, bajo la Presidencia del **Ing. EDER CLIDIO VICUÑA GALINDO** (Presidente), el **Ing. JORGE EDUARDO LOAYZA PÉREZ** (Miembro), y el **Ing. RAYMUNDO ERAZO ERAZO** (Asesor), después de escuchar la sustentación del **TRABAJO MONOGRÁFICO**, titulado: "**ANÁLISIS DE LAS OPCIONES PARA LA GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) EN EL PERÚ**", rendido por el Bachiller en Ingeniería Química **WILMER ALBERTO LLAGAS CHAFLOQUE**; para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERO QUÍMICO**. Acordaron calificarle con la **NOTA** de:

DIECISEIS  
(LETRAS)

16  
(NUMEROS)

Ciudad Universitaria, 17 de febrero de 2017.

**Ing. EDER CLIDIO VICUÑA GALINDO**  
PRESIDENTE

**Ing. JORGE EDUARDO LOAYZA PÉREZ**  
MIEMBRO

**Ing. RAYMUNDO ERAZO ERAZO**  
ASESOR

**Mg. JUANA SANDIVAR ROSAS**  
Directora de la Escuela Profesional  
de Ingeniería Química

## RECONOCIMIENTOS

En primer término a la DIGESA institución donde me desarrollo profesionalmente en temas de Sustancias Químicas y Residuos Peligrosos, en especial a la Coordinadora del Área a la Ingeniera Química Vilma Morales Quillama, por su colaboración y comprensión en la realización de este trabajo.

Al Doctor, Raymundo Erazo Erazo, mi profesor de Pre-grado y asesor por el desarrollo y revisión de este trabajo monográfico.

Al Ingeniero Químico, Jorge Eduardo Loayza Pérez, mi profesor de Pre-grado y miembro del comité como revisor de este trabajo monográfico.

A mi Madre por su apoyo permanente y sus deseos de superación de llegar a culminar lo que me he trazado.

A mis hermanos por su apoyo moral y económico en especial a mi hermana Graciela, en circunstancias en las que es difícil la situación del País.

A Rina por su apoyo permanente e insistencia en concluir este trabajo con el título respectivo.

A mis compañeros de trabajo, de la DIGESA los cuales me transmitieron sus conocimientos y experiencia en todo este tiempo.

A la memoria de mi Padre,  
Que me forjo con valores

A mis padres Yolanda y Maximiliano, por los que guardo sinceras muestras de cariño y respeto, por haber formado en mí sólidos valores de los que guardo un eterno agradecimiento

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Reconocimiento.....                                                                                            | i   |
| Dedicatoria.....                                                                                               | ii  |
| Tabla De Contenido.....                                                                                        | iii |
| Lista de Tablas y Gráficos.....                                                                                | v   |
| Lista Figuras.....                                                                                             | vi  |
| Lista de Anexos.....                                                                                           | vi  |
| Resumen.....                                                                                                   |     |
| <b>CAPITULO 1</b> Introducción.....                                                                            | 1   |
| <b>CAPITULO 2</b> Justificación.....                                                                           | 2   |
| <b>CAPITULO 3</b> Antecedentes.....                                                                            | 3   |
| <b>CAPITULO 4</b> Planteamiento del Problema.....                                                              | 5   |
| <b>CAPITULO 5</b> Objetivos.....                                                                               | 5   |
| 5.1. Objetivo General.....                                                                                     | 5   |
| 5.2. Objetivo Específico.....                                                                                  | 5   |
| Matriz de Consistencia.....                                                                                    | 6   |
| <b>CAPITULO 6</b> Grado de Contaminación por los Residuos de Aparatos<br>Eléctricos y Electrónicos (RAEE)..... | 7   |
| <b>6.1.</b> Marco Teórico.....                                                                                 | 7   |
| <b>6.1.1</b> Definición de residuos electrónicos / e-waste.....                                                | 8   |
| <b>6.1.2</b> Evolución del mercado de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE).....                        | 9   |
| <b>6.1.3</b> Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) y sus residuos.....                                      | 12  |
| <b>6.1.4</b> Los residuos eléctricos y electrónicos en algunas partes del mundo.....                           | 15  |
| <b>6.1.5</b> Situación en el Perú.....                                                                         | 18  |
| <b>6.1.6</b> Composición de aparatos.....                                                                      | 22  |
| <b>6.1.7</b> Materiales peligrosos en los residuos electrónicos.....                                           | 23  |
| <b>6.1.8</b> Sustancias toxicas en computadoras portátiles .....                                               | 24  |
| <b>6.1.9</b> La Gestión de los residuos sólidos en el Perú.....                                                | 27  |
| <b>6.1.10</b> Situación actual de la problemática y focalización del trabajo.....                              | 27  |
| <b>6.1.11</b> Beneficios de una gestión adecuada.....                                                          | 28  |
| <b>6.1.11.1</b> Desarrollo sostenible.....                                                                     | 29  |

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1.11.2 Desarrollo sostenible en el ámbito empresarial.....                                                                             | 31 |
| 6.2 Marco Conceptual.....                                                                                                                | 33 |
| <b>CAPITULO 7</b> Marco Legal.....                                                                                                       | 42 |
| 7.1 Compromisos internacionales asumidos.....                                                                                            | 44 |
| <b>CAPITULO 8</b> Marco Metodológico.....                                                                                                | 47 |
| 8.1. Materiales y Métodos.....                                                                                                           | 47 |
| 8.2. Opciones para la Gestión Ambientalmente Racional de RAEE.....                                                                       | 47 |
| 8.2.1 Experiencia de reciclaje desarrollado por la empresa San Antonio Recycling S.A.- Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos..... | 47 |
| 8.2.2 Proceso de reciclaje de frigoríficos.....                                                                                          | 50 |
| 8.2.3 Centro de valorización de RAEE.....                                                                                                | 52 |
| 8.2.4 Ciclo general de reciclado de los RAEE.....                                                                                        | 54 |
| 8.2.5 Electrodomésticos grandes.....                                                                                                     | 59 |
| 8.2.6 Pequeños electrodomésticos.....                                                                                                    | 61 |
| 8.2.7 Reciclado de teléfonos móviles.....                                                                                                | 61 |
| 8.2.8 Aparatos con pantallas.....                                                                                                        | 62 |
| 8.2.9 Tarjetas de circuitos impresos.....                                                                                                | 63 |
| 8.3 Metales preciosos.....                                                                                                               | 64 |
| 8.3.1 Naturaleza y cantidad.....                                                                                                         | 65 |
| 8.3.2 Opciones preliminares del proceso de recuperación.....                                                                             | 66 |
| 8.4 Materiales plásticos.....                                                                                                            | 69 |
| 8.4.1 Reciclado mecánico.....                                                                                                            | 71 |
| 8.4.2 Reciclado químico.....                                                                                                             | 75 |
| 8.4.3 Recuperación energética.....                                                                                                       | 78 |
| 8.5 Substitución de sustancias peligrosas.....                                                                                           | 79 |
| 8.6 Alternativas para la gestión integral de los RAEE.....                                                                               | 80 |
| 8.6.1 Sistema de recogida, tratamiento y reciclado de los RAEE.....                                                                      | 80 |
| 8.6.2 Gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en el Perú.....                                                      | 83 |
| 8.7 Resultados.....                                                                                                                      | 85 |
| 8.8 Discusión de resultados.....                                                                                                         | 87 |
| <b>CAPITULO 9</b> Aportes a la Gestión Ambientalmente Racional de los RAEE en el Perú.....                                               | 89 |
| <b>CAPITULO 10</b> Conclusiones.....                                                                                                     | 91 |
| <b>CAPITULO 11</b> Recomendaciones.....                                                                                                  | 92 |
| <b>CAPITULO 12</b> Referencias bibliográficas.....                                                                                       | 93 |
| <b>CAPITULO 13</b> Anexos.....                                                                                                           | 95 |

## LISTA DE TABLAS

|           |                                                                                                                                                                                             |     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla .1  | Categoría de Residuos Electrónicos.....                                                                                                                                                     | 8-9 |
| Tabla .2  | Plásticos consumidos en la fabricación de EEE en Europa Occidental en el año 2000.....                                                                                                      | 13  |
| Tabla .3  | Substancias peligrosas en uso e ingreso anuales a través de productos Eléctricos y Electrónicos en los países Nórdicos (Dinamarca, Suecia, Finlandia, Noruega).....                         | 16  |
| Tabla .4  | Composición de una computadora.....                                                                                                                                                         | 22  |
| Tabla .5  | Composición de un teléfono celular.....                                                                                                                                                     | 23  |
| Tabla .6  | Número de muestras encontradas que contenían diferentes metales analizados por EDAX y el rango de las concentraciones en la superficie en todos los modelos de computadores personales..... | 25  |
| Tabla .7  | Exportación de RAEE.....                                                                                                                                                                    | 50  |
| Tabla .8  | Cantidades de metales preciosos presentes en los RAEE.....                                                                                                                                  | 65  |
| Tabla .9  | Consumo estimado de MP para la fabricación de AEE.....                                                                                                                                      | 65  |
| Tabla .10 | Opciones de proceso de reciclaje de MP en los RAEE.....                                                                                                                                     | 66  |
| Tabla .11 | Aditivos plásticos más frecuentes.....                                                                                                                                                      | 70  |
| Tabla .12 | Polímeros y aditivos más frecuentes en el sector de los AEE.....                                                                                                                            | 71  |
| Tabla .13 | Porcentaje de ignifugantes utilizados en los AEE.....                                                                                                                                       | 71  |

## LISTA DE GRAFICOS

|            |                                                                                                                     |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico .1 | Composición tipo de los equipos eléctricos y electrónicos de línea gris y marrón.....                               | 9  |
| Gráfico .2 | Proyección al 2015 del ingreso anual de computadoras y sus componentes y la cantidad de residuos que generarán..... | 19 |
| Gráfico .3 | Proyección al 2015 del ingreso anual de teléfonos celulares y la cantidad de residuos que generarán.....            | 20 |

## LISTA DE FIGURAS

|            |                                                                                                     |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura .1  | Circuito de comercialización de productos informáticos usados y destino final de los residuos ..... | 21 |
| Figura .2  | Material y energías necesarias para fabricar 1 cm <sup>2</sup> (0,16 g) de microcircuitos.....      | 26 |
| Figura .3  | Modos de exportación de residuos electrónicos a países del tercer mundo                             | 26 |
| Figura .4  | Las tres dimensiones del desarrollo sostenible.....                                                 | 30 |
| Figura .5  | Almacenamiento- San Antonio Recycling S.A.....                                                      | 49 |
| Figura .6  | Separación y desensamblaje de materiales- San Antonio Recycling S.A...                              | 49 |
| Figura .7  | Prensado - San Antonio Recycling S.A.....                                                           | 50 |
| Figura .8  | Esquema del proceso de tratamiento y reciclaje de frigoríficos.....                                 | 52 |
| Figura .9  | Esquema del proceso de valorización de RAEE.....                                                    | 53 |
| Figura .10 | Ciclo general del reciclado de los RAEE.....                                                        | 56 |
| Figura .11 | Proceso de tratamiento mecánico y separación en diversas fracciones.....                            | 57 |
| Figura .12 | Ciclo general del proceso de recuperación del Cu y los MP.....                                      | 58 |
| Figura .13 | Posibles opciones de recuperación de MP para RAEE.....                                              | 67 |
| Figura .14 | Diagrama de los procedimientos del reciclado mecánico.....                                          | 72 |
| Figura .15 | Sistema de recogida de los RAEE.....                                                                | 81 |
| Figura .16 | Sistema de tratamiento y reciclado de los RAEE .....                                                | 82 |
| Figura .17 | Etapas de Manejo de RAEE .....                                                                      | 84 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1 Capítulo 16 De La Directiva 2002/96/Ce.....                                                                                                  | 96  |
| Anexo 2 Categorías de aparatos eléctricos y electrónicos.....                                                                                        | 97  |
| Anexo 3 Lista de productos que están comprendidos en las categorías del anexo II.....                                                                | 98  |
| Anexo 4 Tratamiento selectivo de materiales y componentes de aparatos eléctricos y electrónicos de conformidad con el apartado 1 del artículo 6..... | 100 |
| Anexo 5 D.S. N° 001-2012- MINAM, Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.....             | 101 |

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se presenta un Análisis de las Opciones para la Gestión Ambientalmente Racional de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en el Perú. Debido que la mayoría de estos residuos vienen a través de las donaciones de computadores desde los países industrializados a proyectos sociales en Latinoamérica.

Según el Plan Nacional de Residuos Sólidos, en el Perú solo se recolecta el 73.7% de los residuos sólidos municipales, lo cual representa 9,571 toneladas diarias; de este grupo el 19.7% se dispone adecuadamente en rellenos sanitarios, 14.7% es reaprovechado, 46% se dispone en botaderos y el restante 19.6% es quemado, vertido a ríos, mar, lagos o chancherías.

La metodología este trabajo se basa en recopilación de información y en el diagnostico realizado por instituciones públicas (DIGESA) y privadas (IPES) en temas de ambiente. Información de Aduanas para obtener las cantidades importadas de equipos electrónicos nuevos usados, así como también los componentes o equipos electrónicos exportados, revisión de estadísticas del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI).

En el Perú los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, son el tipo de residuos de mayor crecimiento; no se tiene un sistema integrado de recolección, transporte, tratamiento y reaprovechamiento eficiente de los mismos. A raíz del reglamento de RAEE y las NTP N°900.064.2012 y 900.065.2012, han sido iniciativas del sector público y privado para implementar acciones para su gestión y manejo.

En el Perú, los importadores de equipos de aparatos eléctricos y electrónicos, es el nivel inicial de la cadena de valor, y cada uno tiene su perspectiva e implementa los programas de acuerdo a sus capacidades y criterios. La poca difusión de la normatividad existente en el tema de RAEE, hace que las organizaciones privadas no tengan pleno conocimiento de estas normas, considerando que se trata de reglamentos difíciles de entender y engorrosos. Una vez que los productos se convierten en residuos, las actividades informales de desmantelamiento, comercialización, reutilización, reciclaje; no se conoce su destino exacto.

## **CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN**

Los equipos eléctricos y electrónicos son considerados la nueva basura del siglo XXI, colocar este tipo de residuos en la basura dejarlos en manos de los segregadores, es poner en riesgo la salud de las personas y del ambiente, debido a que contienen ciertos componentes peligrosos. Éstos pueden encontrarse en el plomo en tubos de Rayos catódicos y soldadura, arsénico en tubos de rayos catódicos más antiguos, trióxido de antimonio retardante de fuego, etc.

Mientras el celular, el monitor y el televisor están en su carcasa no generan riesgos de contaminación. Pero cuando se mezclan con el resto de la basura y se rompen, esos metales tóxicos se desprenden y pueden resultar mortales. Además de las sustancias tóxicas, los desechos electrónicos contienen considerables cantidades de plata, de oro y de otros metales valiosos que son conductores de electricidad muy eficientes. En teoría, reciclar el oro de las tarjetas madre de computadoras caducas es mucho más rentable y causa menos destrucción ecológica que extraerlo de la tierra, lo que a menudo pone en peligro selvas tropicales primigenias. Mientras algunas empresas de reciclaje preparan el material pensando en reducir al mínimo la contaminación y los riesgos para la salud, la mayoría de ellas lo vende a intermediarios que lo embarcan a países en desarrollo, donde el cumplimiento de la ley para proteger el ambiente no es tan estricto.

En el Perú el manejo de los residuos electrónicos se da tanto de manera formal como informal y no existen registros de datos sistematizados que sustenten las cantidades de residuos procesados. Las empresas formales que exportan este tipo de residuos recién están en el proceso de adaptarse a los requerimientos del marco legal de residuos sólidos para consolidarse en las operaciones de exportación de residuos sólidos. El mercado informal de segunda mano puede estar jugando un rol importante en el reciclaje y re-utilización de los equipos electrónicos en desuso. Principalmente en el Jirón Leticia (centro de compra y venta de AEE), todos los equipos que ahí llegan son aprovechados, ya sea para repararlos para su segundo uso, para obtener repuestos o para reciclar algunas partes. En este mismo mercado, existen actividades de recuperación y reciclaje de residuos electrónicos, la mayoría de ellas informales y aquellas que si son realizadas por empresas constituidas formalmente no trabajan bajo estándares ambientales exigentes.

## **CAPITULO 2.- JUSTIFICACIÓN**

En el país no se cuenta con mecanismos para la disposición al final de su vida útil de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Asimismo, el incremento de estos residuos, debido al cambio tecnológico y consumo por parte del público, hace que se implementen estrategias para la gestión ambientalmente racional: generación, manejo, tratamiento y disposición final de estos residuos. Para ello, se requiere saber la cantidad de equipos que ingresan al país a fin de proyectar a futuro la generación estimada; así como el impacto al ambiente y proponer diversas opciones de gestión.

### **CAPITULO 3.- ANTECEDENTES**

En el Perú el manejo de los residuos electrónicos se da tanto de manera formal como informal y no existen registros de datos sistematizados que sustenten las cantidades de residuos procesados. Las empresas formales que exportan este tipo de residuos recién están en el proceso de adaptarse a los requerimientos del marco legal de residuos sólidos para consolidarse en las operaciones de exportación de residuos sólidos.

En el Perú existe la Ley General de Residuos Sólidos (2000), su Reglamento (2004) y modificatoria DL. 1065 y un Reglamento General de Procedimientos Administrativos de los Bienes de Propiedad Estatal (2001) pero los principales usuarios no tienen pleno conocimiento de estas normas, tanto las organizaciones públicas como privadas. Además, existe la percepción de que se tratan de reglamentos difíciles de entender, poco específicos y con procedimientos engorrosos.

El 08 de agosto de 2012, se conforma el Comité de Apoyo Técnico para la implementación del Reglamento Nacional para Gestión y Manejo de RAEE, se conforman 06 grupos de trabajo:

- Sensibilización y Comunicación
- Campañas de Acopio de RAEE (privados y públicos)
- Planes de Manejo de RAEE
- Fortalecimiento de operadores
- Desarrollo normativo (sectorial y técnico)
- Estudios y diagnósticos

En ese contexto, el Sub-Comité de Gestión Ambiental de Residuos, a partir de 2010, creó el grupo de trabajo específico para desarrollar una familia de Normas Técnicas Peruanas (NTP) con las que se pueda guiar tanto a los generadores como a los operadores de RAEE.

Desde 2010 a la fecha se han realizado reuniones quincenales en base a los procedimientos establecidos por INDECOPI (INACAL) en las oficinas de IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible, se tienen las Normas Técnicas Peruanas:

Norma Técnica Peruana NTP 900.064.2012, Gestión Ambiental. Gestión de Residuos. Manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Generalidades.

Norma Técnica Peruana NTP 900.065.2012, Gestión Ambiental. Gestión de residuos. Manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Generación, recolección interna, clasificación y almacenamiento. Centros de acopio.

Norma Técnica Peruana NTP 900.066.2012, Gestión Ambiental. Gestión de Residuos. Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Tratamiento.

En el Perú el manejo de los residuos electrónicos se da tanto de manera formal como informal y no existen registros de datos sistematizados que sustenten las cantidades de residuos procesados.

El mercado informal de segunda mano puede estar jugando un rol importante en el reciclaje y re-utilización de los equipos electrónicos en desuso. Principalmente en Leticia, todos los equipos que ahí llegan son aprovechados, ya sea para repararlos para su segundo uso, para obtener repuestos o para reciclar algunas partes. En este mismo mercado, existen actividades de recuperación y reciclaje de residuos electrónicos, la mayoría de ellas informales y aquellas que si son realizadas por empresas constituidas formalmente no trabajan bajo estándares ambientales exigentes.

El mercado peruano de computadoras es abastecido principalmente por computadoras ensambladas localmente, (aproximadamente 75%), lo que se puede corroborar observando la distribución de los productos que más se importan: 85% son componentes, 10% impresoras, 4% computadoras de escritorio y 2% computadoras portátiles.

El mercado de productos electrónicos ha crecido más de 20 veces en volumen desde 1997 al año 2006 (10 años). Considerando un periodo de vida útil de 7 años (promedio obtenido de entrevistas, encuestas realizadas; estudio de e-waste realizado por Steubing-2007). Se proyecta que para el año 2007, 7,384 Toneladas de residuos electrónicos estarán listas para su disposición y para el año 2010, ésta crecerá cerca de 60% (12,044 Toneladas).

## **CAPITULO 4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Existen alternativas para la gestión ambientalmente racional de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, dentro de los cuales, se destacan las computadoras y los teléfonos celulares (excluyendo las baterías)?

## **CAPITULO 5.- OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Identificar las cantidades de equipos de computadoras y teléfonos móviles que ingresan al país, su impacto y la gestión de ellos.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- A.** Estimar la generación de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE) a partir de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) proyectada al año 2017.
- B.** Evaluar el impacto al ambiente de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el Perú.
- C.** Proponer alternativas para la Gestión Ambientalmente Racional de los RAEE en el Perú.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

| OBJETIVOS | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | RESULTADOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | CONCLUSIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Recopilación de información y diagnóstico realizado por instituciones públicas (Digesa, Aduanas) y privadas (IPES, San Antonio Recycling) en temas de protección al ambiente.</li> </ul>                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mercado abastecido por computadoras ensambladas localmente (aprox. 75%), considerando que se importan: 75.5% son componentes, 3.8% impresoras, 0.3% computadoras de escritorio y 13% computadoras portátiles.</li> <li>Se proyecta que para el 2007, 7,384 ton. de residuos estarán listos para su disposición final y para el 2017 se proyecta que será de 384,800 Toneladas.</li> <li>Al año 2007 se tienen 12'067,062 líneas activas de telefonía móvil, considerando que los equipos se cambian con una frecuencia de 02 años y según las proyecciones realizadas, para el año 2015 se tendrán 25,100 ton. de celulares para disposición final y para el 2017 esta cantidad proyectada será de 33,800 ton.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Los importadores de equipos celulares y computadoras, se les considera en el nivel inicial de la cadena de valor.</li> <li>La poca difusión de la normatividad en cuanto al manejo de residuos electrónicos, existe la precepción de normativa difícil de entender, poco específicos y difíciles de entender.</li> <li>Actividades informales de desmantelamiento, comercialización, reciclaje y disposición final.</li> </ul> |
| B         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de sustancias peligrosas acumuladas en los aparatos eléctricos y electrónicos -AEE.</li> <li>Cantidad de estas sustancias que actualmente están siendo introducidas en el mercado.</li> <li>Cantidad de sustancias peligrosas que están almacenadas en los lugares de producción y venta de AEE.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Quema a cielo abierto, baños ácidos y la basura tóxica; contaminan los componentes: tierra, agua, suelo y aire.</li> <li>Quema de cables provenientes de equipos electrónicos, a cielo abierto; generan dioxinas y furanos, compuestos bromados; los ríos y canales de riego son utilizados como vertederos.</li> <li>Los RAEE, son exportados a países en desarrollo, con pocas posibilidades de darles un tratamiento adecuado y acaban en botaderos.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Los Aparatos eléctricos y electrónicos, una vez que se convierten en residuos, no se conoce el destino final.</li> <li>Se utilizan en el mercado de segundo uso como repuestos.</li> <li>Se encuentran en los hogares y almacenes de entidades públicas y privadas, por falta de políticas de gestión.</li> <li>Se encuentran acumulados en botaderos y calles.</li> </ul>                                                     |
| C         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de gestión de recogida, tratamiento y reciclado de RAEE.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Campañas de concienciación e información que inciten a los ciudadanos a participar en estas iniciativas.</li> <li>Diseñar un sistema de recogida de los residuos.</li> <li>Reutilización de los componentes y separación de los residuos peligrosos para su tratamiento y para la disposición final, las empresas exportan los RAEE, en el exterior existe la tecnología para la recuperación y reutilización.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Las autoridades de todo nivel de salud y ambiente; desarrollan estas funciones según sus competencias</li> <li>Las empresas comercializadoras de residuos se están adecuando a la normatividad de RAEE.</li> <li>Las empresas exportan partes de computadoras, periféricos y teléfonos móviles sin batería.</li> </ul>                                                                                                         |

## **CAPITULO 6.- GRADO DE CONTAMINACIÓN POR LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE).**

### **6.1. Marco Teórico**

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) obsoletos se están convirtiendo en una de las corrientes más significativas de residuos, tanto por cantidad como por toxicidad. Estos residuos están formados por una mezcla compleja de materiales, entre las que se incluyen sustancias potencialmente peligrosas. Entre estos residuos podemos encontrar televisores, vídeos, batidoras, lavadoras, computadoras, teléfonos móviles y otros, con distinta composición, peso y tamaño.

Tal es el grado de desarrollo de la tecnología y la variedad de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) a los que se puede acceder, que comenzaron a cuestionarse las implicancias de los mismos sobre el ambiente al fin de su vida útil. El paso mas importante fue dado por el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea mediante la Directiva 2002/95/CE, sobre las restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en estos aparatos y la Directiva 2002/96/CE sobre los residuos de los mismos (RAEE), posibilitando el surgimiento de nuevas alternativas relacionadas con AEE y RAEE.

Se suele hablar de línea blanca en referencia a electrodomésticos como frigoríficos, refrigeradoras y lavadoras, línea marrón al referirnos a televisores, radios o vídeos y línea gris para los equipos relacionados con las tecnologías de la información o las telecomunicaciones, tales como computadoras o teléfonos. Todos estos artefactos necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos para funcionar. Los residuos electrónicos son un problema ambiental, de contaminación y uso ineficiente de recursos. Se acumulan en vertederos, mezclados con basuras urbanas o son incinerados sin tratamiento previo. Otros muchos son exportados a países en desarrollo con pocas posibilidades para darles un tratamiento adecuado, y acaban siendo desmontados en condiciones poco seguras para la salud y el medio.

Además, el periodo de vida útil de los equipos es cada vez más reducido, motivado por los cambios tecnológicos y las ofertas del sector. Este hecho contribuye al crecimiento año tras año de este tipo de residuos y supone un uso muy poco sostenible de los recursos naturales. También contribuye negativamente al cambio climático, ya que el principal efecto de los equipos electrónicos en el consumo energético hay que buscarlo habitualmente en su fabricación, más que en el consumo en su vida útil. Adicionalmente, cualquier gestión de los residuos supone un nuevo consumo de recursos y energía.

Las medidas para alargar el periodo de uso de los equipos, su reutilización y la eliminación de tóxicos en su composición pueden contribuir a reducir su impacto en el entorno. Las nuevas normativas que han surgido en los últimos años en algunos países trasladan la responsabilidad de los residuos al productor de los equipos (fabricante, distribuidor o exportador).

### 6.1.1. Definición de Residuos Electrónicos / E-Waste

Los residuos electrónicos se entienden como todas aquellas partes externas e internas de equipos eléctricos o electrónicos que el usuario decide dejar de utilizar ya sea por obsolescencia o mal funcionamiento.

De acuerdo con EMPA (2007a) los residuos electrónicos o *e-waste* son aquellos equipos eléctricos o electrónicos de los cuales el usuario ha decidido deshacerse, incluyendo todos los componentes, sub ensamblajes y artículos de consumo que forman parte del producto en el momento en que se desechan.

Éstos se pueden clasificar en las diez categorías que se muestran en la Tabla 1

**TABLA 1.** Categoría de Residuos Electrónicos

|   |                                                 |                                                                                                                                                                                                      |
|---|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Grandes electrodomésticos                       | Frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas, etc.                                                                                                                                            |
| 2 | Pequeños electrodomésticos                      | Aspiradoras, planchas, secadores de pelo.                                                                                                                                                            |
| 3 | Equipos de informática y telecomunicaciones     | Procesadores de datos centralizados (minicomputadoras, impresoras) elementos de computación personal (computadores personales, computadores de carpeta, máquinas copiadoras, telex, teléfonos etc.). |
| 4 | Aparatos electrónicos de consumo                | Radio, televisores, cámaras de vídeo, etc.                                                                                                                                                           |
| 5 | Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre | trenes y coches eléctricos, consolas de vídeo y juegos de vídeo                                                                                                                                      |
| 6 | Aparatos de alumbrado                           | luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga                                                                                                                                                |

|    |                                                                                                                 |                                                             |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                                                 | de alta intensidad etc.                                     |
| 7  | Herramientas eléctricas y electrónicas (a excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura) | Taladros, sierras y máquinas de coser.                      |
| 8  | Equipos médicos (excluidos los equipos implantados e infectados)                                                | Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis.            |
| 9  | Instrumentos de vigilancia y control                                                                            | Termostatos, detectores de humo o reguladores de calor.     |
| 10 | Maquinas expendedoras                                                                                           | De bebidas calientes, botellas, latas, o productos sólidos. |

Los residuos tecnológicos se clasifican en tres líneas, denominadas mediante colores:

- **Línea blanca:** frigoríficos, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas.
- **Línea marrón:** televisores, equipos de música, vídeos...
- **Línea gris:** equipos informáticos (teclados, CPUs, ratones...) y teléfonos móviles.

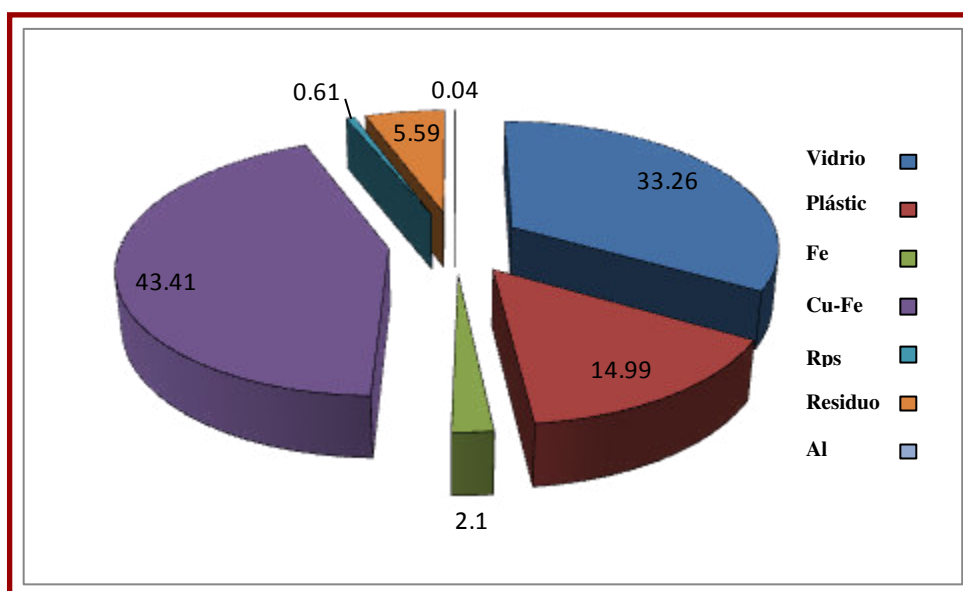


Gráfico N° 1. Composición tipo de los equipos eléctricos y electrónicos de línea gris.

**Fuente:** Nuria Borraz, Rubén Blasco, Roberto Barcos.

### 6.1.2. Evolución del mercado de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE)

Desde su comienzo los AEE, eran concebidos como aparatos suntuosos, fabricados con materiales de alta calidad y diseñados para durar varios años. El nivel de consumo de estos aparatos era reducido, principalmente por el alto precio que poseían. La innovación tecnológica era lenta, lo que permitía que la obsolescencia de los AEE sea mínima. A partir de estos factores poseían un ciclo de vida largo, su uso

era prolongado en el tiempo y ante un desperfecto técnico eran reparados y se continuaba su utilización.

Los avances tecnológicos y la velocidad de innovación han permitido que tanto la producción como el consumo de estos aparatos hayan aumentado considerablemente en todo el mundo, esto se debe a que los AEE rápidamente se vuelven obsoletos, los materiales utilizados para su fabricación son de menor calidad por lo que al utilizar materia prima más económica, el precio de venta del producto también se ve reducido, permitiendo que el consumo sea mayor. Este ciclo se fue acortando respecto al tiempo, sobretodo en la última década, propiciando situaciones donde frente a un mal funcionamiento muchas veces es más rentable comprar u aparato nuevo que reparar el actual.

Esta situación potenciada por el consumismo que poseemos hoy en día, crea una problemática donde se genera un nuevo tipo de residuo, no siempre siendo AEE en mal funcionamiento, sino también AEE que por sus características han quedado obsoletos y ya no sirven para cumplir las prestaciones por la que fueron adquiridos.

Para tener una idea de la problemática; la organización de las naciones Unidas (ONU), a través de su Programa de Medio Ambiente (UNEP) (2005),<sup>\*</sup> ha afirmado que a nivel mundial se generan, por año, ente 20 y 50 millones de toneladas de AEE y RAEE y estudios europeos presentados por Computer Take Back Campaign (Poison PCs and toxic TVs-2004) estimaron que el volumen de estos residuos está incrementándose entre un 3% a 5%.

En el **Perú**, no existen mecanismos para una correcta disposición de equipos electrónicos cuando alcanzan el final de su vida útil. El mercado peruano de computadoras es abastecido principalmente por computadoras ensambladas localmente (aproximadamente 75%), 75.5% son componentes, 3.8% impresoras, 0.3% computadoras de escritorio y 13% computadoras portátiles.

El mercado de productos electrónicos ha crecido más de 20 veces en volumen desde 1997 al año 2006 (10 años). Considerando un periodo de vida útil de 7 años (Estudio realizado en Chile - 2007). Se proyecta que para el año 2010 se generarán 12044 toneladas.

En cuanto a teléfonos celulares en el Perú, al año 2007 se tienen 12'067,062 de líneas activas de telefonía móvil, cantidad ha crecido 40% al año en promedio desde el año 2000. Considerando que los equipos se cambian con una frecuencia promedio de 2 años y de acuerdo a las proyecciones realizadas, para el año 2015 se tendrán 25,100 Toneladas de celulares listas para su disposición final y para el año 2017 ésta cantidad proyectada será de 33,800 Toneladas.

Hace mas de 50 años las primeras computadoras eran máquinas grandes, pesadas y costosas, constituidas por tubos de vacío y carecían de sistema operativo. Su tamaño era tal que necesitaban habitaciones enteras para alojarlas, pero a pesar de esto, las prestaciones que las computadoras poseían eran muy inferiores a las prestaciones actuales (Aspray y Newman-1993).

Posteriormente, los tubos de vacío de las computadoras fueron sustituidos por transistores que consumían menos electricidad y producían menos calor. En los años sesenta se crea el circuito integrado (chip) que aumentó la capacidad de almacenamiento y redujo el tiempo de respuesta. De esta manera se consolidaron los primeros pasos para reducir el tamaño y mejorar las prestaciones de las computadoras. En esa misma época se generalizan los lenguajes de programación.

La carrera tecnológica que buscaba reducir el tamaño y mejorar las funcionalidades, surge el microchip y debido al reducido tamaño de los componentes se logran fabricar los primeros microprocesadores. Por otro lado, aparecen las redes en las computadoras propiciadas por los sistemas operativos, dando inicio a la era de la informática.

Posteriormente se consiguió seguir reduciendo el tamaño de los componentes, permitiendo desarrollar computadoras personales y en último punto portátiles. Hoy en día la obsolescencia de las mismas es acelerada, propiciada por el desarrollo de mejores equipos que día a día se convierten en herramientas de trabajo y de estudio para millones de personas alrededor del mundo.

Los aparatos celulares son hoy en día aparatos que sirven como herramientas de comunicación para gran parte de la población.

Su evolución fue similar a la de las computadoras, siempre reduciendo tamaño y aumentando prestaciones.

El primer teléfono celular portátil fue lanzado al mercado por Motorola (Portable cellular phone-2004) en 1983 con el nombre de DynaTAC 8000X y un peso de 800 gramos. Actualmente un celular promedio pesa aproximadamente 10 gramos y permite, además de su función principal de teléfono, sacar fotos, filmar videos, conectarse a Internet, grabar voz y escuchar música. Frente a una evolución tan significativa en estos dos aparatos, no es llamativo que su consumo haya aumentado exponencialmente en el país y en el mundo.

### **6.1.3. Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) y sus residuos**

Una vez finalizada la vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), ya sea por obsolescencia o deterioro (rupturas o se realizan sobre ellos cualquier otro proceso que modifique su estructura original), se consideran residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

A pesar de que algunas partes de los aparatos son reutilizadas en nuestro país, generalmente los AEE en desuso son acumulados en hogares, depósitos o en su defecto terminan en botaderos donde las sustancias peligrosas entran en contacto con el ambiente originando problemas de contaminación.

Los aparatos eléctricos y electrónicos se constituyen por un conjunto de diversos componentes, entre los cuales cabe destacar los siguientes: *aparatos de visualización como tubos de rayos catódicos, pantallas de cristal líquido; vidrio; plásticos, que incorporan materiales ignífugos; circuitos impresos; cables; interruptores de mercurio y magnetotérmicos; pilas; condensadores; resistencias; relés; etc.* Aproximadamente más del 50% en peso de los AEE son metales, principalmente *aceros, aluminio, cobre, plomo, mercurio y metales preciosos*. El resto de materiales queda repartido entre *dos fracciones que están en porcentajes similares y que son los plásticos y los vidrios*. Dependiendo del aparato considerado, estos datos pueden variar, de este modo mientras los ordenadores contienen un 16% en peso de

plásticos, en los equipos utilizados en telecomunicaciones puede llegar hasta un 50% [Rovira M. de Pablo J. (2001)].

De entre los materiales que se encuentran en los RAEE, los plásticos son los que tienen un valor intrínseco más elevado, pero en cambio son los materiales menos reciclados. Se dispone de pocos datos sobre el reparto entre diferentes tipos de materiales plásticos presentes en los RAEE. Sin embargo, sí que se tiene más información sobre el consumo de plásticos en el sector. En la Tabla 2, se señalan las cantidades consumidas y distribución de los materiales plásticos más utilizados en la fabricación de los AEE, incluyendo cables, de Europa occidental durante el año 2000 [APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe)].

**TABLA Nº 2.** Plásticos consumidos en la fabricación de AEE en Europa Occidental en el año 2000

| Material plástico                                                  | Cantidad consumida<br>(toneladas) | Porcentaje<br>(% ) |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| PE (polietileno)                                                   | 8.000                             | 1                  |
| PBT-PET (polibutileno tereftalato, polietileno tereftalato)        | 19.000                            | 1                  |
| POM (polioximetileno)                                              | 26.000                            | 2                  |
| PA (poliamida)                                                     | 45.000                            | 3                  |
| UP (poliéster insaturado)                                          | 49.000                            | 3                  |
| PC (policarbonato)                                                 | 53.000                            | 4                  |
| PVC (policloruro de vinilo)                                        | 54.000                            | 4                  |
| EP (resinas epoxi)                                                 | 55.000                            | 4                  |
| PU (poliuretano)                                                   | 125.000                           | 8                  |
| PP (polipropileno)                                                 | 266.000                           | 18                 |
| PS (poliestireno)                                                  | 287.000                           | 19                 |
| ABS-ASA SAN (acrilnitrilo butadieno estireno, acrolester estireno) | 496.000                           | 33                 |
| <b>TOTAL</b>                                                       | <b>1.483.000</b>                  | <b>100</b>         |

**Fuente.** Prada Quiroga G., Cortina Pallás, J.

En lo concerniente a la caracterización de la potencial peligrosidad de los RAEE existen distintos estudios. Sus resultados se han revisado por el Consejo de Ministros Nórdico [Hedelmanln, P, Carlsson, P, Palm V. (1995)]. En los estudios se encontró que un gran porcentaje de sustancias peligrosas se encuentran concentradas en un número relativamente pequeño de componentes y grupos de productos, tal y como se resume a continuación:

- *Cadmio*: más del 90% en las pilas recargables.

- *Plomo*: más del 90% en las baterías, con pequeñas contribuciones por parte de las soldaduras para los PBAs (printed-board assemblies), lámparas y tubos fluorescentes.
- *Óxido de plomo* (utilizado en el vidrio): más del 80% en los TRC (Tubos de Rayos Catódicos) mientras que el resto procede de las lámparas y los tubos fluorescentes.
- *Mercurio*: más del 90% procede de las pilas y sensores de posición con una pequeña contribución por parte de los relés y tubos fluorescentes.
- *Cromo hexavalente*: utilizado como inhibidor de corrosión en el sistema de refrigeración de los refrigeradores por absorción.
- *PCB* (Bifenilos policlorados): más del 90% provienen de los condensadores con PCB.
- *TBBA* (Tetra-bromo-bifenil A): más del 90% proviene de los PBAs, en los PWBs (printed wiring boards) y en componentes.
- *Octa y deca BDE* (octa- y decabromo difenil eter): más del 80% dentro de las computadoras, con menores contribuciones por parte de los aparatos de TV y aparatos eléctricos de cocinas domésticas.
- *CFCs*. (Clorofluorcarbonos).
- *Cloroparafinas*: más del 90% en el PVC de los cables.
- Los materiales *ignífugos bromados*.

Otros materiales o categorías de materiales medioambientalmente relevantes identificados en los RAEE son:

- Plata, cobre, bario y antimonio.
- PCN (naftalato policlorado): que se utiliza para impregnar los cables recubiertos de papel en los condensadores.
- Cristales líquidos: más de 200 sustancias, muchas de ellas problemáticas, pueden formar parte del cristal líquido.
- Material óptico: indio, galio, arseniuros y cadmio.
- Berilio aleado con cobre utilizado para muelles de contacto en conectores de señales bajas.
- Superconductores de alta temperatura conteniendo cantidades apreciables de mercurio.

La dimensión del impacto ambiental que puede derivarse de la presencia de estas sustancias peligrosas depende fundamentalmente de su toxicidad en particular y de las cantidades que pueden ser liberadas al ambiente como consecuencia de las operaciones de gestión una vez finalizada la vida de los aparatos. Tanto el análisis del problema como la concepción de medidas para contrarrestarlo deben de estar basados en un conocimiento cuantitativo de las cantidades que debe incluir:

- La cantidad de sustancias peligrosas acumuladas en los productos en uso por la sociedad.
- La cantidad de estas sustancias que están actualmente siendo introducidas en los mercados.
- Los impactos medioambientales que se pueden derivar del procesamiento y eliminación de las cantidades contabilizadas de RAEE.
- La cantidad de sustancias peligrosas que están almacenadas en los productos es un tema histórico relacionado con la producción y venta de los productos eléctricos y electrónicos. Esta cantidad es difícil de estimar y de hecho es desconocida en la mayoría de los Estados de la UE.

#### **6.1.4. Los residuos eléctricos y electrónicos en el mundo**

Con el ritmo acelerado del desarrollo tecnológico, los residuos electrónicos van en aumento y son el tipo de residuo de mayor crecimiento en el mundo entero. Se trata no sólo de una crisis de cantidad sino también de componentes tóxicos como plomo, berilio, mercurio, cadmio, etc. que representan una amenaza tanto para el ambiente como para la salud ocupacional de las personas que procesan estos materiales de modo inadecuado. De acuerdo con el reporte *Exporting Harm: The High-Thech Trashing of Asia* preparado por *The Basel Action Network* (Puckett, Byster, Westervelt, Gutierrez, Davis, Hussain & Dutta, 2002) muchos de los residuos electrónicos de economías desarrolladas como Estados Unidos y algunos países de Europa son exportados a zonas en desarrollo como la China, India, Pakistán o Nigeria.

Estas exportaciones de residuos electrónicos a países asiáticos y africanos representan un verdadero peligro para las comunidades pobres, donde la quema abierta, los baños ácidos y la basura tóxica genera contaminación en tierra, agua,

suelos y aire, y expone a los habitantes a envenenamiento y condiciones peligrosas para su salud.

El problema está en que los costos del reciclaje de productos de alta tecnología son elevados debido al uso intensivo de mano de obra para la separación de los diversos componentes y del tratamiento especial que requieren partes específicas para su reciclaje (como las tarjetas de circuitos, baterías, etc.) , razón por la cual muchas veces se exportan a países en desarrollo, puesto que sus costos de mano de obra son bajos y las regulaciones ambientales y ocupacionales son pocas y no son tan estrictas. Además, representan para comunidades de escasos recursos, una alternativa económica para superar su estado de pobreza y se puede comprobar, que países como China y la India tienen una demanda fuerte de obtener cualquier tipo de residuo como materia prima (por ejemplo, por las botellas de plástico) debido a las necesidades de su propio crecimiento económico.

**TABLA N° 3.** Substancias peligrosas en uso e ingreso anuales a través de productos Eléctricos y Electrónicos en los países Nórdicos (Dinamarca, Suecia, Finlandia, Noruega)

| Substancia     | Cantidad acumulada en los productos en uso(ton) | Ingreso anual a través de nuevos productos (ton) |
|----------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Cadmio         | 2.500                                           | 300                                              |
| Plomo          | 180.000                                         | 60.000                                           |
| Óxido de plomo | 11.000                                          | 2.000                                            |
| Mercurio       | 130                                             | 35                                               |
| PCBs           | 250                                             | 0                                                |

**Fuente:** Nuria Borraz, Rubén Blasco, Roberto Barcos

Los datos muestran que a mediano o largo plazo se introducirán unas cantidades de sustancias peligrosas significativas tanto en la tecnósfera como en la cadena de la gestión de residuos en este caso en los **países Nórdicos** y por lógica se puede intuir que algo parecido está ocurriendo en el resto de los países desarrollados.

En el **Viejo Continente**; computadoras, componentes electrónicos y teléfonos móviles se amontonan en los vertederos de toda Europa, llegando a suponer el 4% de la basura total que se produce.

En **Asia**, una cantidad de personas trabajan seleccionando cables provenientes de equipos electrónicos, durante el día seleccionan los cables y en la noche queman los residuos. Las familias viven junto a las hogueras que emiten dioxinas e hidrocarburos

cíclicos y plicíclicos de plásticos de PVC y compuestos bromados anti-fuego. Los ríos y canales de riego son utilizados como vertederos.

La basura electrónica inunda ya las grandes ciudades de **Estados Unidos** y los países con más penetración de computadoras. En California, con una población cercana a los 35 millones de personas, se calcula que unos 6.000 PC se quedan obsoletos cada día y que, como media, cada familia almacena en el trastero de su casa tres aparatos, entre televisores y computadoras personales. Retirar un televisor puede llegar a costar hasta 35 dólares y muchos ciudadanos no están dispuestos a pagar un precio tan elevado simplemente para desprenderse de un objeto.

En **España**, según un estudio realizado por la revista **Consumer**, se generan al año entre 100.000 y 160.000 toneladas de basura electrónica doméstica. Si a esa cantidad se le añaden los residuos que producen el sector de la electrónica, el resto de la industria y los establecimientos comerciales, se alcanza la cifra de 200.000 toneladas de desperdicios electrónicos al año.

En **Colombia**, se cuenta con 27,73 millones de abonados de teléfonos móviles, se han vendido cerca de 450.000 computadoras con la campaña de adquiere un PC sin IVA en el 2007.

En **Chile**, el uso de tecnología está en crecimiento, la penetración de celulares alcanza cerca del 90% de la población y los abonados en telefonía móvil cerca del 70%, hasta mayo del 2006.

En **Argentina**, se estima que existen unas 6.000.000 de PC's repartidas entre los hogares, empresas y gobiernos del país. Esto generará al menos unos 5.000.000 de equipos informáticos obsoletos en los próximos 5 años. Sin contar los que generarán las actividades industriales y servicios. Ni tampoco los equipos para uso generales como teléfonos celulares analógicos (ya obsoletos), video-caseteras (reemplazadas por DVD's), juguetes, etc.

Se puede precisar una estimación estadística que las 1.250 tm/año de residuos eléctricos y electrónicos estimadas en el 2004 pasaron a 13.450 tm/año en el 2006, es decir que los residuos eléctricos y electrónicos representaran en breve plazo el 11% de los residuos sólidos urbanos y de no mediar un manejo adecuado, las PC's

obsoletas en particular y los residuos eléctricos y electrónicos en general terminarían abarrotando los depósitos municipales.

#### **6.1.5. Situación en el Perú**

Si bien el Perú es una economía en desarrollo, en los últimos años ha tenido un crecimiento económico notable, acompañado por un crecimiento del mercado (Maximixe, 2007). Solo en el año 2007 el sector computadoras ha crecido 70% (Perú Empresa, 2007a) mientras que la utilización de la telefonía móvil se ha incrementado en 30% durante el primer trimestre del año 2007 (Perú Empresa, 2007b). Sin embargo, no existen mecanismos para una correcta disposición de equipos electrónicos cuando alcanzan el final de su vida útil. El crecimiento del mercado sumado a este problema aún no atendido, generan la oportunidad para el desarrollo de un programa que atienda estas necesidades y evite que se desencadenen actividades a gran escala de reciclaje informal de residuos electrónicos, lo que podría generar serios impactos en la salud de las personas y en el ambiente en general. Por lo tanto, es necesario aprovechar las mencionadas oportunidades, antes de tener un problema generalizado.

En el Perú el manejo de los residuos electrónicos se da tanto de manera formal como informal y no existen registros de datos sistematizados que sustenten las cantidades de residuos procesados. Las empresas formales que exportan este tipo de residuos recién están en el proceso de adaptarse a los requerimientos del marco legal de residuos sólidos para consolidarse en las operaciones de exportación de residuos sólidos.

El mercado informal de segunda mano puede estar jugando un rol importante en el reciclaje y re-utilización de los equipos electrónicos en desuso. Principalmente en el Jirón Leticia (centro de compra y venta de AEE), todos los equipos que ahí llegan son aprovechados, ya sea para repararlos para su segundo uso, para obtener repuestos o para reciclar algunas partes. En este mismo mercado, existen actividades de recuperación y reciclaje de residuos electrónicos, la mayoría de ellas informales y aquellas que si son realizadas por empresas constituidas formalmente no trabajan bajo estándares ambientales exigentes.

El mercado peruano de computadoras es abastecido principalmente por computadoras ensambladas localmente, (aproximadamente 75%), lo que se puede corroborar observando la distribución de los productos que más se importan: 75.5% son componentes, 3.8% impresoras, 0.3% computadoras de escritorio y 13% computadoras portátiles.

El mercado de productos electrónicos ha crecido más de 20 veces en volumen desde 1997 al año 2006 (10 años). Considerando un periodo de vida útil de 7 años (promedio obtenido de entrevistas, encuestas realizadas; estudio de e-waste realizado por Steubing-2007). Se proyecta que para el año 2007, 7,384 Toneladas de residuos electrónicos estarán listas para su disposición y para el año 2010, ésta crecerá cerca de 60% (12,044 Toneladas). En el grafico N° 2, se pueden apreciar los volúmenes proyectados y acumulados hasta el año 2017.

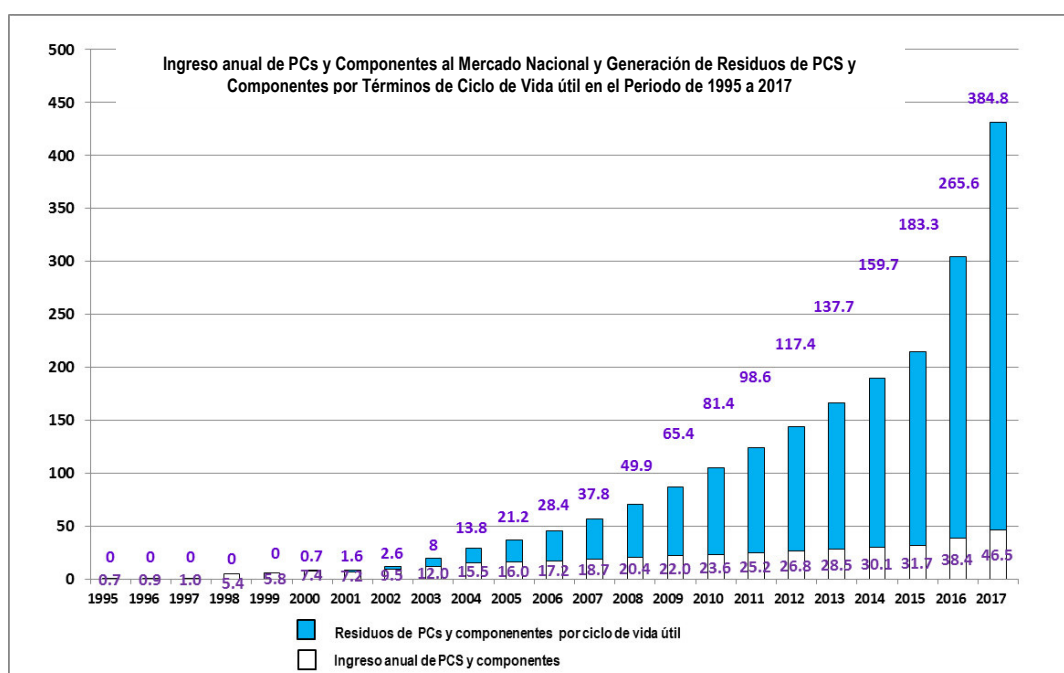


**Gráfico N° 2.** Proyección al 2017 del ingreso anual de computadoras y sus componentes y la cantidad de residuos que generarán.

**Fuente.** SUNAD, 2015/IPES

En cuanto a teléfonos celulares en el Perú, al año 2007 se tienen 12'067,062 de líneas activas de telefonía móvil, cantidad ha crecido 40% al año en promedio desde el año 2000. Considerando que los equipos se cambian con una frecuencia promedio de 2 años [El ciclo de vida útil de un celular en Perú está en promedio en 1.5 a 2 años, según representante administrativo de Nokia para América Latina (Perú Empresa, 2007b)] y de acuerdo a las proyecciones realizadas, para el año 2007 se tendrán

0.989 Toneladas de celulares listas para su disposición final y para el año 2010 ésta cantidad se habrá duplicado. En el grafico N° 3, se puede apreciar los volúmenes proyectados y acumulados hasta el año 2017.

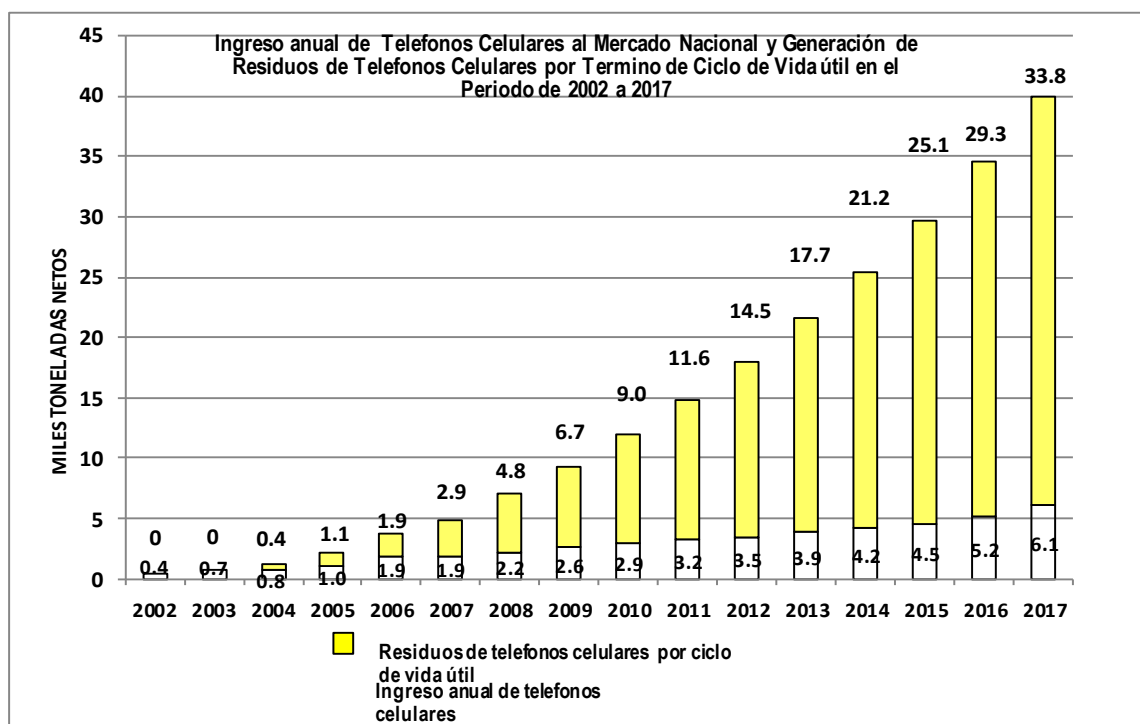


Gráfico N° 3. **Proyección al 2017 del ingreso anual de teléfonos celulares y la cantidad de residuos que generarán.**

**Fuente.** SUNAD, 2015/IPES

Actualmente se ha culminado la elaboración del proyecto de “Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos” y el proyecto de Norma Técnica Peruana NTP Gestión Ambiental. Gestión de Residuos. Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos; ambos documentos a cargo del Ministerio del Ambiente.

### Mercados de segunda mano

Los principales mercados de segunda mano están concentrados en el Jirón Leticia, las Malvinas y Wilson (Galerías Wilson y Compuplaza). De estos tres, el del Jirón Leticia es el más importante en la venta de monitores, componentes, computadoras e impresoras usadas y el Centro Comercial de Las Malvinas tiene el mercado teléfonos celulares de segunda mano más grande de la ciudad de Lima.

En Nicolás Ayllón en la Victoria (La Cachina) se comercializan residuos de todo tipo, en su mayoría, de productos electrónicos como computadoras y celulares. En el

Jirón Leticia y en el Centro Comercial las Malvinas existen también muchos centros de servicio técnico. En mercados como Wilson o Las Malvinas es fácil encontrar centros donde se pueden adquirir repuestos, reparar equipos o comprar uno nuevo. También se les puede encontrar dispersos en diferentes puntos de la ciudad. Los principales clientes son hogares del sector socioeconómico C y D y las personas que compran equipo para implementar cabinas de Internet en Lima o provincias. No se conocen las cantidades exactas de equipos nuevos o usados que se venden en estos mercados ni tampoco su procedencia exacta.

Como se puede observar en la Figura N° 1, los importadores de productos informáticos usados, comercializan el producto de dos maneras: realizan la repotenciación y reensamblaje del producto o venden el equipo directamente de los contenedores de productos que llegan al puerto.

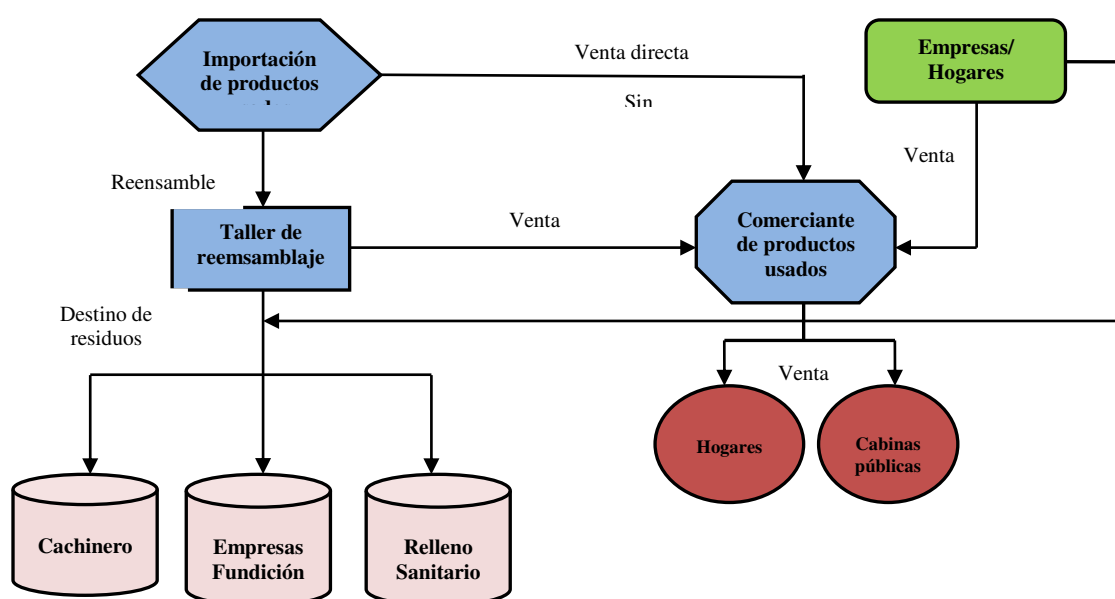


**Figura N° 1.** Circuito de comercialización de productos informáticos usados y destino final de los residuos

Fuente. **IPES**

No se conoce el destino exacto de los productos una vez que estos se convierten en residuos, pero los supuestos que se manejan son los siguientes:

- (a) se están re-utilizando en el mercado de segunda mano para obtener repuestos,
- (b) se encuentran almacenados en los hogares e instituciones por falta de políticas y gestores de este tipo de residuos,
- (c) se encuentran acumulados en botaderos y calles,
- (d) son donados a instituciones benéficas,
- (e) se disponen en rellenos sanitarios

industriales como BEFESA o (f) son desensamblados para su aprovechamiento y reciclaje.

### 6.1.6. Composición de aparatos

Una computadora, incluyendo todos sus componentes y periféricos está compuesta por una gran variedad de materiales, los principales son silicio, plásticos y hierro. A continuación, se expresa la composición en porcentajes, para lo cual se debe tener en cuenta que una computadora (cámara Argentina, 2006) pesa aproximadamente 25.5 Kg. Considerando todos sus componentes.

**TABLA N° 4.** Composición de una computadora

| Elemento  | %       | Elemento | %      |
|-----------|---------|----------|--------|
| Silicio   | 24,0880 | Bismuto  | 0,0063 |
| Plásticos | 22,9907 | Cromo    | 0,0063 |
| Hierro    | 20,4712 | Mercurio | 0,0022 |
| Aluminio  | 14,1723 | Germanio | 0,0016 |
| Cobre     | 6,9287  | Indio    | 0,0016 |
| Plomo     | 6,2988  | Oro      | 0,0016 |
| Zinc      | 2,2046  | Rutenio  | 0,0016 |
| Hojalata  | 1,0078  | Selenio  | 0,0016 |
| Níquel    | 0,8503  | Arsénico | 0,0013 |
| bario     | 0,0315  | Galio    | 0,0013 |
| Manganeso | 0,0315  | Paladio  | 0,0003 |
| Elemento  | %       | Elemento | %      |
| Plata     | 0,0189  | Europio  | 0,0002 |
| Berilio   | 0,0157  | Itrio    | 0,0002 |
| Cobalto   | 0,0157  | Niobio   | 0,0002 |
| Tántalo   | 0,0157  | Vanadio  | 0,0002 |
| Titanio   | 0,0157  | Platino  | Traza  |
| Antimonio | 0,0094  | Rodio    | Traza  |
| Cadmio    | 0,0094  | Terbio   | Traza  |

Fuente. **The Basel Action Network y Silicon Valley Toxics Coalition (2002)**

Por otro lado, un teléfono celular pesa en promedio unos 10 gramos. A pesar de ser un peso inferior al de las computadoras, según la complejidad del telefono, posee entre 500 y 1000 componentes, entre los principales se tienen:

**TABLA N° 5.** Composición de un teléfono celular

| Elemento                                                | %  | < de 1%         |                                |
|---------------------------------------------------------|----|-----------------|--------------------------------|
| ABS-PC (acrilonitrilo butadieno estireno-policarbonato) | 29 | Aluminio        | Volframio                      |
| Cerámica                                                | 16 | Antimonio       | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| Cobre                                                   | 15 | Berilio (0,003) | RuO <sub>2</sub>               |
| Plásticos Siliconados                                   | 10 | Cobalto         | LC                             |
| Epoxy                                                   | 9  | Estaño          | ITO                            |
| Otros plásticos                                         | 8  | Fósforo         |                                |
| Hierro                                                  | 3  | Comp. de litio  |                                |
| PPS                                                     | 2  | Manganeso       |                                |
| Plata                                                   | 1  | Molibdeno       |                                |
| Níquel                                                  | 1  | Oro             |                                |
| Zinc                                                    | 1  | Paladio         |                                |
| Retardantes de llama                                    | 1  | Plomo (0.301)   |                                |
| Otros                                                   | 4  | Tántalo         |                                |

**Fuente.** Nokia (2005)

Para tener una idea de la magnitud del problema, considerando el plomo por ejemplo, si multiplicamos la cantidad que contiene cada computadora por el número de aparatos en uso en nuestro país tenemos aproximadamente 15282.61 kilogramos de plomo por gestionar y en el caso de teléfonos celulares esta cantidad asciende a 0.978 kilogramos. Asimismo esta cantidad de computadoras posee 0.04352 kilogramos de mercurio y 0.0016065 kilogramos de cromo. Además se debe tener en cuenta que a estos valores se debe sumarle todas las computadoras y teléfonos celulares en desuso que se encuentran almacenados.

#### **6.1.7. Materiales peligrosos en los residuos electrónicos**

El contenido tóxico de los materiales que se pueden encontrar en los residuos electrónicos es poco conocido. Así, se tiene una gran variedad de elementos/sustancias tales como plomo y cadmio en las tarjetas de circuitos; óxido de plomo y cadmio en los monitores de rayos catódicos (CRT); mercurio en los interruptores y en los monitores de pantalla plana; cadmio en las baterías de la computadora; bifenilos policlorados (PCB) en transformadores y capacitores más

antiguos; y retardantes de flama poli bromeados en las tarjetas de circuitos impresos y en las carcasas de los equipos. También están las cubiertas de plástico, los cables y el material aislante de cloruro de polivinilo (PVC) que libera dioxinas altamente tóxicas y furanos cuando son quemadas sin control para obtener el cobre de los cables.

Es por ello que la disposición y reciclaje de los residuos electrónicos implica serios problemas de contaminación sobre todo si es incinerada o dispuesta en rellenos sin los tratamientos necesarios. Los rellenos finalmente, emiten toxinas en las aguas subterráneas y los incineradores emiten gases tóxicos, incluyendo dioxinas. De la misma manera, el reciclaje de computadoras tiene serias consecuencias ambientales como ocupacionales, debido a que la industria del reciclaje es ligeramente rentable en el mejor de los casos, y en muchos de los casos, no puede permitirse pagar por las precauciones necesarias para proteger al ambiente y al trabajador debido a la baja rentabilidad de los procesos (Puckett et al., 2002).

#### **6.1.8. Sustancias tóxicas en computadoras portátiles**

En los laboratorios de Investigación de Greenpeace (nota técnica 05/06 de agosto del 2006), Greenpeace dirigió un estudio sobre el nivel de presencia de sustancias tóxicas en computadoras portátiles, eligieron 5 marcas conocidas, compradas en Europa en marzo del 2006, estas son:

- Hacer Aspire 5670 series (5672WLmi)
- Apple Macbook Pro
- Dell Latitude D810
- Hewlett Packard (HP) Pavillondv4000 series (dv4357EA)
- Sony Vaio VGN-FJ Series (FJ180)

Cada componente de las computadoras portátiles fue removido y sujeto a un microanálisis de rayos X (EDAX), una técnica analítica que permite la detección y cuantificación (porcentaje en masa) de elementos importantes en las capas superficiales del material analizado. Esta técnica fue utilizada para identificar metales como: plomo, mercurio, cadmio y cromo (cantidad total en todos los estados iónicos), así también bromo.

Un total de aproximadamente 40 materiales y componentes individuales de cada computadora personal - un total de 195 muestras - fueron seleccionados para realizar el análisis.

La muestra fue colocada en el Dispensador de Energía de Fluorescencia de rayos X (EDAX) instrumento a temperatura ambiente.

**TABLA N° 6.** Número de muestras encontradas que contenían diferentes metales analizados por EDAX y el rango de las concentraciones en la superficie en todos los modelos de computadores personales

| Modelo          | Número de muestras que contiene cada metal (rango de concentraciones) |                 |            |              |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|--------------|
|                 | Plomo (Pb)                                                            | Cromo(Cr)*      | Cadmio(Cd) | Mercurio(Hg) |
| Hacer           | 0                                                                     | 4( 0.37 – 18%)  | 0          | 0            |
| Apple           | 0                                                                     | 5(0.23 – 18%)   | 0          | 0            |
| Dell            | 0                                                                     | 3(0.27 – 0.32%) | 0          | 0            |
| Hewlett Packard | 3(4.5 – 13%)                                                          | 4(0.13 – 9.0%)  | 0          | 0            |
| Sony            | 0                                                                     | 3(0.29 – 17%)   | 0          | 0            |

Límites del método de detección: Cd (0,01%), Cr (0,1%), Hg (0,01%), Pb (0,05%), Br (0,1%)

\*

Concentración total de cromo; en todos los casos una muestra de cada computadora personal fue posteriormente analizada dando negativo para cromo hexavalente (Cr VI)

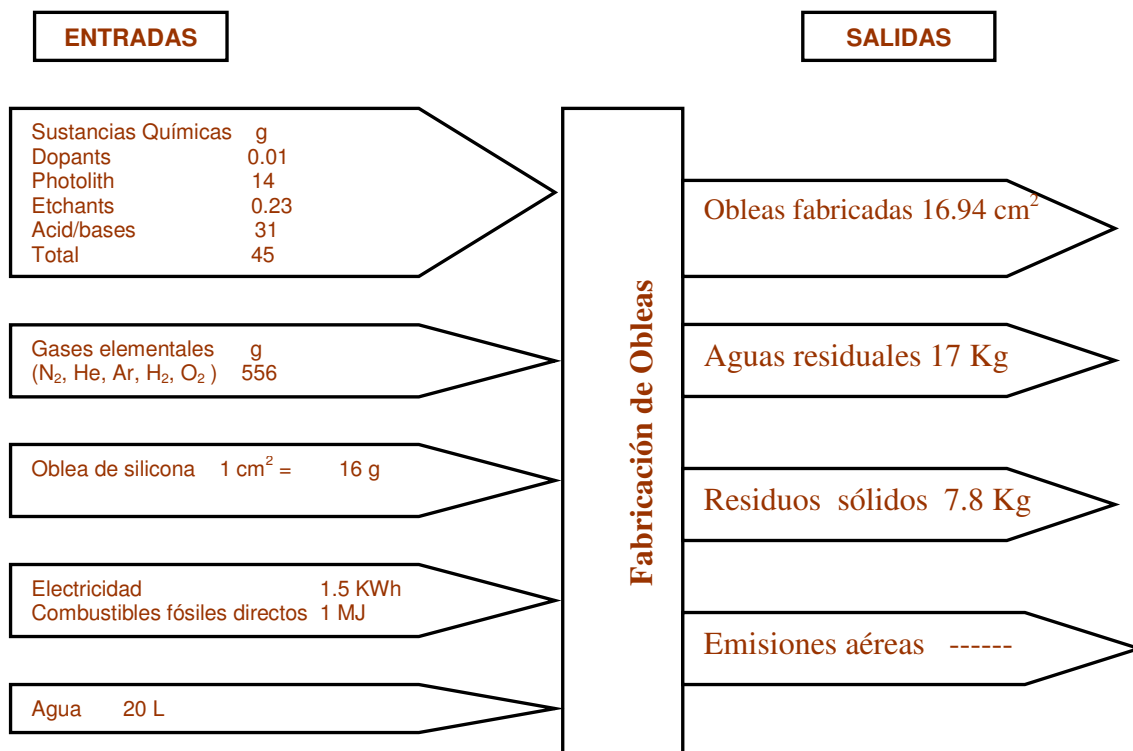


**Figura N° 2.** Material y energías necesarias para fabricar 1 cm<sup>2</sup> (0,16 g) de microcircuitos sobre una oblea de silicio sería equivalente por ejemplo de un chip de memoria DRAM de Mbytes.

Fuente. **Alejandro Castán**

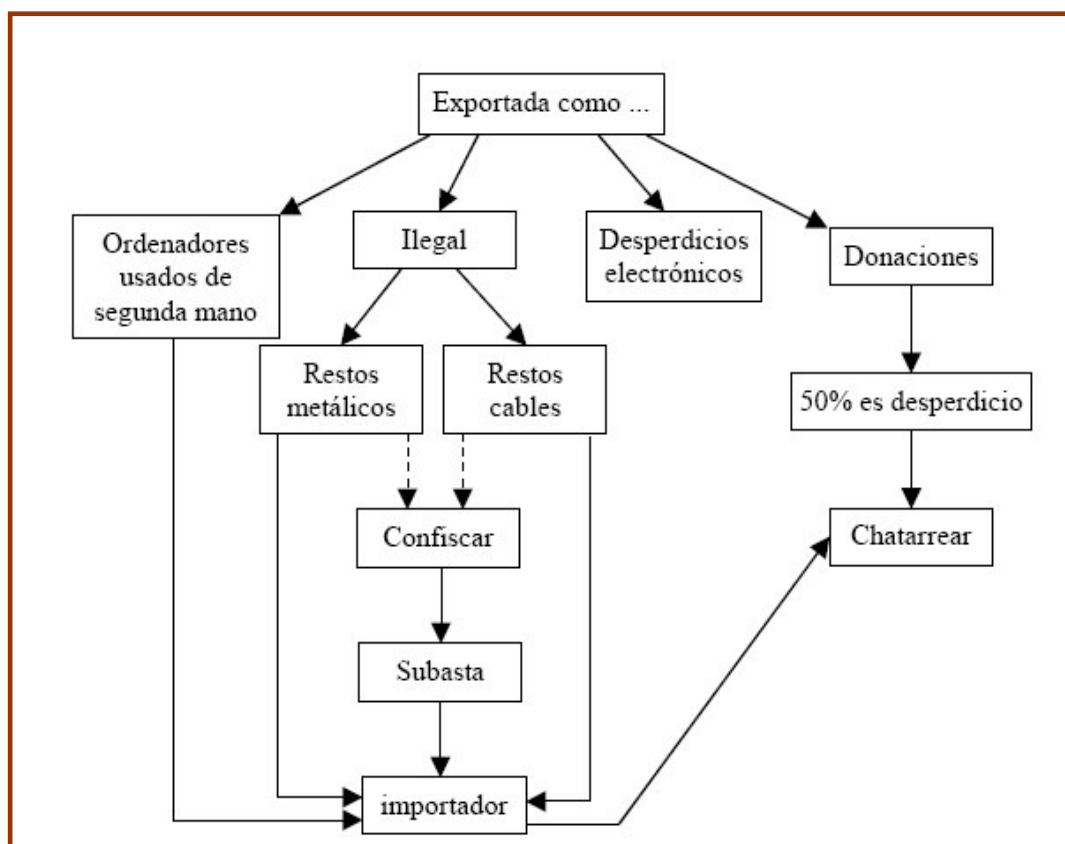


**Figura N° 3.** Modos de exportación de residuos electrónicos a países del tercer mundo.

Fuente. **Alejandro Castán Salinas.**

### **6.1.9. La gestión de los residuos sólidos en el Perú**

El manejo de residuos sólidos en el Perú es un tema que viene tomando importancia entre las autoridades del país y en la ciudadanía en general.

De acuerdo a la información presentada en el Plan Nacional de Residuos Sólidos (Consejo Nacional del Ambiente [CONAM], 2005) en el Perú sólo se recolecta 73.7% de los residuos sólidos municipales, lo cual representa 9,571 toneladas diarias. De este grupo, 19.7% se dispone adecuadamente en rellenos sanitarios, 14.7% es reaprovechado, 46% se dispone en botaderos controlados y el restante 19.6% es quemado, vertido a los ríos, mar, lagos o chancherías.

Al revisar la legislación peruana y su nivel de aplicación, se puede notar que muchas empresas presentan problemas para implementar y adecuar sus operaciones para cumplir la ley. Así, aunque en materia de gestión de residuos sólidos urbanos se han emitido muchas normas legales, la mayoría de los problemas todavía permanecen sin solución.

Todavía hay mucho por mejorar puesto que no existen los mecanismos suficientes y necesarios para abarcar todos los aspectos del manejo adecuado de los diferentes tipos de residuos sólidos que se generan.

### **6.1.10. Situación actual de la problemática y focalización del trabajo**

Es claro que la problemática que presentan los AEE al final de su vida útil, donde la perspectiva futura indica que el consumo seguirá en aumento. En la actualidad la gestión que se realiza de los mismos es principalmente informal, solamente algunas empresas privadas gestionan los AEE (tarjetas integradas o las mainboard) entregados por otras empresas, con el objeto de obtener beneficios económicos.

Sin embargo no existe un sistema de gestión mediante el cual las empresas y público en general puedan desechar adecuadamente sus AEE dentro de los cuales, se destacan las computadoras y los teléfonos celulares (excluyendo las baterías).

### **6.1.11. Beneficios de una gestión adecuada**

Hoy en día los AEE constituyen un peligro para el ambiente al final de su vida útil, por esto mismo es necesaria una gestión adecuada, entre otros, posee los siguientes beneficios:

- ✓ Previene la exposición a contaminantes.
- ✓ Disminuye la acumulación de residuos.
- ✓ Ahorra recursos naturales.
- ✓ Minimiza la cantidad de residuos que se dispone en los rellenos sanitarios.
- ✓ Genera ganancias mediante la venta de diferentes componentes recuperados.
- ✓ Crea empleo y capacitación.

El beneficio mas importante de una gestión adecuada es que evita el contacto de la población con las sustancias peligrosas que contienen los AEE. De esta manera se previenen posibles enfermedades y se disminuye el nivel de contaminación en el ambiente, mejorando la calidad de vida de la población.

Al ser tratados y recuperados, estos AEE y RAEE no terminan en rellenos sanitarios o botaderos, aumentando la vida útil de los mismos y al no degradarse, se evita la contaminación de las napas y suelos. La gestión de AEE y su tratamiento permite también la recuperación de sus componentes principales, como metales y plásticos que pueden ser reutilizados. Esto trae un importante beneficio, el ahorro de recursos naturales, especialmente en relación a los metales, donde su extracción consume una gran cantidad de recursos y genera efectos negativos sobre el ambiente.

La gestión adecuada de AEE y RAEE permite además obtener ganancias económicas a partir de la venta de los materiales recuperados para utilizarlos como materias primas en la fabricación de nuevos productos, lo que a su vez puede servir para financiar parte del sistema de gestión. Finalmente, una gestión adecuada también genera fuentes de trabajo para toda la cadena económica que interviene en el proceso de recolección, tratamiento y posterior venta de los materiales recuperados.

#### 6.1.11.1. Desarrollo Sostenible

El significado de desarrollo ha variado ampliamente, desde posiciones que lo identificaban solo con el crecimiento económico hasta definiciones mucho más integrales que consideraban que las personas tengan acceso a la subsistencia, protección, participación, identidad y libertad. Sin embargo las diferentes estrategias de desarrollo se han basado generalmente en artificializar el medio natural, lo que ha implicado costos ecológicos altísimos, evidenciando la necesidad de incorporar el tema ambiental dentro del concepto.

La sustentabilidad en términos ambientales se define como “una condición en que, en correspondencia con los horizontes de estrategias de desarrollo de largo plazo, sobre la base del acervo tecnológico que la sociedad posee, y considerando la posibilidad real que se tiene para acceder a los recursos materiales y energéticos, se logra la coexistencia armónica del hombre con el ambiente”. (Gligo, 2001, p. 34).

Si bien no fue hasta 1987 donde se define formalmente el término desarrollo sustentable por primera vez, debe considerarse como antecedente al surgimiento del término la publicación de Bertrand Russel, *Ética y Política en la Sociedad Humana*, donde afirma: “¿hasta que punto el bien presente puede ser sacrificado en aras de las generaciones futuras?. Por este motivo, al juzgar un país o un periodo, debería concederse importancia no solo a la felicidad diaria de los individuos implicados, sino su contribución a la civilización, que supone la reserva de todos aquellos bienes espirituales que distinguen al hombre del mono y al hombre civilizado del salvaje. So estas cosas las únicas que hacen que el hombre sea importante y cada generación es a su vez depositaria de ellas. Nuestra obligación suprema hacia la posteridad es transmitir el tesoro, no disminuido sino aumentado. Me gustaría creer que lo estamos realizando” (Russel, 1957, p. 139-140). Russel no menciona el término desarrollo sustentable como tal, enuncia sus fundamentos, ofreciendo una primera definición sobre este modelo de desarrollo.

En 1972, en el informe *Los límites del crecimiento* elaborado por el Club de Roma (2004), se relaciona el crecimiento económico global con la escasez de recursos naturales. En ese mismo año la ONU (1972) lleva a cabo la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano en Estocolmo, Suecia, que marca un hito en

el desarrollo de la problemática ambiental en el mundo y que por el otro lado es el inicio fundacional del derecho ambiental ya que es el primer documento sobre la temática ambiental que se da en un foro internacional. En esa época el tema aun no formaba parte de la agenda internacional ni era una preocupación de los gobiernos, que en su mayoría carecían de una institucionalidad para el sector.

En la declaración final de esta conferencia se resaltaba la responsabilidad de los seres humanos en la conservación de su ambiente y como consecuencia de ello fue creado el programa de las naciones unidas para el ambiente.

En 1987, se acuña oficialmente el término desarrollo sustentable en el informe *Nuestro Futuro Común* realizado por la Comisión Mundial sobre Desarrollo y Medio Ambiente (1991), también conocido como Informe Brundtland, debido a que la comisión era encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland.

Este informe define el término como: satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer la habilidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

En la teoría formal el término integra el sistema biológico, económico y social y las interacciones entre ellos, localizándose en la intersección de estos tres sistemas, representado en la figura N° 4.

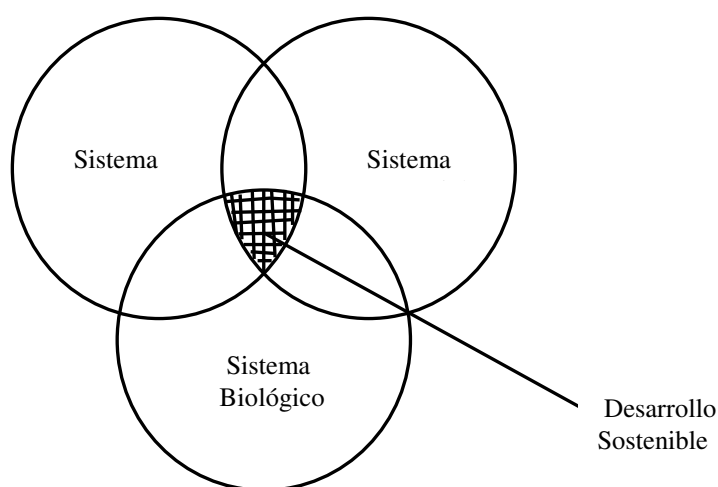


**Figura N° 4.** Las tres dimensiones del desarrollo sostenible  
Fuente. (Barbier, 1987)

Además estos tres sistemas también se relacionan con el sistema institucional, el cual actúa como generador de políticas y propuestas de gestión que influyen en el logro de un desarrollo que tienda a ser sustentable.

Sin embargo la interacción entre estos sistemas es demasiado compleja como para poder configurar relaciones en un único plano y formular indicadores de tercera generación que permitan medir o cuantificar el nivel de desarrollo sustentable alcanzado.

Mas allá de esta imposibilidad este concepto actúa como guía para atender a un desarrollo tanto económico como social que no perjudique al ambiente. Luego del Informe Brundtland, en 1992, la ONU (1992) convocó la Conferencia de naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida también como *Cumbre de la Tierra*, la cual fue realizada en río de Janeiro, Brasil. El compromiso más importante firmado en dicha conferencia es la Agenda 21 (también llamado Programa 21), que básicamente propone un plan de acción para lograr un desarrollo compatible con la conservación del ambiente.

Ya en el año 2002 en la ciudad de Johannesburgo, la ONU (2003) organizó la Conferencia de naciones unidas sobre Desarrollo Sustentable y como su nombre lo indica, el concepto ya ocupaba un papel importante a nivel internacional.

#### **6.1.11.2.- Desarrollo sostenible en el ámbito empresarial**

A partir de la década del noventa, el concepto de desarrollo sustentable comienza a ser considerado por parte de las empresas. Aunque el objetivo principal de las mismas sea la obtención de beneficios económicos, cada vez más se reconoce que también pueden contribuir al logro de objetivos sociales y ambientales.

El concepto de gestión por parte de empresas u organismos es tradicionalmente entendido como “el conjunto de diligencias que se realizan para desarrollar un proceso o para lograr un producto determinado” (Mora, Universidad de Antioquia, 1999) o con una connotación mas actualizada definida como una función institucional global e integradora de todas las fuerzas que forman una organización”,

gestión que debe ser también sustentable para acompañar el nuevo modelo de desarrollo.

Con la inserción del concepto de desarrollo sustentable en el ámbito corporativo, en 1995 fue creado el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) con sede en Ginebra, Suiza, conformándose una asociación mundial de más de 20 empresas que trabajan exclusivamente con el sector empresarial y el desarrollo sostenible.

El WBCSD (2007) provee una plataforma para que las compañías promuevan el desarrollo sustentable, compartiendo conocimiento, experiencias y buenas prácticas, trabajando con el gobierno, organizaciones no gubernamentales e intergubernamentales.

La responsabilidad por parte de las empresas en el marco del desarrollo sustentable según Elkington (1997) puede expresarse mediante el término “*Triple Bottom Line*”, en referencia a los niveles de comportamiento respecto a tres conceptos: beneficios económicos, cuidado del ambiente y bienestar social. El reconocimiento y la integración voluntaria de las preocupaciones sociales y ambientales en operaciones comerciales y las relaciones con los interlocutores se ha denominado responsabilidad social corporativa, y se espera que las empresas informen de manera transparente su comportamiento en estas tres áreas.

En relación a este tema, surge el pacto Global de naciones unidas (Global Compact, 2007), lanzado por el secretario general de las Naciones Unidas Kofi Annan. El mismo comenzó en julio del 2000, con el objetivo de que empresas, sindicatos y ONG’S colaboren en la consecución de mejoras sociales y ambientales a nivel mundial. Los diez principios del Pacto consideran temas relacionados con los derechos humanos, el trabajo, el ambiente y la corrupción, como se detalla a continuación:

### **Derechos Humanos**

Principio N° 1. Apoyar y respetar la protección de los derechos humanos.

Principio N° 2. No ser cómplice de abusos de los derechos.

### **Ámbito laboral**

Principio N° 3. Apoyar los principios de la libertad de asociación y sindical y el derecho a la negociación colectiva.

Principio N° 4. Eliminar el trabajo forzoso y obligatorio.

Principio N° 5. Abolir cualquier forma de trabajo infantil.

Principio N° 6. Eliminar la discriminación en materia de empleo y ocupación.

### **Medio Ambiente**

Principio N° 7. Apoyar el enfoque preventivo frente a los retos medioambientales.

Principio N° 8. Promover mayor responsabilidad medioambiental

Principio N° 9. Alentar el desarrollo y la difusión de tecnologías respetuosas del ambiente.

### **Anti-Corrupción**

Principio N° 10. Las empresas deberán trabajar contra la corrupción en todas sus formas, incluidas extorsión y criminalidad.

Las entidades se adhieren al Pacto en forma voluntaria y asumen el compromiso de informar a la sociedad acerca de los progresos que realiza, mediante la elaboración de informes de progreso.

También se considera el concepto de responsabilidad extendida de los productores (ERP) como un nuevo paradigma en la gestión de residuos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2007) ha definido este concepto como un enfoque de política ambiental en que la responsabilidad del productor por un producto se amplía a la fase post consumo del ciclo de vida del mismo. La política de la ERP se caracteriza por liberar de la responsabilidad a las municipalidades, para incluir los costos de tratamiento y eliminación de los residuos en el precio del producto, considerando los impactos ambientales y es dentro de este marco donde se ubica la propuesta de gestión sustentable de AEE y RAEE.

## **6.2. Marco Conceptual**

A continuación se detalla una lista de términos que serán utilizados con frecuencia a lo largo de toda la memoria del presente trabajo.

### **Aparatos eléctricos y electrónicos**

- AEE: Aparatos eléctricos y electrónicos. Comprende a todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos.
- Aparatos de IT: Aparatos aplicados en las Tecnologías de la Información.
- CPUs: Central Processing Unit. Componente de un PC.
- AEEE: Aparato de Equipos Eléctricos y Electrónicos.
- LCD: Pantallas de cristal líquido.
- Línea blanca: Línea de electrodomésticos compuesta por los que tradicionalmente han sido de color blanco, como pueden ser los frigoríficos, las lavadoras, refrigeradoras, cocinas y hornos.
- Línea gris: Línea de electrodomésticos compuesta por los que tradicionalmente han sido de color gris como son los equipos informáticos (teclados, CPUs,, ratones, etc.).
- Línea marrón: Línea de electrodomésticos compuesta por los que tradicionalmente han sido de color marrón como son los televisores, los equipos de música, los videos, etc.
- PBAs: Printed-Board Assemblies (conjunto de circuitos impresos).
- PC: Personal Computer (Computadora personal).
- PWBs: Printed Wiring Boards (conjunto formado por la tarjeta con circuitos impresos más los componentes montados sobre ella).
- RAEE: Residuos de Aparatos eléctricos y Electrónicos. A partir de que se desecha un aparato eléctrico o electrónico pasará a considerarse un residuo de este tipo.
- Residuos históricos: Son aparatos eléctricos y electrónicos que se comercializan en la actualidad, antes de implantarse las normativas legales y que en su día se transformarían en residuos.
- TIC: Tecnologías de la Información y de la Comunicación.
- TRCs: Tubos de Rayos Catódicos.
- WEEE: Waste from Electrical and electronic Equipment.

### **Instituciones, Organismos**

- Dirección General de Salud ambiental – DIGESA.

- EMPA
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI
- IPES
- Ministerio del Ambiente – MINAM.
- Superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT.
- San Antonio Recycling S.A., empresa comercializadora de residuos sólidos.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM.

### **Tratamiento de residuos**

- Desarrollo sostenible: desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin hipotecar la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.
- I + D: Investigación y Desarrollo.
- Reciclaje, reciclado: el procesado de los materiales de los residuos dentro de un proceso de producción, para su finalidad inicial o para otros fines, con excepción de la valorización energética, que es el uso de residuos combustibles para generar energía a través de su incineración directa con o sin otros residuos, pero con recuperación de calor.
- Reutilización: toda operación que permite destinar los RAEE o algunos de sus componentes al mismo uso para el que fueron concebidos.
- Tratamiento: cualquier actividad posterior a la entrega de los RAEE a una instalación para su descontaminación, desmontaje, trituración, valorización o preparación para su eliminación y cualquier otra operación que se realice con fines de valorización y/o eliminación de los RAEE.
- Valorización: el conjunto de procedimientos que permitan el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos (reutilización, reciclaje y recuperación), incluida la incineración con recuperación de energía, sin poner en peligro la salud humana ni utilizar métodos perjudiciales para el ambiente.

### **Materiales plásticos**

Materiales poliméricos naturales, homopoliméricos y copoliméricos

- ABS: Acrilnitrilo butadieno estireno.

- ABS-ASA-SAN: acrilnitrilo butadieno estireno, acrílico estireno acrilnitrilo, estireno acrilnitrilo.
- EP. Resinas epoxi.
- HDPE, PE-HD: polietileno de alta densidad.
- HIPS: poliestireno de alto impacto.
- PA: poliamida.
- PBT: polibutilenoterftalato.
- PBT/PET: polibutilenoterftalato, polietilenoeterftalato.
- PC: policarbonato
- PE: polietileno.
- PEBD, PE-LD, PE-LLD: polietileno de baja densidad.
- PET: polietilenoeterftalato.
- PE-X: polietileno entrecruzado.
- PMMA: polimetilmetacrilato, poli(metacrilato de metilo).
- POM: polioximetileno (poliacetal): poliformaldehido.
- PP: polipropileno.
- PPE: polifenilo éter, poli(éter propileno).
- PPO: polifenilo oxido.
- PPOX: poli(oxipropileno)
- PS: poliestireno. Existen dos modalidades: el PS rígido o modificado (SB) y el PS expandido (EPS).
- PTFE: fluoropolimeros.
- PUR, PU: poliuretano.
- PV: polivinilo.
- PVC: policloruro de vinilo.
- PVC-U: PVC sin plastificante.

- PVC-P: PVC plastificado.
- PVC-E: PVC expandido (en espuma)
- SAN: estireno/acrilonitrilo.
- UP: poliéster insaturado.

#### **Aditivos plásticos**

- BFR: Brominated Flame Retardants (retardantes de llama, pirorretardantes, ignifugantes bromados)
- Octa y deca BDE: octa y decabromo difenil éter.
- PBB: polibromofenilos, bifenilos polibromados.
- PBDE: polibromodifeniléteres, eteres de difenilo polibromado.
- PCB, PCBs: bifenilos polibromados.
- PCN: naftalato policlorato.
- TBBA: Tetrabromobifenil A.
- TBBPA: Tetrabromobisfenol A.

#### **Metales, vidrios y gases**

- Ag. Plata.
- Al: aluminio.
- Au: oro.
- Cd: cadmio.
- CFC, CFCs: clorofluorcarburo/s.
- Cu: cobre.
- Fe: hierro.
- HCFCs: hiroclorofluorocarburos.
- HFC: fluocarbonos halogenados.
- Hg: Mercurio.

- Li: litio.
- MGP: metales del grupo del platino.
- MP: metales preciosos.
- Ni: níquel.
- Pb: plomo.
- Pd: paladio.
- Pt: platino.
- Se: selenio.
- Te: telurio.

### **Unidades**

- Hab: habitantes.
- Kg, g: kilogramo, gramo.
- Km. Kilometro.
- m<sup>2</sup> : metro cuadrado.
- m<sup>3</sup>: metro cúbico.
- °C: grado centígrado.
- TM: tonelada métrica.

### **Conceptos básicos**

- Acondicionamiento: Todo proceso que permita preparar los residuos para un manejo seguro según su destino final.
- Acopio: Acción para reunir transitoriamente los RAEE en un lugar determinado denominado centro de acopio, de manera segura y ambientalmente adecuada, con la finalidad de facilitar su posterior manejo a través de Operadores de RAEE.
- Almacenamiento: Operación de acumulación de residuos en condiciones ambientalmente adecuadas y seguras en áreas diseñadas y construidas para tal fin en las instalaciones del productor o del operador de RAEE.

- **Centro de Acopio:** Lugar acondicionado para recibir y almacenar RAEE de forma segura y ambientalmente adecuada hasta que sean entregados a los Operadores de RAEE para continuar su manejo.
- **Componentes RAEE:** Partes contenidas en los aparatos eléctricos y electrónicos que se transforman en residuos al fin de su vida útil.
- **Componentes peligrosos RAEE:** Cualquier componente RAEE que contenga un material, sustancia o mezcla que se identifica como peligroso de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.
- **Consumidor:** Persona natural o jurídica que adquiere AEE para su uso, pueden ser diferenciados en tres segmentos: sector público, sector privado y hogares.
- **Descontaminación de RAEE:** Operación que comprende la separación de los componentes que contienen sustancias o materiales peligrosos, presentes en el RAEE como primer paso del desmantelamiento. Los componentes separados deben ser manejados para ser dispuestos en lugares adecuados de disposición final de acuerdo a la Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento, o reciclados, en el país (si existe la tecnología), o en el exterior.
- **Desmantelamiento/Desensamblaje:** Operación que consiste en desmontar los componentes del RAEE para el reaprovechamiento de los diferentes materiales.
- **Disposición final de residuos:** Procesos u operaciones para tratar y colocar en un lugar seguro, autorizado, de forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura los residuos resultantes del tratamiento de descontaminación de RAEE o los residuos o componentes no reaprovechables, como última etapa de su manejo.
- **Distribuidores:** Empresas especializadas en la venta de aparatos eléctricos y electrónicos, al consumidor final (empresas, instituciones, hogares). Provee información al cliente sobre el producto, facilita el acceso a la compra y ofrece servicio técnico post venta.
- **Empresa comercializadora de residuos sólidos (EC-RS):** Persona jurídica cuyo objeto social está orientado a la comercialización de residuos sólidos para su reaprovechamiento que se encuentra registrada en el Ministerio de salud para este fin.
- **Empresa Prestadora de Servicios (EPS-RS):** Persona jurídica que presta servicios de residuos sólidos mediante una o varias de las siguientes actividades: limpieza de vías y espacios públicos, recolección y transporte, transferencia, tratamiento o disposición final de residuos sólidos.
- **Generadores de RAEE:** Persona naturales o jurídicas que en razón de sus actividades generan RAEE, sea como productor, importador, distribuidor,

comerciante o usuario/consumidor. También se considerará generador al poseedor de RAEE, cuando no se pueda identificar al generador real.

- Importadores: Empresas que se dedican a la importación de AEE completos, o de partes para el ensamblaje local para su posterior comercialización. En este grupo también se encuentran las empresas fabricantes que están representadas en el país.
- Instalaciones de tratamiento autorizadas: Infraestructuras autorizadas por la autoridad competente, para tratar los RAEE para su reaprovechamiento o para su disposición final.
- Manejo de RAEE: Toda actividad administrativa y operacional que involucra, la generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los RAEE, con la finalidad de lograr un manejo adecuado minimizando los riesgos para la Salud de los trabajadores y la comunidad.
- Operadores de RAEE.- Empresas registradas y autorizadas por la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA como EPS-RS o EC-RS, que se encargan del manejo total o parcial de los RAEE en instalaciones adecuadas. Realizan actividades de recolección, transporte, almacenamiento, segregación y/o tratamiento para reaprovechamiento o disposición final de los RAEE.
- Periféricos: Unidades o dispositivos a través de los cuales un equipo se comunica con otros equipos, o los sistemas que almacenan o archivan la información, así como todo conjunto de dispositivos que permitan realizar operaciones de entrada/ salida complementarias al proceso de datos que realiza la CPU. Ejemplos: teclado, ‘ratón’, impresora, escáner, entre otros.
- Prensado: Operación mecánica que consiste en reducir el tamaño de los residuos eléctricos y electrónicos por aplicación de presión, para facilitar su manejo (almacenamiento o transporte).
- Prevención: Toda medida destinada a reducir la cantidad y peligrosidad de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, y de los materiales y sustancias contenidos en los mismos para la salud de las personas y el ambiente.
- Productor de AEE: Persona natural o jurídica que realiza actividades vinculadas a los aparatos eléctricos y electrónicos en cualquiera de las siguientes modalidades:
  - a) Fabricantes o ensambladores que comercialicen AEE sin marca o con marca propia
  - b) Importadores de AEE con marca propia del fabricante
  - c) Importadores de componentes de AEE que ensamblen y vendan AEE con marca propia del vendedor
  - d) Distribuidores de AEE
  - e) Comercializadores de AEE

- Reacondicionamiento: Proceso por el cual los RAEE son reparados para ser reusados/reutilizados con el fin original u otros propósitos como dispositivos eléctricos o electrónicos.
- Reaprovechamiento: Volver a obtener un beneficio del RAEE o de sus componentes. Se reconoce como técnicas de reaprovechamiento el reciclaje, la recuperación y la reutilización.

## CAPITULO 7.- MARCO LEGAL

La legislación Peruana cuenta con normas legales relacionadas al ambiente. La constitución de 1993 en el título I “De la persona y la Sociedad”, en el Capítulo I “Derechos Fundamentales de la Persona” y el Título III “Del régimen Económico”, en el Capítulo II “Del ambiente y los Recursos Naturales”.

El código Penal, Decreto Legislativo N° 635, lo estipula en el Título XIII de los “Delitos Contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente” en el Capítulo Único de los “Delitos Contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente”.

- a. Ley N°27657, Ley General de Salud (enero 2002), define las competencias del Ministerio de Salud, en lo que respecta a la protección del ambiente para la salud.
- b. Ley N°27972, Ley Orgánica de Municipalidades, define las competencias de los gobiernos locales en materia de gestión ambiental. Incluye como competencia exclusiva la gestión de los residuos sólidos urbanos.

- c. Ley N°27314, Ley General de Residuos Sólidos (10.07.2000).

Constituye el marco legal para el manejo de los residuos sólidos, peligrosos y no peligrosos, dentro de los cuales están incluidos los PCB. En esta norma no se involucran los residuos líquidos, que se contemplan recién con la promulgación del Reglamento respectivo.

- d. D.S. N°057-2004-PCM, Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos (22.07.2004)

En este reglamento se incluyen en el anexo V, B1.11 “*montajes eléctricos y electrónicos*” ítems i, ii y iii; mientras no se promulgue una norma específica, se sometan a las disposiciones de la Ley para su manejo ambiental y seguro, a través de empresas registradas (EPS-RS ó EC-RS) y autorizadas por la DIGESA para el tratamiento y disposición final de los mismos.

- e. Modificatoria de la Ley N°27314, Ley General de Residuos Sólidos, aprobada con Decreto Legislativo N°1065 de 27 de junio de 2008, que modifica los artículos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16, 19, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 44, 48, 49 y 50 de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.
- f. Directiva N°013-2013/SBN denominada Procedimientos para la Gestión adecuada de los Bienes Muebles estatales calificados como Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos-RAEE, aprobada con Resolución N°027-2013/SBN.
- g. El Plan de Acción Ambiental-PLANAA PERÚ 2011-2021, aprobado con Decreto Supremo N°014-2011-MINAM, que incluye dentro de sus estrategias de residuos sólidos, incrementar el reaprovechamiento y disposición adecuada de los residuos de los RAEE.
- h. Resolución Legislativa N°26234, Aprueba el Convenio de Basilea sobre el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos. (19.10.93), por el cual se adoptan las medidas para el adecuado intercambio de información sobre los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y el adecuado control de tales movimientos.
- i. Ley N° 28611, Ley General del Ambiente (15.10.2005). El cual dispone que las instalaciones destinadas a la fabricación, procesamiento o almacenamiento de sustancias químicas peligrosas o explosivas deben ubicarse en zonas industriales, conforme a los criterios de la zonificación aprobada por los gobiernos locales. Art. 23° (23.3). También se incluyen disposiciones para el control de sustancias químicas. Art. 83° (83.1, 83.2) y se establece la responsabilidad del generador sobre el manejo de los residuos peligrosos.
- j. Ley N° 28256, Ley para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos (19.06.2004) y su Reglamento D.S. N° 021-208-MTC que promulga las disposiciones generales para el transporte de residuos peligrosos.
- k. D.S.N° 067-2005-RE (10.08.05), Ratificación del Convenio de Estocolmo por parte de nuestro país. Mediante este documento se establece el compromiso del

Perú para cumplir con las disposiciones del Convenio de Estocolmo, el mismo que se convierte en un instrumento jurídico vinculante de carácter supranacional.

1. D.S. N°001-2012- MINAM (27.06.2012), Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Cuyo objetivo principal es establecer un conjunto de derechos y obligaciones para la adecuada gestión y manejo ambiental de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) a través de las diferentes etapas de manejo: generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final, involucrando a los diferentes actores en el manejo responsable, a fin de prevenir, controlar, mitigar y evitar daños a la salud de las personas y al ambiente.

### **7.1.- Compromisos Internacionales asumidos**

Entre estos, se pueden señalar los Acuerdos Ambientales Globales que el país ha suscrito y/o ratificado entre los que se puede señalar:

***Convenio de Rotterdam*** sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo para ciertos Químicos Peligrosos y Plaguicidas en el Comercio Internacional, aprobado el 10 de septiembre de 1998 en Róterdam, Holanda y ratificado por Perú el 10 de Agosto del 2005. Los objetivos del mismo son:

- Promover la responsabilidad compartida en la esfera del comercio internacional de ciertos Productos Químicos Peligrosos.
- Proteger la Salud Humana y el Ambiente
- Facilitar el Intercambio de Información mediante un proceso nacional de adopción de decisiones sobre importación y exportación de Productos Químicos.

***Convenio de Basilea*** sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y otros Desechos y su eliminación, el cual fue firmado el 22 de marzo de 1989 en Basilea – Suiza y ratificado por el Perú en 1994, siendo sus objetivos:

- Reducir al mínimo, controlar estrictamente los movimientos transfronterizos de desechos y eliminarlos de manera ambientalmente racional.
- Reducir al mínimo la generación de residuos peligrosos tanto en términos de cantidad como de peligrosidad
- Eliminar los residuos peligrosos tan cerca como sea posible de la fuente de generación.

Categoriza a los materiales provenientes de montajes eléctricos, circuitos impresos, circuitos integrados, microprocesadores, memorias, capacitares, contactos y conectores, como no peligrosos, siempre que no contengan componentes tales como acumuladores y otras baterías incluidas en la lista A del Convenio, o no estén contaminados con elementos del Anexo I (contaminados por ejemplo con cadmio, mercurio, plomo, PCBs, entre otros) o que se hayan extraído de los componentes hasta el punto de que no se muestren ninguna de las características enumeradas en el Anexo III (por ejemplo explosivos, inflamables, infecciosos, corrosivos, tóxicos).

Sin perjuicio de lo antedicho, el Convenio de Basilea permite al país miembro definir como residuos peligrosos en su ordenamiento nacional a residuos no alcanzados por el Anexo I y II del mismo.

Las listas A y B del convenio cuentan con entradas inequívocas para los RAEE, siendo A1180 considerado residuos peligrosos, mientras que los residuos electrónicos enumerados en la B1110 han sido explícitamente considerados no peligrosos.

- ✓ Entrada A1180, como “montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitares de PCBs, o contaminados con constituyentes del Anexo I en tal grado que posean alguna de las características del Anexo III” (Convención de Basilea, 1989).
- ✓ Entrada B1110 montajes eléctricos y electrónicos:
  - Montajes electrónicos que consistan solo en metales o aleaciones.
  - Desechos o partes de montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos) que no contengan componentes tales como

- acumuladores y otras baterías incluidas en la lista A, interruptores de mercurio, vidrio procedente de tubos de rayos catódicos u otros vidrios activados de PCBs, o no estén contaminados con elementos del Anexo I o de los que esos componentes se hayan extraído hasta el punto de que no muestren ninguna de las características enumeradas en el Anexo III.
- Montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables) destinados a una reutilización directa y no al reciclado o a la eliminación final” (Convenio de Basilea, 1989).

***Convenio de Estocolmo***, Instrumento Internacional que el Perú firmó el 23 de mayo en el 2001 y ratificó el 10 de Agosto del 2005, consciente que al amparo de este Convenio velará por la Salud Humana y el Ambiente, protegiéndolos de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (DDT, Aldrín, Eldrín, Endrín, Clordano, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex, Toxafeno, Bifenilos Policlorados, Dioxinas y Furanos). Sus beneficios y alcances del mismo, están en gran medida supeditados a que la población lo conozca y lo cumpla.

## **CAPITULO 8.- MARCO METODOLOGICO**

### **8.1. Materiales y Métodos**

La metodología de la investigación está basada en recopilación de información y en el diagnóstico realizado por instituciones públicas (por ejemplo DIGESA) y privadas (por ejemplo IPES) en temas de protección al ambiente y como actividad que se realiza en el Perú se presenta el modelo desarrollado por la empresa San Antonio Recycling S.A., que actualmente tiene un efecto multiplicador.

También se ha recopilado información de Aduanas para obtener las cantidades importadas de equipos electrónicos nuevos y usados, así como también los componentes o equipos electrónicos exportados; revisión de estadísticas del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI), Proyecto de NTP. Gestión Ambiental. Gestión de Residuos. Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Generalidades y el Proyecto De “Reglamento De Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos”; ambos documentos avalados por el Ministerio del Ambiente. Así como, información del Diagnóstico del Manejo de los Residuos Electrónicos en el Perú, de IPES y la información de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA.

### **8.2. OPCIONES PARA LA GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE RAEE.**

#### **8.2.1 Experiencia de reciclaje desarrollado por la empresa San Antonio Recycling S.A.- Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos.**

La empresa San Antonio Recycling S.A. cuya actividad principal es la comercialización de residuos, con énfasis en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), ha generado que esta actividad lo tomen como ejemplo otras empresas del mismo rubro.

La planta ubicada en San Juan de Lurigancho tiene una capacidad para tratar 1000 toneladas de residuos. El manejo de estos residuos se da en el marco del “Proyecto Responsabilidad Social Empresarial para el Manejo de los Residuos de Aparatos

Eléctricos y Eléctricos en el Perú”, emprendido por el Ministerio del Ambiente, la Embajada Suiza, el EMPA –Swiss Federal Laboratories for Materials Science & Technology, el Comité de Tecnologías de la Información de la Cámara de Comercio de Lima, entre otras instituciones.

San Antonio Recycling S.A., está comprometido con la problemática de la contaminación ambiental causado por la mala disposición de los RAEE y ha logrado constituirse como la empresa comercializadora y empresa prestadora de servicios de residuos sólidos (EC-RS y EPS-RS) más grande a nivel nacional en el manejo y tratamiento de RAEE, especializado en partes de computadoras y desechos afines. (Tomado de su página web).

El tratamiento que realiza esta empresa presenta las siguientes etapas:

A. Ingreso, recibe equipos en estado integro o en piezas tales como:

- CPU
- Monitores (CRT, LCD, Plasma)
- Televisores (CRT, LCD, Plasma)
- Laptops
- Teclados
- Mouse
- Scanner
- Copiadoras
- Impresoras
- Equipo de Audio y video
- Teléfonos (fijos y móviles)
- Centrales telefónicas
- Electrodomésticos (Sin Refrigerantes)
- Productos electrónicos de uso personal.

B. Separación de materiales, desensamblan los equipos y seleccionan los accesorios de acuerdo a sus características, ejemplo: diodos, resistencias, filtros, pantallas, tarjetas, etc.

C. Tratamiento (desensamblaje, prensado), en esta parte se realiza la compactación o prensado para reducir el volumen de los residuos.

- D. Reciclaje, los accesorios que se obtienen de la etapa de desensamblaje son probados y si están en buen estado son comercializados, para los fines que fueron fabricados.
- E. Disposición final, consiste cuando el residuo no puede ingresar a la etapa de rehúso, dado que ha cumplido su ciclo de vida, entonces se procede a su disposición final (relleno de seguridad) o tratamiento para transformarlo en otro producto.
- F. Reacondicionamiento, se refiere cuando el equipo puede ser recuperado para ser utilizado como tal, para el fin para el cual fue creado.



**Figura N° 5. Almacenamiento**  
Fuente. **San Antonio Recycling S.A.**



**Figura N° 6. Separación y desensamblaje de materiales**  
Fuente. **San Antonio Recycling S.A.**



**Figura N° 7. Prensado**  
Fuente. **San Antonio Recycling S.A.**

**TABLA N° 7. Exportación de RAEE**

| Empresa                           | Residuo                   | Cantidad <sup>TM</sup> (2014) |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Química del Pacífico              | Tarjetas Electrónicas     | 500                           |
| San Antonio Recycling             | Residuos Electrónicos     | 8400                          |
| Samsung Electronics Sucursal Perú | Cartuchos de tóner vacíos | 30 000 unidades               |
| Hewlett Packard Perú S.R.L.       | Cartuchos de tóner vacíos | 70000 unidades                |

**Fuente.** Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA-2014

### 8.2.2 Proceso de reciclaje de frigoríficos

Como ocurre con otros electrodomésticos, los frigoríficos usados contienen sustancias nocivas que es preciso extraer para evitar que se difundan sin control por la atmósfera o en aguas subterráneas. Los contaminantes más perjudiciales que contienen, son dos:

Aceites en el circuito de refrigeración por un lado, y por otro, los CFCs contenidos en este circuito y en las espumas aislantes de sus paredes. Se debe considerar, sin embargo, que el caso de los frigoríficos es un caso singular de electrodomésticos, pues desde el año 1995 hubo un cambio sustancial en su diseño. La industria se vio obligada, gracias al Protocolo de Montreal y sus posteriores revisiones, a cambiar la tecnología y sustituir la utilización de CFCs por la de gases inocuos para el ambiente. No obstante, considerando que los frigoríficos son electrodomésticos de larga duración

(aproximadamente quince años como media) y que son de uso básico (el 99,9% de hogares cuentan como mínimo con una unidad), se puede esperar que el volumen de frigoríficos usados, que contienen CFCs.

El tratamiento específico para los frigoríficos en el centro consta de varias etapas. Al inicio del proceso se realiza la extracción del CFC y aceite del circuito mediante un equipo compacto que aspira su contenido y separa las fracciones de aceite y CFC automáticamente, facilitando su reciclado posterior. La extracción de CFC-11 de las espumas aislantes es más complicada, pues no se halla concentrada ni separada sino inmersa en las celdas del poliuretano. Para conseguir un buen rendimiento de la extracción, se tritura todo el mueble primeramente y posteriormente se compactan los pequeños trozos de espuma separados, todo ello en cámaras cerradas. De esas cámaras, el CFC extraído se conduce a un equipo capaz de retenerlo y licuarlo, ya sea mediante equipos de filtros de carbón activo o bien mediante equipos de licuación directa con nitrógeno.

Paralelamente a todo ello, también tiene lugar el reciclado y separación de los materiales que componen los frigoríficos. En una primera etapa por separación manual se extraen frontales y bandejas de aluminio, cables exteriores eléctricos y vidrio de las bandejas, en una segunda etapa, por una separación automática de la ya fracción triturada, mediante un extractor magnético y una mesa densimétrica se obtienen acero, aluminio, cobre y plásticos.

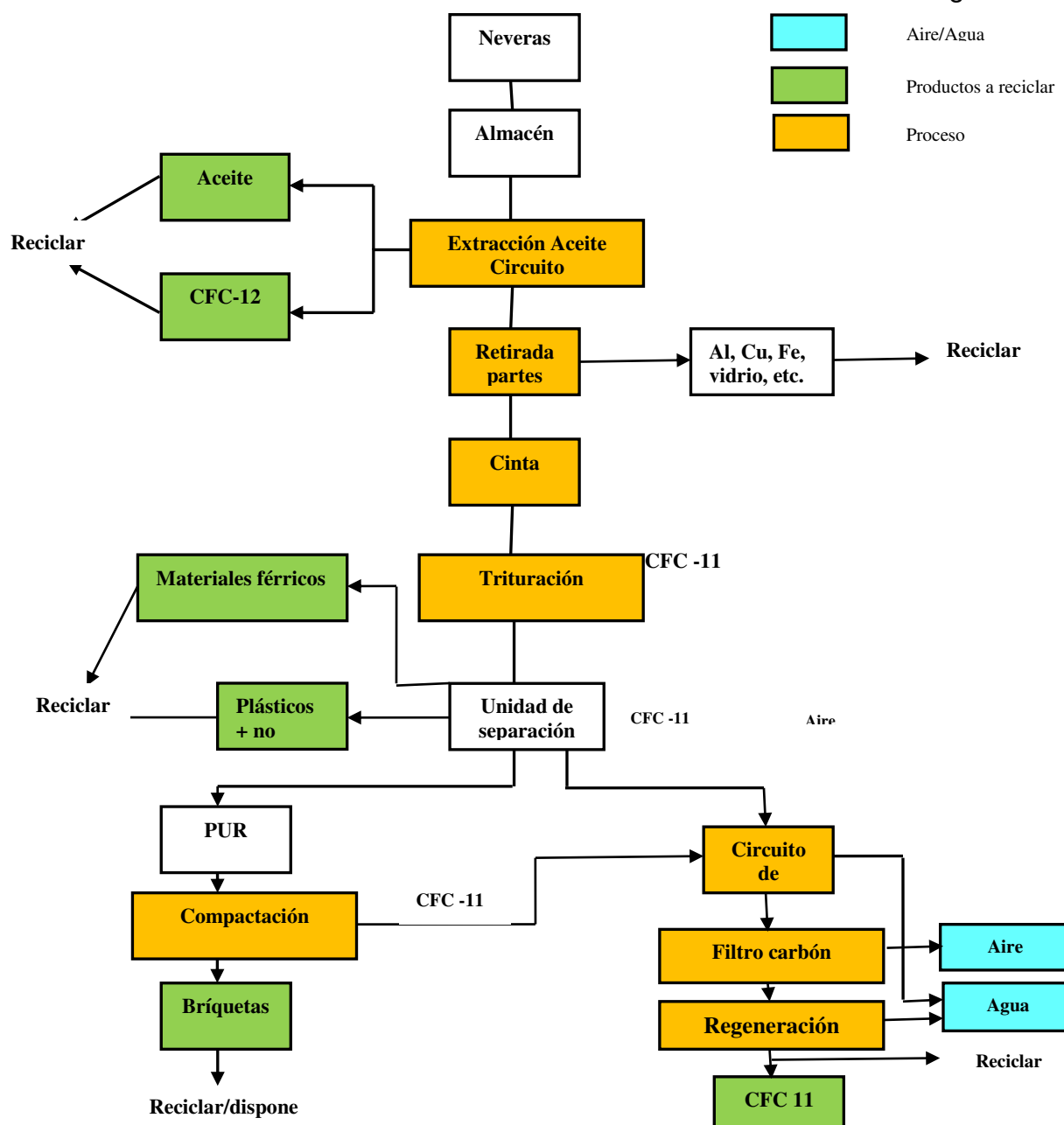


**Figura. N° 8** Esquema del proceso de tratamiento y reciclaje de frigoríficos.

Fuente. TPA S.A., ubicado en el Centro de tratamiento de El Pont de Vilomara i Rocafort- España.

### 8.2.3 Centro de valorización de RAEE

Este centro realizará la recogida, reciclaje y valorización de los siguientes aparatos eléctricos y electrónicos averiados, obsoletos o en desuso:

- Equipos de tecnología informática y telecomunicaciones (computadoras, teléfonos, impresoras, etc.). Equipos de imagen y sonido (televisores, vídeos, etc.). Pequeños electrodomésticos (aspiradores, molinos de café, etc.). Juguetes y equipos para el ocio.

El tratamiento de estos equipos seguirá las siguientes etapas:

- Desmontaje de equipos no reutilizables con los siguientes objetivos:
- Recuperación de componentes para nuevos equipos.
- Recuperación del material reciclable como materia prima para otros usos: metales (aluminio, cobre, hierro, etc.), plásticos, papel.
- Separación de materiales para un tratamiento específico externo en plantas especializadas.
- Trituración del material reciclable como materia prima para otros usos con el objetivo de separarlos en sus correspondientes fracciones.

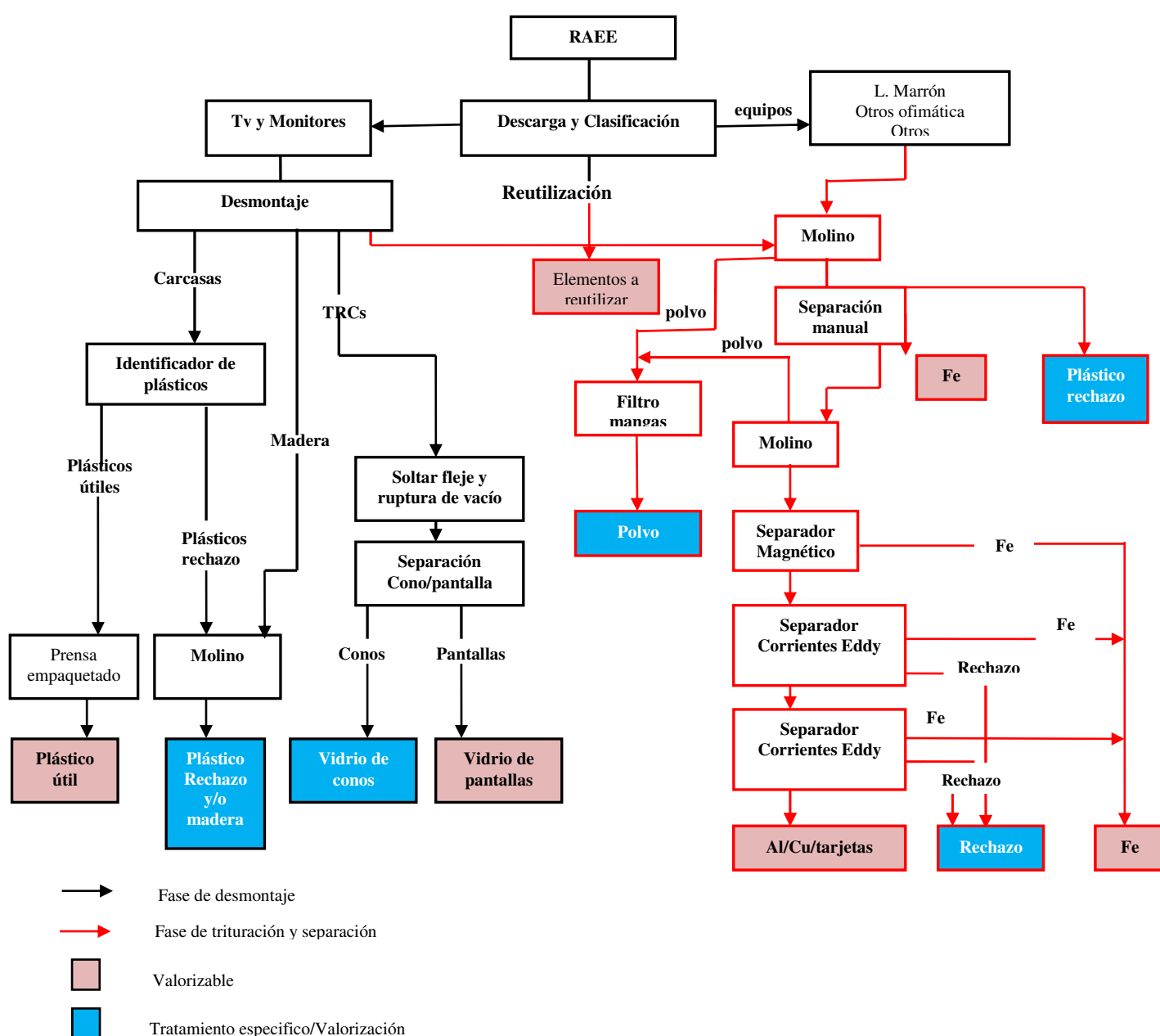


**Figura. Nº 9.** Esquema del proceso de valoración de RAEE.

Fuente. **PILAGEST S.L. e Indumental Recycling S.A.** ubicado en el Centro de tratamiento de El Pont de Vilomara i Rocafort- España.

### 8.2.4 Ciclo general de reciclado de los RAEE

Una vez detalladas las distintas experiencias llevadas a cabo, en Europa y en España, en recogida y reciclaje de RAEE, ya se puede crear un esquema genérico del ciclo de reciclado de estos residuos. Para RAEE desechados que no tienen posibilidades de reutilización ni de recuperación de componentes o subconjuntos, se pueden distinguir cinco corrientes que predeterminan un posterior tratamiento, que en sí, suponen una especialidad técnica y/o comercial. Estas cinco corrientes son las siguientes:

- Grandes instalaciones que, generalmente, exigen un desmontaje previo in situ.
- Equipos que contienen vidrio activado o con plomo.
- Equipos que pueden contener CFCs, HCFCs o similares.
- Equipos sin vidrio y sin CFCs o similares con un cierto valor intrínseco.
- Equipos de iluminación.

Todos los equipos, independientemente de la corriente de tratamiento de la que procedan, deben someterse a un proceso de preparación y descontaminación donde se separan los componentes potencialmente peligrosos.

Para manipular estos residuos peligrosos debe disponerse de una autorización de gestor, emitida por la autoridad medioambiental competente. La descontaminación puede realizarse, dependiendo del componente a separar y la técnica disponible, antes o después del desmantelamiento.

Una vez descontaminado, se procede a la obtención de fracciones conteniendo materiales relativamente homogéneos que permiten un tratamiento específico posterior eficiente. Estas fracciones son:

- Fracción compleja rica en metales.
- Fracción de vidrios.
- Fracción de plásticos.
- Residuos finales.
- Componentes potencialmente peligrosos.

Cada una de estas fracciones requiere un tratamiento especializado que consiste básicamente en la progresiva liberación de los materiales valorizables y la obtención de concentrados, que cumpliendo ciertas especificaciones, los hacen aptos como materia prima secundaria, o en su caso, como residuos finales en los procesos correspondientes.

Las tres filosofías principales para el tratamiento de reciclaje de los RAEE son la aplicación de procesos mecánicos, procedimientos térmicos y tratamientos no térmicos o químicos [Brodersen, K. et al (1992)].

El proceso mecánico se realiza con el objetivo de separar las partes macroscópicas de los residuos y para ello se utilizan molinos de martillos, clasificadores y separadores para clasificarlos en diferentes fracciones. Estas fracciones suelen remitirse a otras compañías para someterlas a otros tratamientos.

Los tratamientos térmicos que utilizan los RAEE como materia prima son usualmente procesos para la fundición de cobre. En este proceso se añaden los residuos mientras el cobre se transforma. En el transformador se recuperan los materiales plásticos, mientras que el hierro y el aluminio se transfieren a la escoria, y los metales preciosos se aíslan después del proceso a refinamiento electrolítico del cobre en el lodo del ánodo.

En el tratamiento químico o no térmico se pueden recuperar los metales existentes en los residuos electrónicos, en particular de tarjetas de circuitos impresos y de componentes electrónicos, mediante la utilización de ácidos o de lixiviación cáustica. También existen procesos de reciclado químico para los materiales plásticos, como son la glicolisis, la hidrólisis, la hidrogenación y la gasificación, entre otros.

Dentro de los procesos químicos para la recuperación y reciclado de metales se sitúa el tratamiento hidrometalúrgico, el cual consiste esencialmente en una sucesión de separaciones sólido-líquido. De esta manera se somete a los materiales a una operación de lixiviación, normalmente mediante un ácido o bien a veces con un alcalino. La lixiviación dispondrá ciertos elementos en disolución y otros los mantendrá insolubles, los cuales se filtrarán posteriormente. La torta del filtro probablemente se deberá volver a lavar con el objetivo de liberarla de impurezas indeseadas, como es el caso de ciertos componentes insolubles que cristalizan y permanecen en la parte insoluble hasta que desaparecen al limpiar. La disolución normalmente debe purificarse mediante la adición de polvo de zinc o de aluminio, o bien cambiando el pH o la temperatura. A continuación se filtra el precipitado. [Goldschmidt, J. (1992)].

Según un estudio alemán [Brodersen, K. et al (1992)], el proceso de reciclaje de los RAEE ideal podría iniciarse con métodos mecánicos para desarrollar la trituración y la

clasificación de las diferentes fracciones, seguido de una extracción de metales por el método hidrometalúrgico. Aparte de estas soluciones, los metales se pueden aislar mientras los medios de extracción se regeneran para su posterior uso. Los residuos de la lixiviación pueden clasificarse en plásticos libres de metal, óxidos refractarios y cristales. En este mismo estudio se añade que la combinación del proceso de lixiviación junto a un tratamiento térmico minimiza con éxito el residuo resultante, un 35% en peso, en comparación con el de lixiviación aislado, un 72% en peso, o con el tratamiento térmico, un 67% en peso.

A continuación, en la Figura N° 10, se exponen los pasos a seguir, explicados anteriormente, para conseguir un tratamiento medioambientalmente correcto de los RAEE.

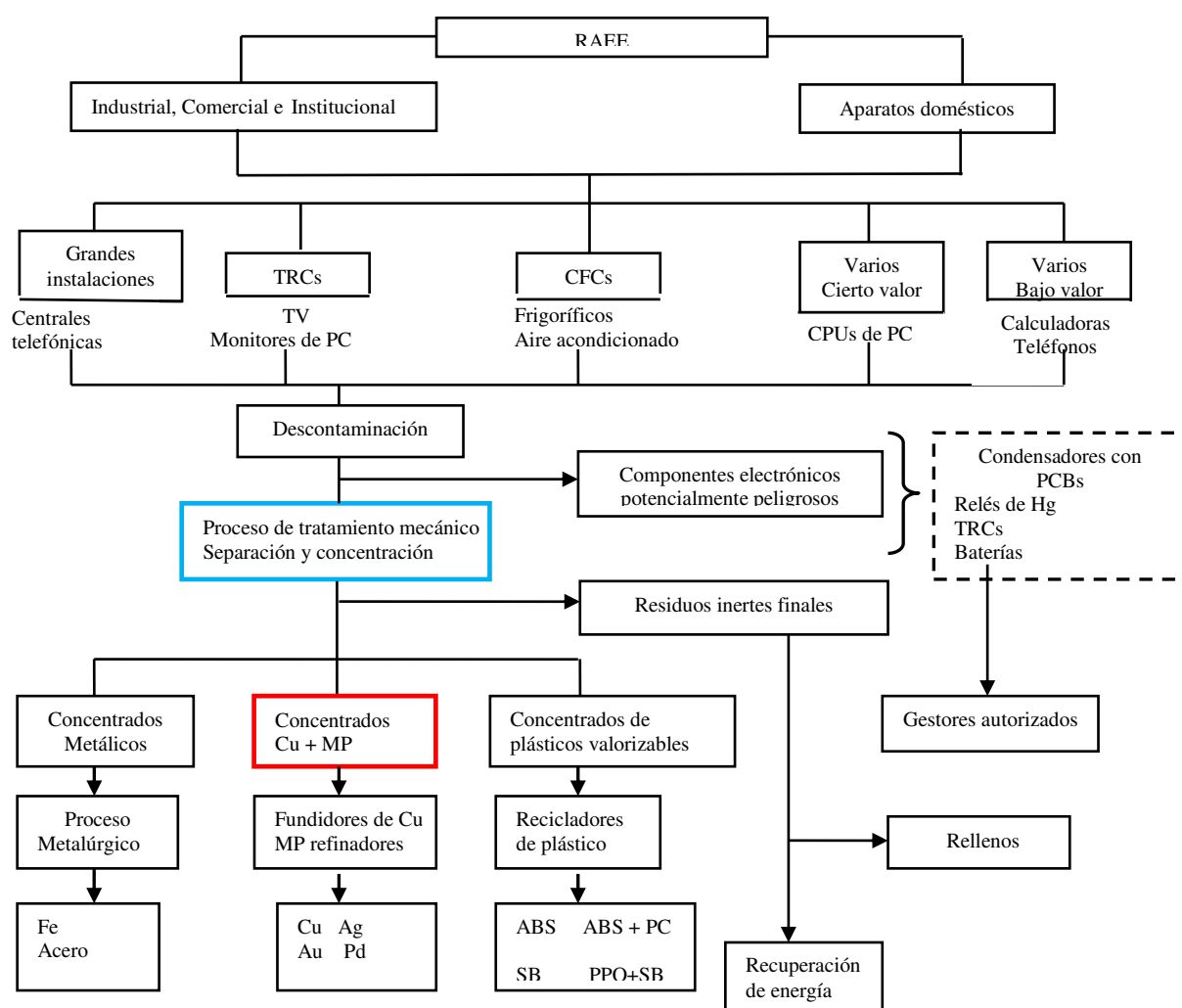


**Figura N° 10.** Ciclo general del reciclado de los RAEE.  
Fuente. Goldschmidt, J. (1992).

Como se puede observar en la figura anterior, Figura N° 9, después de descontaminar los residuos, se somete a éstos a un seguido de operaciones mecánicas para separarlos y clasificarlos en diversas fracciones. Como detalle de estas operaciones, se adjunta la siguiente Figura N° 11, donde la parte en azul corresponde a la fase señalada con el mismo color en la Figura N° 10.

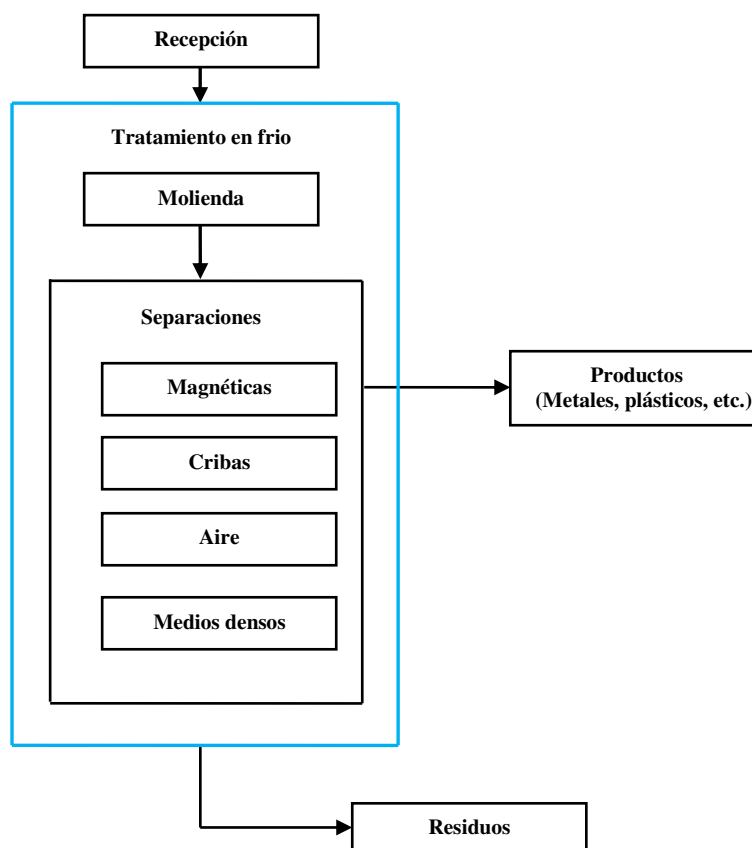


**Figura N° 11.** Proceso de tratamiento mecánico y separación en diversas fracciones.

Fuente. [Goldschmidt, J. (1992)].

Una vez obtenidas las diferentes fracciones de productos, se procederá al refinado y reciclado de cada una de ellas. Tradicionalmente los metales preciosos (MP) han sido los productos más recuperados a partir de los RAEE, debido, sobre todo, a su elevado valor y su gran campo de aplicación en los equipos electrónicos y eléctricos. A continuación, se esquematiza, en la Figura N° 11, el proceso general de recuperación de los MP, donde la parte en anaranjada corresponde a la fase señalada con el mismo color en la Figura N° 9.

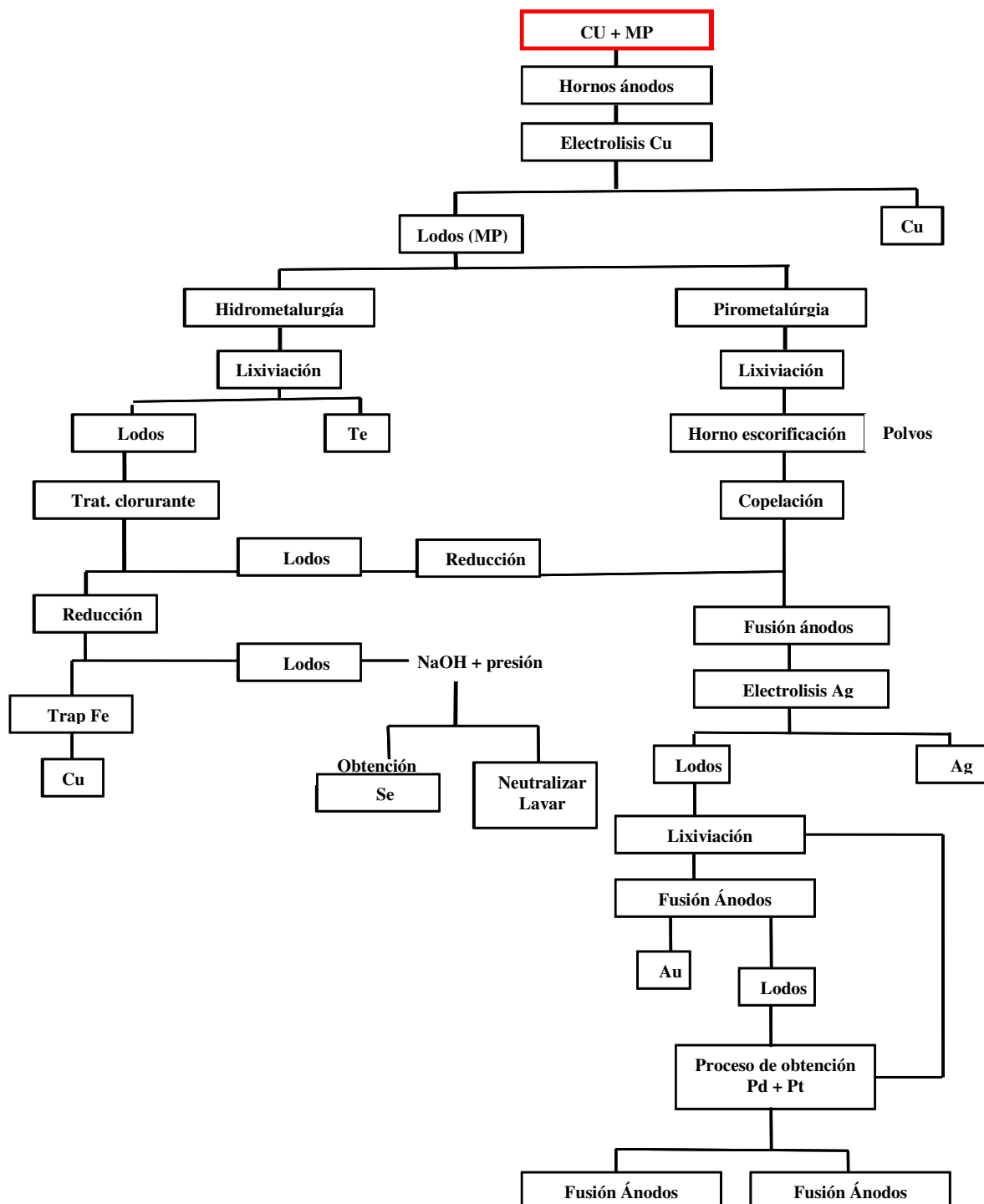


**Figura N° 12.** Ciclo general del proceso de recuperación del Cu y los MP.  
Fuente. [Goldschmidt, J. (1992)].

Realizando una revisión de los diferentes análisis tecnológicos desarrollados a escala de la Unión Europea, en general se puede observar que las técnicas de pretratamiento aplicadas a los RAEE pueden ser:

- Desensamblaje no destructivo.

- Desensamblaje parcialmente destructivo.
- Tratamiento completamente destructivo.

El aspecto clave es la determinación de las diferentes opciones de los siguientes procesos de tratamiento de los RAEE incluyendo los impactos tanto económicos como medioambientales de la cadena completa de gestión de RAEE después de la recogida.

Existe un amplio consenso sobre que el punto de arranque para la cadena de gestión post-recogida de los residuos de AEE serán los llamados centros de procesado de RAEE.

Estos serán operados por actores industriales con la visión de tratar y desmontar los RAEE en elementos estructurales para ser reutilizados, reciclados o eliminados. El tipo de elementos estructurales en que se desmontan los RAEE dependen del contenido de elementos peligrosos de los distintos componentes, del valor de mercado para su reutilización, y de las opciones de reciclaje y eliminación disponibles, las cuales a menudo dependen de las condiciones locales. Por el momento el trabajo de desmontaje se está llevando a cabo básicamente de forma manual. Sin embargo, se espera que en el futuro la automatización y la robotización vayan a ser gradualmente introducidos como resultado en el progreso en el diseño para el reciclaje.

Las dos grandes alternativas de tratamiento y procesado son del tipo “desmontaje + reutilización de componentes” versus “fragmentación / fusión / incineración para la recuperación de metales / energía”.

Las cuestiones clave dentro de estas estrategias están en torno al nivel de desmontaje óptimo previo a la fragmentación y respecto a la aceptabilidad de las consecuencias medioambientales derivadas de la recuperación de energía y fusión de los metales. Dada la gran variedad de los RAEE se va a realizar un estudio independiente para cada sector generador de residuos.

### **8.2.5 Electrodomésticos grandes**

La cuestión sobre si los electrodomésticos grandes (línea blanca fundamentalmente como son lavadoras, secadoras, lavavajillas, centrifugas, hornos, lavadoras/centrifugadoras combinadas) deben de ser procesadas en las plantas de fragmentación

de coches existentes o en fragmentadoras especiales para electrodomésticos ha sido investigada sistemáticamente en Alemania, Austria y Holanda.

De acuerdo con un estudio holandés [Ihobe, Sociedad pública de Gestión Ambiental], en el caso de utilizar fragmentadoras de coches, el pretratamiento necesario se limita a desmontar los condensadores que contienen PCB, con el fin de evitar la contaminación de la fracción ligera de fragmentación. Este estudio holandés encontró que el 12,6% de todos los electrodomésticos grandes contienen condensadores con PCB. Basándose en el hecho de que los condensadores fabricados después de 1984 están libres de PCBs, el estudio calcula que residuos de EEE sospechosos de contener PCBs representarán una preocupación hasta aproximadamente el año 2015. Antes de esta fecha los condensadores deberán ser separados y se deberá controlar si contienen PCB. Por otro lado, las fragmentadoras de electrodomésticos exigen un desmontaje completo de componentes tales como tambores, motores eléctricos, contrapesos, condensadores, plásticos, relojes, etc., antes de pasar a la fragmentación. Este desmontaje puede obligar a la necesidad de reciclar los plásticos contenidos en los electrodomésticos, lo cual resulta un punto importante dado que los electrodomésticos cada vez contienen más plástico.

Las experiencias operacionales disponibles muestran unas posibilidades de reciclaje de materiales de alrededor de un 90% por electrodoméstico en el caso de fragmentadoras para electrodomésticos a un coste sustancialmente superior en comparación con las fragmentadoras de coches donde se puede conseguir un reciclaje del material de un 75%. A pesar de las ventajas económicas que presentan las fragmentadoras de coches, las experiencias realizadas han mostrado que el tratamiento combinado de coches y electrodomésticos afecta negativamente a la separación global del material y aumenta la cantidad de residuo de fragmentación que tiene que ser depositado en vertederos.

Respecto al tema de los frigoríficos y congeladores en su fin de vida, la mejor información disponible procede de Alemania, donde existe una capacidad de reciclaje de 3,2 millones de unidades/año regularmente distribuida por todo el territorio. Previamente al reciclaje de los materiales contenidos en estos aparatos hay que proceder al drenaje de todos los refrigerantes que contienen CFCs. Tras la operación de fragmentación, el residuo ligero proviene del poliuretano de aislamiento que contiene

todavía cantidades apreciables de CFCs, que pueden ser drenadas posteriormente aplicando técnicas químicas, como por ejemplo la desgasificación. El residuo ligero de poliuretano que contiene más de un 0,5% de CFCs no puede ser reciclado y se envía a las incineradoras municipales.

### **8.2.6 Pequeños Electrodomésticos**

Un estudio alemán exploró las posibilidades de tratamiento para los electrodomésticos pequeños que normalmente acaban en la bolsa de la basura. En dicho informe se concluyó que alrededor de un 20% de estos aparatos contienen sustancias peligrosas en cantidades significativas [Ihobe, Sociedad pública de Gestión Ambiental]. El estudio encontró que el 59% de los RAEE pequeños están formados por metales (38% Fe y 21% no-Fe) que pueden ser recuperados mediante técnicas de procesamiento mecánico y posteriores tratamientos en procesos metalúrgicos. En relación al 41% restante no metálico, los principales componentes son plásticos mezclados, textiles, madera y vidrio. El estudio concluye que no existe ninguna opción de reciclaje debido al alto nivel de contaminación que presenta (compuestos orgánicos bromados, PCB, Hg, Cd, Pb, Ni). El estudio sugiere optar por la recuperación energética para la parte de esta fracción que pueda ser descontaminada y la eliminación final para el resto del material.

### **8.2.7 Reciclado de teléfonos móviles**

Los tipos de residuos que generan los móviles pueden clasificarse en baterías, que pueden ser terminales ión de litio (Li-on), las de níquel y cadmio (Ni-Cd) y las de hidruro metálico de níquel (NiMH)), en terminales (carcasas de plástico y placas de circuitos impresos) y en accesorios (los cargadores, el teclado, la antena, etc.). El proceso de recuperación de estos componentes, según el procedimiento seguido por la empresa vasca Indumetal Recycling, consiste de tres fases: descontaminación, trituración y posterior venta. Las baterías de los teléfonos son elementos considerados peligrosos y perjudiciales, por lo que se deben separar manualmente y enviarlas a un gestor específico. En la primera fase las baterías se extraen del aparato telefónico y son clasificadas según su composición para remitirlas a un gestor autorizado de residuos peligrosos. De la misma manera, las pantallas de cristal líquido (LCD) tienen que desmontarse manualmente para tratarlas.

El resto se somete a un proceso específico de trituración a través de diversos molinos con el objetivo de liberar los distintos componentes. Después, por un sistema de concentración y separación, se recuperan los distintos tipos de materiales que componen los teléfonos móviles para luego enviarlos a un tratador final que se encargará de su reincorporación en la cadena de producción.

Los componentes metálicos son recuperados tras la trituración a la que son sometidos. Se pueden recuperar los distintos metales y el plástico que contiene la carcasa del celular. Gracias a este proceso, el 92,5% del teléfono es recuperado y reciclado y sólo resta un residuo final compuesto de caucho y polímeros. Con este proceso, todos los elementos obtenidos mediante el reciclaje son utilizados como materia prima de la industria, con el consiguiente ahorro de recursos naturales.

Por otra parte, el proyecto ECTEL [Mccartney, B. (1998). Take-back of Cellular Phones. ECTEL] procedió en primer lugar a realizar un esfuerzo para evaluar la opción de “fragmentación + fusión para la recuperación de metales” versus “desmontaje y reutilización de componentes”. El estudio concluye que la mejor opción desde el punto de vista medioambiental es el desmontaje y la reutilización de componentes, sin embargo, alerta sobre que la adopción de esta opción puede no ser sostenible en el futuro, para el caso de los teléfonos móviles, debido a que la creciente sofisticación tecnológica puede dejar obsoletos a los componentes antes de que puedan ser reutilizados.

### **8.2.8 Aparatos con pantallas**

La actual falta de un flujo estable de TRC (Tubos de Rayos Catódicos), debido a que no existen actividades de recogida sistemáticas de este tipo de aparatos a escala europea, parece ser el mayor impedimento para el desarrollo de plantas de reciclaje apropiados a gran escala. Se estima que la producción anual de TRC en Europa es del orden de 606.000 toneladas y que se importan además unas 80.000 toneladas [Ihobe, Sociedad pública de Gestión Ambiental]. Se han ensayado algunas posibles soluciones para la gestión de TRC que contienen plomo en Alemania, Austria y Holanda. Las soluciones consideradas de futuro pueden ser las siguientes:

- Reciclaje para la fabricación de nuevos TRC.
- Reciclaje para aplicaciones del vidrio o de la cerámica.
- Utilización de los TRCs como agente fundente en las fundiciones de plomo.

Se presentan serias barreras de tipo técnico y económico en el reciclaje para la producción de TRC nuevos, lo que hace que el porcentaje de TRC reciclable se sitúe en un 55% mientras que el 45% restante debe de ser enviado a la industria cerámica. Se estima que a nivel europeo se podría conseguir establecer el potencial de reciclaje de los TRC en 88.000 t/año (la producción total de vidrio del cono es de 176.000 t/año). La evaluación del potencial de reciclaje de TRC en fundiciones de cobre y plomo da como resultado un orden de 6.000 t/año.

### **8.2.9 Tarjetas de circuitos impresos**

Las tarjetas de circuitos impresos son difíciles de reciclar debido principalmente a su contenido en materiales plásticos y en particular de aquellos que contienen retardantes de llama bromados.

Las tarjetas de circuitos impresos se construyen a base de plásticos (resinas) termoestables con fibra de vidrio como material esquelético y provistos de aditivos pirorretardantes. Diferentes componentes eléctricos tales como semiconductores, resistores, condensadores, chips, etc. se montan sobre las tarjetas y se interconectan mediante soldadura de plomo y otros metales pesados, es lo que se conoce por Printed Wiring Boards (PWBs). Los metales como el Cu, Ag, Au, Pd y Pt se recuperan en fundiciones de metales. El contenido en peso de plomo de las tarjetas es de un 0,14% para un circuito con mucha densidad y de alrededor de un 0,1% para un convertidor completo.

Uno de los métodos de reciclado utilizados es la pirolización, donde la resina termoestable se descompone térmicamente, sin embargo los productos generados en la combustión pueden ser complicados y críticos de controlar. Este proceso requiere de sistemas de filtrado y tratamiento para las emisiones atmosféricas sofisticados y costosos.

Se ha llevado a cabo un proyecto de carácter multinacional (Intelligent Manufacturing Systems) financiado por el Programa Competitive and Sustainable GROWTH de la Unión Europea con el que se ha pretendido desarrollar una tecnología innovadora que incluye, en primer lugar, la etapa de separación y recuperación de componentes válidos para su reutilización y en segundo lugar, el tratamiento de los materiales que constituyen las tarjetas de circuitos impresos utilizadas en ordenadores, teléfonos, televisores, etc. Para su posterior reciclado [Gaiker proyecto mundial (I.M.S.) de reciclado. (2002, diciembre)]. La gran cantidad de pequeñas piezas, componentes, soldadura y

materiales utilizados en su fabricación, dificultan enormemente la separación, el reciclado y reutilización de las mismas.

Este proyecto tiene como objetivo principal la sustitución del plomo, tradicionalmente considerado como sustancia peligrosa y limitado por la actual Directiva europea, que se viene utilizando como componente de la soldadura en la fabricación de tarjetas de circuitos impresos, por otros materiales menos perjudiciales para el ambiente como las aleaciones de estaño, plata y cobre y minimizar de forma sustancial su repercusión medioambiental y sobre la salud humana. La importancia económica del reciclado de los materiales preciosos (oro, plata, platino, etc) utilizados en la fabricación de tarjetas de circuitos impresos, el volumen del vertido en el estado español cercano a las 200.000 toneladas durante el año 2000 y que en Europa alcanzará la cifra de 7,4 millones de toneladas en el año 2004, justifica la importante participación internacional en la realización del mismo. El proyecto se ha desarrollado a través de un importante consorcio internacional formado por empresas, centros de investigación y universidades pertenecientes a países

### **8.3 Metales preciosos**

Los metales preciosos (MP), como el oro y la plata, y los metales del grupo del platino (MGP), como el platino, paladio, radio, iridio, osmio y rutenio, juegan un papel clave en las industrias eléctricas y electrónicas. El reciclaje de estos materiales tiene un impacto significativo en las cantidades que deben ser importadas cada año. Por ejemplo, aproximadamente el 25% de la demanda total de MP de todos los usos industriales se encuentra en material reciclado.

Los MP son esenciales en aplicaciones electrónicas y eléctricas a causa de su baja resistencia de contacto y de su buena resistencia a la corrosión y a la oxidación. Esto, junto a su alto valor en el mercado, los hace susceptibles de ser recuperados a partir de los residuos que los contienen y es por este motivo por el que se han desarrollado gran cantidad de procesos y tratamientos para su recuperación.

Los pasos típicos del proceso para la recuperación de MP a partir de RAEE incluyen el desmontaje manual o una preparación mecánica seguida de una incineración, una separación y una clasificación. La recuperación final normalmente se lleva a cabo mediante un proceso de lixiviación y precipitación seguida de una fundición en flujo, un refinado y una fundición. La pureza final y los usos de los materiales reciclados son comparables a la de los producidos a partir del mineral virgen.

### 8.3.1 Naturaleza y cantidad

Los MP están contenidos en platings de varios grosores, puntos de contacto de relés, contactos de interruptor, cables, soldaduras, transistores, placas de circuitos impresos, baterías y termopares. Los MP pueden estar en forma de aleación, o bien forma casi pura; sin embargo, los RAEE suelen contener solamente una pequeña parte de MP. Se pensaba que a partir de los años 60 el contenido de MP en las piezas individuales de AEE descendería; sin embargo, el número total de piezas ha incrementado al igual que lo ha hecho también la demanda de metales preciosos en la industria electrónica. En la siguiente Tabla N° 8, se detallan las estimaciones sobre la cantidad común de MP en los RAEE.

**TABLA N° 8.** Cantidades de metales preciosos presentes en los RAEE

|       | Libra de 12 onzas/tonelada de RAEE | Gramos/tonelada de RAEE |
|-------|------------------------------------|-------------------------|
| Oro   | 2 – 10                             | 750 - 3700              |
| Plata | 4 - 100                            | 15000 - 37000           |
| MGP   | ➤ 1                                | ➤ 370                   |

Fuente. [Riley, W.D; Daellenbach, C.B; Gabler, R.C.Jr. (1990)].

La composición en peso aproximada de RAEE procesados a mediados de los años 80 era del 30% de plásticos, el 30% de óxidos refractarios, el 40% de metales no preciosos incluyendo cobre, hierro, níquel, estaño, plomo aluminio y zinc y el 0,305% de metales preciosos. La Tabla 9, muestra las cantidades consumidas de metales preciosos por las industrias fabricantes de AEE [Riley, W.D; Daellenbach, C.B; Gabler, R.C.Jr. (1990)].

**TABLA N° 9.** Consumo estimado de MP para la fabricación de AEE

| Consumo estimado en miles de gramos |           |            |
|-------------------------------------|-----------|------------|
| Metal                               | Año 1986  | Año 2000   |
| Oro                                 | 399.110   | 932.500    |
| Plata                               | 644.700   | 11.563.000 |
| Platino                             | 27.975    | 55.950     |
| Paladio                             | 93.250    | 167.850    |
| Rodio                               | 2.990     | 4.480      |
| Iridio                              | 375       | 1.120      |
| Rutenio                             | 26.845    | 37.300     |
| Osmio                               | 375       | 375        |
| TOTAL                               | 1.195.260 | 12.762.575 |

Fuente. [Riley, W.D; Daellenbach, C.B; Gabler, R.C.Jr. (1990)]

### 8.3.2 Opciones preliminares del proceso de recuperación

Típicamente, se utilizan varias técnicas para liberar los metales preciosos o para concentrarlos. La regla general es que, a mayor concentración de metales preciosos en el residuo, mayor es la ganancia económica. Las tecnologías utilizadas para recuperar estos metales a partir de RAEE incluyen el desmantelamiento manual y segregación, proceso mecánico para mejorar el residuo y varios tratamientos hidrometalúrgicos, pirometalúrgicos o electrometalúrgicos con el objetivo de concentrar o recuperar los MP. En la siguiente Tabla N° 10, se detallan las características de estos procesos. [Riley, W.D; Daellenbach, C.B; Gabler, R.C.Jr. (1990)].

**TABLA N° 10.** Opciones de proceso de reciclaje de MP en los RAEE

| Proceso                                                    | Comentarios                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Extracción química                                         | Solamente de uso en superficies de oro descubiertas. Recuperación ~ 90%                                                                        |
| Tratamiento químico (disolución ácida)                     | Requiere ácidos agresivos. El material encapsulado en cerámico no se recupera. Produce grandes volúmenes de efluente de metal base             |
| Granulación y separación física                            | Los MP de residuo mezclado se dispersan en todas las fracciones, aunque la mayor parte se concentra en dos fracciones.<br>Recuperaciones ~ 80% |
| Quemado y fusión (previo desmantelamiento mecánico manual) | Adecuado para todos los residuos.<br>Recuperaciones cercanas al 85%                                                                            |

Fuente. [Riley, W.D; Daellenbach, C.B; Gabler, R.C.Jr. (1990)].

Como consecuencia de la complejidad de las operaciones de recuperación, existen numerosos pasos a seguir hasta converger en el proceso de refinado, usualmente llevado a cabo por diferentes compañías, teniendo en cuenta que cada paso que se realiza añade mayor coste al metal refinado.

En la siguiente Figura 12, se muestran posibles opciones de recuperación de MP para RAEE. No todas las opciones se usan para cada tipo de residuos, y en algunos casos se requieren pasos adicionales. Por ejemplo, el MP precipitado está normalmente tan finamente dividido que se necesita líquido fundición en flujo antes de refinar y fundir.

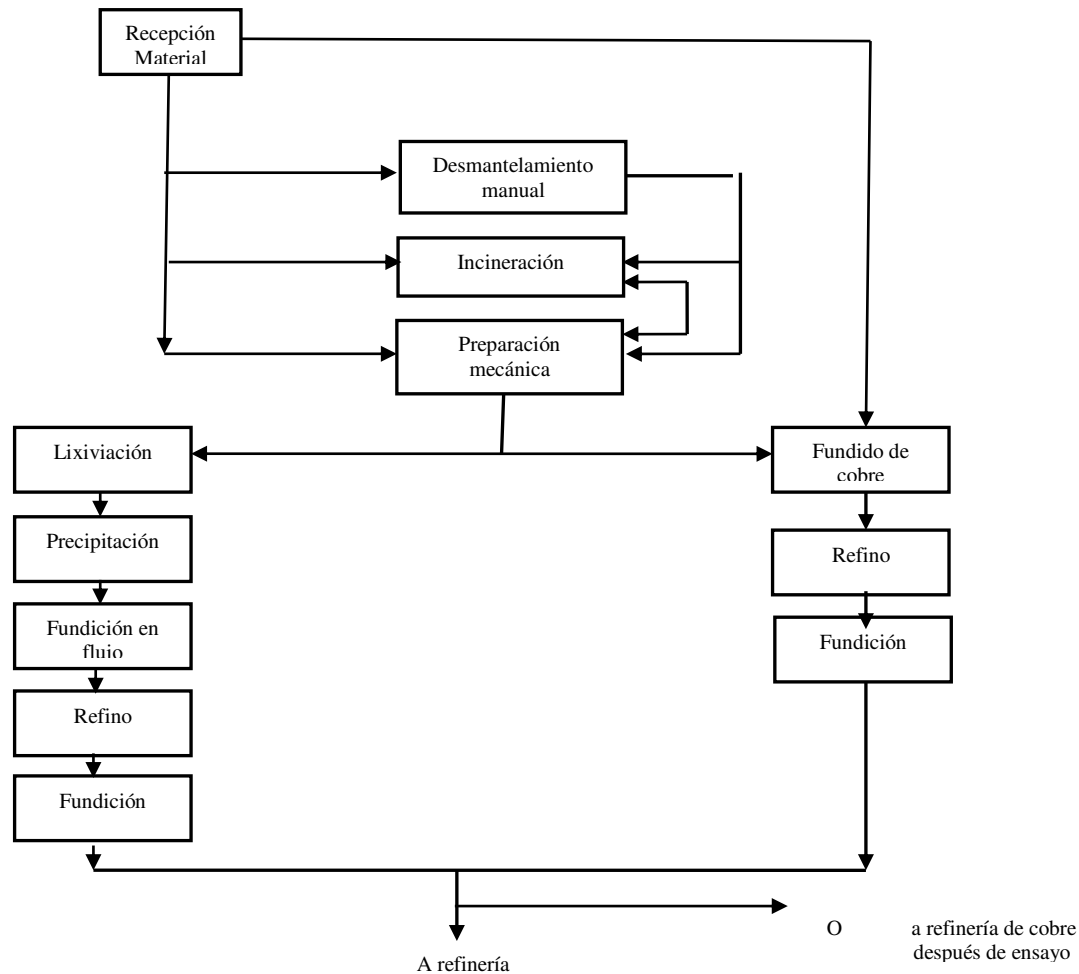


**Figura N° 13.** Posibles opciones de recuperación de MP para RAEE  
 Fuente. Riley, W.D; Daellenbach, C.B; Gabler, R.C.Jr. (1990).

En la mayoría de los casos, el desmantelamiento inicial consiste en cortar conectores, sacar placas de circuitos impresos, buses, y demás. Las otras partes que no contienen materiales preciosos, separadas durante este desmontaje manual inicial, normalmente pueden generar renta suficiente como pagar este paso del proceso. Las fracciones típicamente separadas por el desmontaje son hierro, aluminio, hilo de cobre y sólidos, mezcla de partes rotos, materiales que contienen metales preciosos y piezas reutilizables.

Las operaciones mecánicas típicas en este proceso de reciclaje suelen ser la molienda con martillos, la clasificación por aire, la separación magnética, la mampara vibratoria, la pantalla separadora de cables, la separación por corrientes turbulentas (eddy) y la separación por alta tensión. Las grandes cantidades de oro y de plata y de los metales del grupo del platino están siempre concentradas en el producto de metal de alta tensión.

El proceso mecánico y el desmantelamiento manual puede reducir enormemente los costes de envío y tributos de refinamiento, eliminando la mayoría de los materiales extraños.

El material concentrado de MP puede ser procesado por semirrefinadores, los cuales recolectan el material tras el desmontaje inicial y procesan más adelante. Estas empresas pueden limpiar químicamente los plásticos de las placas de circuitos impresos, o incinerarlos a temperaturas de entre 400 y 500 °C, seguido de un troceado o desmenuzado de los componentes. Un paso adicional puede incluir la pulverización de condensadores para dejar una pasta, que contenga los metales preciosos, y fundir los materiales en barras para su envío a las refinerías. Otro procedimiento consiste en incinerar plásticos y otros elementos orgánicos, seguido de una lixiviación cáustica del residuo con NaOH para eliminar el aluminio, y finalizando con su fusión para producir un producto homogéneo. Un análisis típico de los lingotes resultantes mostraba que estaban compuestos por un 85% de Cu, un 4% de Fe, 0,2% Al, 9.440 g/t de plata y 740 g/t de oro [Riley, W.D; Daellenbach, C.B; Gabler, R.C.Jr. (1990)]. A estos lingotes se les puede realizar un electrorefinado para llevar a cabo la recuperación del cobre presente, y los metales preciosos, los cuales se concentran en las impurezas del ánodo, pueden procesarse para su reconversión en una refinería de MP.

Otro enfoque en la separación de metales, novedoso pero también costoso, propone evitar cualquier proceso mecánico o desmantelamiento / segregación manual mientras aún se esté concentrando los metales preciosos. Este proceso implica extraer el aluminio del resto de residuo mediante la aplicación de calor. Tanto el cobre como los MP se disuelven en el lingote debido a su alta insolubilidad en el aluminio fundido. Finalmente el lingote de aluminio se refina en una celda de electrorefinado de tres capas, donde los MP se concentran en el metal del ánodo.

Todavía existe otro proceso que implica una separación manual para extraer carcasas voluminosas de aluminio, un posterior desmenuzado y una separación magnética, seguido de una incineración y fundición del material permanente para formar un lingote frágil. Este procedimiento se ha usado en conjuntos parciales, pins y conectores. El lingote, consistente en aluminio, cobre, hierro, manganeso, níquel, zinc y metales preciosos, es prensado y el material se agita con una solución de sulfato de cobre

acidificada para conseguir la cementación del cobre. La fracción de hierro del material desmenuzado se utiliza como agente cementante. El precipitado de cemento de cobre contiene más del 90% de los metales preciosos ya que un análisis del precipitado típico tras la cementación muestra que la composición consta de 89% de Cu, 1,1% de Fe, 0,32% de Pb, 0,36% de Sn, 1,5% de insolubles, 113 g/t de oro y 325 g/t de plata [28]. Tras fundir y separar el producto de la cementación en un ánodo, a éste se puede realizar un electrolisis, donde el metal del ánodo contendrá a los MP listos para enviar a la refinería.

## 8.4 Materiales plásticos

Los materiales plásticos se obtienen por procesos de síntesis química, polimerización y policondensación, la mayoría a partir de derivados de naftas. Los elementos químicos que los componen, su configuración y la longitud de la cadena molecular, condicionan sus propiedades físico-químicas, las cuales a su vez determinan las características de procesamiento para su moldeado (transformado a piezas) y sus prestaciones.

Técnicamente los materiales plásticos se dividen en dos grandes familias:

- **Termoestables:** son cadenas entreligadas químicamente, lo que comporta que las piezas, una vez moldeadas, no se puedan modificar sin destruir la estructura molecular con la consiguiente alteración de propiedades. De aquí que su reciclado quede limitado a su trituración e incorporación a nuevas masas de materiales, aunque existen determinados materiales plásticos termoestables, como por ejemplo el poliuretano, al cual se le pueden aplicar métodos de reciclado químicos. Los plásticos termoestables se consideran potencialmente reciclables mecánicamente.

- **Termoplásticos:** son cadenas libres que a temperatura ambiente se presentan estado sólido, funden por calor y por tanto se pueden moldear repetidas veces.

Por este motivo pueden ser fácilmente reciclables. No obstante, según la aplicación que se les da y las condiciones de reprocesado, van sufriendo ligeras alteraciones que conllevan la modificación de sus propiedades, por lo que deben desecharse después de 5-7 ciclos de procesamiento. Una característica inherente a su estructura química es la poca compatibilidad entre productos de diferentes

familias por la baja solubilidad de un polímero en otro o por sus aditivos, quedando rebajadas las propiedades mecánicas de las mezclas respecto de las de los materiales homogéneos.

Entre los polímeros más frecuentes cabe destacar los estirénicos como el ABS (acrilnitrilo butadieno estireno) o el HIPS (poliestireno de alto impacto), las poliolefinas como el HDPE (polietileno de alta densidad) o el PP (polipropileno), y el PVC (policloruro de vinilo).

Son muy pocos los polímeros básicos (conocidos también como resinas) que se utilizan o procesan sin mezclar; la mayoría de los plásticos son mezclas de polímeros y aditivos formuladas para que tengan exactamente las propiedades que se requieren para una aplicación concreta. A continuación se detalla en la Tabla N° 11, los aditivos más usuales presentes en los materiales plásticos. [Grupo Técnico del Convenio de Basilea].

**TABLA N° 11. Aditivos plásticos más frecuentes**

| <b>Material</b>                                             | <b>Grado de concentración</b> |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Antioxidantes                                               | Hasta el 11%                  |
| Sustancias para rellenar                                    | Hasta el 40%                  |
| Agentes espumantes                                          | Hasta el 2%                   |
| Intensificadores de la resistencia al impacto/endurecedores | Hasta el 10%                  |
| Pigmentos y tintes                                          | Hasta el 5%                   |
| Plastificantes                                              | Hasta el 40%                  |
| Termoestabilizantes o fotoestabilizantes                    | Hasta el 5%                   |
| Pirotardantes                                               | Hasta el 15%                  |

Fuente. [Grupo Técnico del Convenio de Basilea].

Para el final de la vida útil de los RAEE será preciso contar con tecnologías capaces de realizar una rápida identificación y clasificación automática de los plásticos, en función del tipo de polímero, de los aditivos (halogenados u otros alternativos), metales pesados, pigmentos y cargas, de manera que su proceso de reciclado sea controlado con garantía de calidad y económicamente viable.

En la siguiente Tabla N° 12, se muestran los diversos aditivos como pigmentos, ignifugantes y colorantes que suelen incorporar los plásticos, sobre los cuales hay que aplicar notables esfuerzos de identificación con el fin de obtener fracciones homogéneas y reciclables.

**TABLA N° 12.** Polímeros y aditivos más frecuentes en el sector de los AEE

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Polímeros</b>             | PS, ABS, SB o HIPS<br>PC, ABS+PC<br>PPE, PPE+SV o PPOm, PPE+PA<br>PVC<br>PP/PE<br>SAN, PET/PBT, POM, PMMA, PA...                                                                                                                                                   |
| <b>Cargas, refuerzos</b>     | Calcita, barita, talco, sílice<br>Fibra de vidrio                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Aditivos ignifugantes</b> | Bromados      BDPEs (Polibromo difenil éteres)<br>TBBPA      (tetrabromobisfenol A derivados)<br>PBBs      (bifenilos polibromados)<br>Clorados      Parafinas cloradas<br>Fosforados      Polifosfatos y organofosfatos<br>Metálicos      Compuestos de Al y/o Mg |

Fuente. [APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe). (1997)].

A continuación se representa en la Tabla N° 13, los tipos de ignifugantes utilizados y sus porcentajes respectivos empleados en los AEE durante el año 1995 en Europa occidental [APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe). (1997)].

**TABLA N° 13.** Porcentaje de ignifugantes utilizados en los AEE

| Ignifugantes halogenados |          | Ignifugantes fosforados | Otros ignifugante | Aplicaciones                   |
|--------------------------|----------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Bromados                 | Clorados |                         |                   |                                |
| 83%                      | 12%      | 5%                      |                   | Equipos de línea marrón: TV    |
| 83%                      | 13%      | 4%                      |                   | Equipos de procesamiento de da |
| 54%                      | -----    | 40%                     | 6%                | Material AEE                   |

Fuente. [APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe). (1997)].

#### 8.4.1 Reciclado mecánico

El reciclado mecánico de los plásticos es la opción más importante y consiste en separar, limpiar y triturar los objetos plásticos desechados para elaborar granza que servirá para fabricar nuevos objetos. Sin embargo, el reciclado de plásticos resulta difícil por las siguientes razones: falta de homogeneidad dentro del mismo tipo de polímero, presencia de aditivos para ignifugación quizás superados o en vías de sustitución y el valor del plástico recuperado es bajo comparado con otros materiales como metales preciosos, vidrio, etc.

Las operaciones básicas en el proceso de reciclado mecánico son las siguientes:

- Almacenamiento y clasificación

- Identificación
- Triturado o molienda
- Lavado
- Homogeneización
- Extrusión granceada
- Homogeneización final y control de calidad
- Expedición y distribución

A continuación se ilustra en la Figura N° 14, el esquema del proceso de reciclado mecánico de los plásticos.

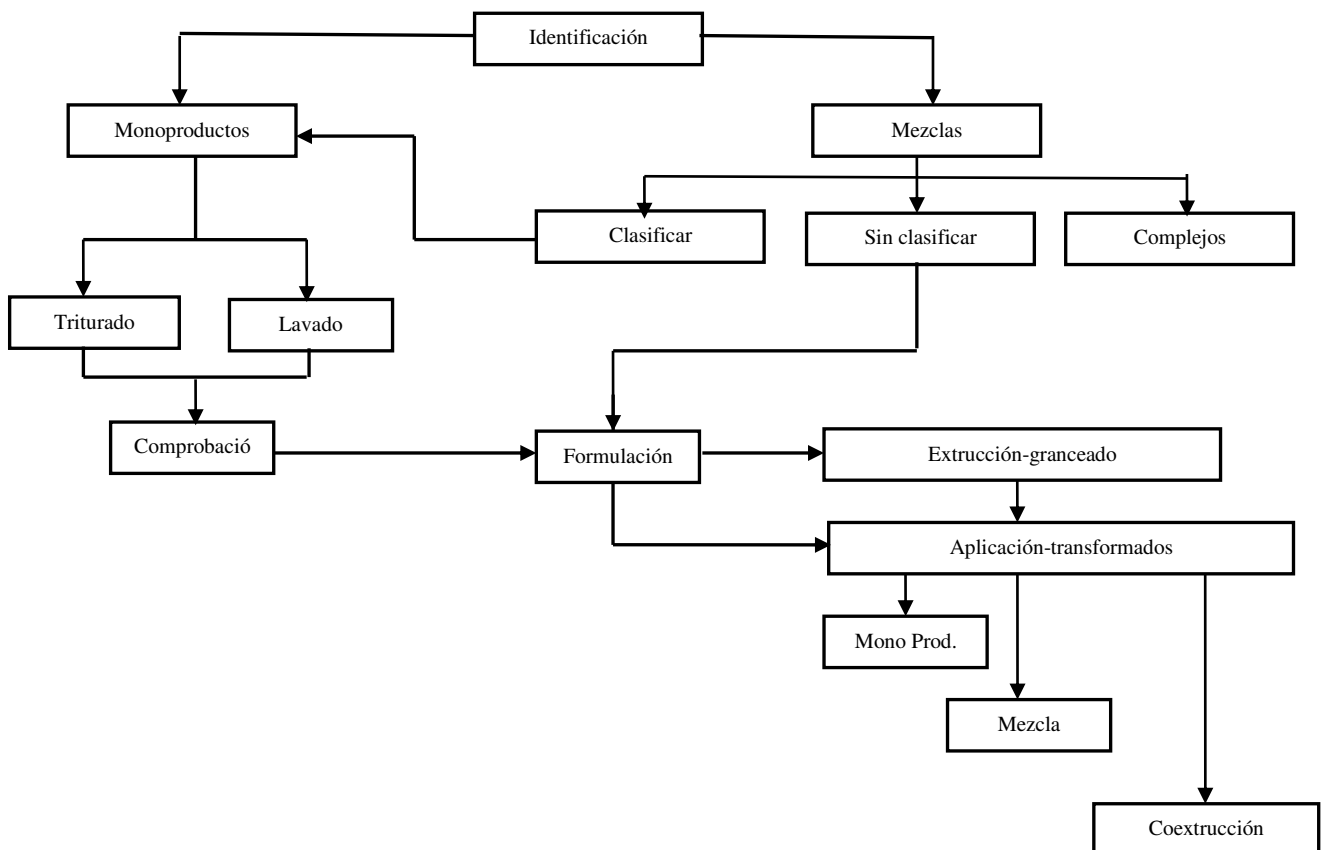


**Figura N° 14.** Diagrama de los procedimientos del reciclado mecánico

**Fuente.** [ANARPLA (Asociación Nacional de Recicladores de Plástico). (1996)].

Según el tipo de plástico disponible, el proceso de reciclado será distinto. A continuación se detallan estos procesos para los plásticos más significativos en los RAEE [ANARPLA (Asociación Nacional de Recicladores de Plástico). (1996).]

- **Polietileno de baja densidad (PEBD):** se encuentra en residuos domésticos: bolsa, botellas, menaje y juguetes; en residuos industriales: sacos, bolsas, filmes, tubos y recubrimientos de cable y en agricultura. Si no está mojado, se recicla por proceso de **triturado-densificado** y **extrusión-granceado**.

El PE procedente de post-consumo doméstico no es apreciado. Puede mejorar su calidad con la implantación de los sistemas de recogida selectiva. Los cables revestidos y aislados con PEBD se tratan a veces químicamente o con radiaciones para enlazar las moléculas del polímero y aumentar su resistencia a la abrasión. En ese caso, el material se llama polietileno entrecruzado (PE-X) y no se puede reciclar mecánicamente, aunque sí puede utilizarse para la generación de energía en incineradores autorizados o reciclarse como materia prima.

- **Polipropileno (PP):** las piezas de este material se recupera sometiéndolas a triturado y no siempre se grancean.
- **Policloruro de vinilo (PVC):** el polímero (resina) virgen se formula con estabilizantes y plastificantes según la aplicación a que se destine. Así, un PVC rígido para una botella de agua mineral contiene estabilizantes de calidad alimentaria, un PVC para perfilería de persianas o tuberías contiene familias distintas de estabilizantes además de cargas.

Un PVC plastificado para carpetas de papelería o recubrimiento de un cable eléctrico contiene sendos plastificantes. De aquí que, para la recuperación y su posterior reciclado, sea muy importante conocer la aplicación de origen.

Las técnicas de reciclado son distintas: con el PVC rígido se recurre a la molienda con distintas técnicas, mientras que con el PVC plastificado se grancea.

El PVC procedente de armarios de ordenadores y teclados puede utilizarse en segundas aplicaciones idénticas, siempre que el PVC se separe por completo del resto de los materiales de los ordenadores y vuelva a ajustarse el color.

La presencia de pequeñas cantidades de poliolefinas, como el PE y PP, no influye demasiado en la calidad de los productos reciclados. Sin embargo, la

presencia de PET o goma en los plásticos ricos en PVC puede bajar la calidad del PVC reciclado.

- **Poliestireno (PS):** existen dos variedades: el PS rígido, sólido o modificado (SB) y el PS expandido (EPS). En forma sólida, el PS se utiliza en embalajes, tazas y platos y en aparatos eléctricos y electrónicos. Los PS se recuperan y se reciclan, con técnicas de **triturado** y de **granceado**, desde residuos de post-consumo industrial.
- **Fluoropolímeros (PTFE):** el PTFE y sus copolímeros suelen utilizarse en pequeños componentes en aplicaciones complejas concretas, como equipos eléctricos y electrónicos, transporte, etc. Cuando pueden recuperarse cantidades suficientes de PTFE idóneo que hagan posible su reciclado, deben enviarse a empresas especializadas, pero como sucede con la mayoría de los polímeros, pueden reprocesarse por métodos normales de **extrusión** en empresas de moldeado con poca tecnología adicional a la que se necesita en el caso de los plásticos vírgenes.
- **Plásticos que contienen éteres de difenilo polibromado (PBDE):** los desechos plásticos que contienen PBDE deben eliminarse de los procesos de reciclado de materiales debido a la posibilidad de que liberen dioxinas y furanos. Es más aconsejable tratar estos residuos en instalaciones de reciclado como materia prima o en incineradores autorizados en condiciones controladas y con recuperación de energía.
- **Otros materiales:** el resto de materiales que se recuperan son básicamente ABS y poliamida. Se utilizan técnicas de **molturación** y **extrusión-granceado** de diseño particularizado dadas las distintas propiedades térmicas. Se aplican en piezas industriales.

El reciclaje mecánico tradicional de los plásticos está considerado todavía como la mejor opción por parte de un gran número de actores. Sin embargo, solamente es aplicable a una fracción de los residuos de plástico que aparecen relativamente limpios

y fáciles de separar en monofracciones. Con todo, el mayor problema del reciclaje mecánico de plásticos tiene que ver con la capacidad de absorción del mercado, entre otras cosas porque se presentan en fuerte competencia con los plásticos vírgenes. En este contexto se necesita encontrar alternativas de reciclaje para los residuos de plástico mezclados cuya separación en monofracciones resulta muy costosa, consume energía y no es necesariamente ventajosa desde el punto de vista medioambiental. El reciclado aumentaría si se avanzase en las tecnologías de identificación y separación así como en incremento de la recogida selectiva de equipos eléctricos o electrónicos que han llegado a su fin de vida. En un futuro el reciclado mecánico de estos equipos será más fácil, ya que actualmente los nuevos EEE están mejor diseñados para su posterior reciclado.

#### 8.4.2 Reciclado químico

Mientras que en el reciclado mecánico se utiliza el polímero como tal para producir nuevos productos de polímero, también es posible introducir los plásticos en una gama de procesos que utilizan la química esencial de la mezcla de desechos plásticos para recuperar valor. Generalmente a esos procesos se les denomina reciclado como materia prima (proceso en el que se rompen las cadenas de polímero en sus componentes básicos) y reciclado químico. Este reciclado químico es una opción para aquellos plásticos que no se puedan reciclar mecánicamente, como plásticos mezclados provenientes de EEE, el cual está ganando terreno día a día.

Entre las tecnologías utilizadas están la extrusión degradativa, la pirolisis, la hidrogenación, la gasificación, la incineración con recuperación de HCL, el insumo en calidad de agente reductor en hornos siderúrgicos, la glicolisis, la hidrolisis y la metanolisis. Actualmente se han desarrollado unas 70 iniciativas de ese tipo. Estos tratamientos conducen a productos tales como monómeros de partida, gas de síntesis y corrientes hidrocarbonadas. [VARGAS, L. (1997, febrero) *Reciclado químico de plásticos*]. Algunos estudios han probado que el reciclado químico es medioambientalmente favorable pero económicamente dudoso. A continuación se detallan las prácticas más generalizadas de este tipo de reciclaje:

- **Glicólisis:** este proceso rompe las piezas de plástico en sus bloques químicos constituyentes básicos, para ser después reutilizados en la producción de nuevas piezas. En el caso ideal, el proceso devuelve el glicolizado (mezclas de los

bloques constituyentes originales y químicamente modificados) al sistema original en un ciclo cerrado.

- **Hidrolisis:** el proceso de hidrolisis descompone los residuos plásticos en una serie de reacciones químicas.
- **Pirolisis:** la pirolisis consiste en un proceso de descomposición térmica de las sustancias químicas en ausencia de oxígeno en una cámara cerrada. Los productos de la pirolisis se pueden utilizar como producto químico o fuel.
- **Hidrogenación:** la hidrogenación es un tratamiento con hidrógeno a altas temperaturas y con presión, el cual produce gases y aceites que son más puros que los procedentes de la pirolisis.
- **Depolimerización:** la reconversión directa a los monómeros de partida de un polímero, que pueden así ser de nuevo polimerizados regenerando el polímero virgen es aplicable a macromoléculas de policondensación, con el polietilentereftalato (PET) y poliamidas (nylons) y a algunos polímeros de adición como es el caso de los poliuretanos. El éxito de este tipo de tratamientos depende, en gran manera de la disponibilidad de una materia prima bien definida a través de un buen sistema de recogida y limpieza y de los costes de reprocesado del polímero. La depolimerización química se efectúa, fundamentalmente, a través de reacciones de hidrolisis, alcoholisis o glicolisis.
- **Gasificación:** en la gasificación tiene lugar la oxidación parcial de los hidrocarburos que produce gas de síntesis (mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno) que puede utilizarse como combustible para la generación de electricidad, materia prima para la fabricación de metano, amoníaco de alcoholes OXO o, incluso, como agente reductor para la producción de acero en altos hornos. En el proceso los residuos, previamente compactados y desgasificados, se pirolizan a 600 °C y alimentan al gasificador a 2.000 °C. El gas de síntesis obtenido, una vez limpio se quema en una turbina de gas para producir electricidad.

La mayoría de esas tecnologías se están desarrollando para manipular una amplia gama de plásticos en un proceso único que redunde en productos de la misma calidad que las materias primas vírgenes y se centra normalmente en la recuperación de los compuestos orgánicos presentes en el plástico.

Algunas de las tecnologías están específicamente diseñadas para tratar los desechos de PVC y se centran principalmente en la recuperación del cloro de una forma útil; algunos de esos procesos permiten la separación de metales pesados. Esos procesos apenas se encuentran en las primeras etapas de desarrollo y comercialización.

El reciclado o la recuperación del plástico se puede llevar a cabo mediante dos tipos de procesos diferentes:

- Primeramente, el **reciclado químico** cuyo objetivo es reprocesar los componentes químicos básicos de los materiales plásticos para su reutilización en la industria química. Los desechos plásticos se despolimerizan en monómeros que pueden utilizarse de nuevo directamente para la polimerización (quimiolisis) o en materias primas químicas de peso molecular más bajo (termolisis o craqueo) que pueden utilizarse, como el aceite natural, en reacciones químicas entre las que figura la producción de polímeros.
- El segundo es en la **producción de hierro**, donde las propiedades químicas reductoras de los desechos plásticos se utilizan como complemento del coque en hornos siderúrgicos. Las posibilidades de utilización de desechos plásticos en hornos siderúrgicos quedan demostradas en las 100.000 toneladas que se utilizaron en esos procesos en Alemania en 1996. Un proceso más avanzado, con una capacidad de 5.000 a 8.000 toneladas anuales, ha pasado la prueba en el Japón [34]. En ese proceso, la mezcla de plásticos ricos en PVC se somete a pirolisis en un horno lleno de nitrógeno. Los productos para el horno siderúrgico son ácido clorhídrico y hulla residual. Un proceso pirolítico similar puede aplicarse en la producción de cemento. Se ha ensayado y está en funcionamiento una planta experimental para cargar ácido clorhídrico en un proceso de producción de oxígeno y cloruro de hidrógeno (oxicloración) a partir del monómero del cloruro de vinilo (VCM).

Las tecnologías de reciclado químico suelen generar cantidades relativamente pequeñas

de residuos. La producción de material para los procesos de producción química habitualmente genera algunas escorias de los materiales inertes presentes en los desechos plásticos y en las costras de lodo remanentes del tratamiento de las aguas residuales. Para algunos procesos existen criterios de aceptación concretos en relación con el contenido en cenizas del desecho con miras a reducir la generación de escorias.

Los metales pesados presentes en los desechos plásticos, como los que se utilizan en los estabilizantes del PVC, terminan en la corriente de desechos o, en el caso de la producción de acero, se incorporan a éste. En la producción de acero, los metales pesados procedentes de los desechos plásticos no suelen ser la fuente principal de metales pesados en esos residuos, debido al porcentaje relativamente bajo de plásticos que se utiliza en el proceso.

### **8.4.3 Recuperación energética**

Los plásticos que no se pueden reciclar mecánicamente o químicamente todavía tienen un valor calorífico y se ha demostrado que se puede utilizar como combustible alternativo en procesos industriales y, finalmente como combustible en plantas térmicas con recuperación de energía, debidamente equipadas y mantenidas. De esta manera se reduce el volumen de residuos sólidos y se realiza una valorización energética. Los plásticos en general no son válidos para permanecer en vertederos porque contienen una gran cantidad de energía potencial.

Una combustión a alta temperatura constante recuperará el máximo de energía del combustible y garantizará el fraccionamiento total de los compuestos orgánicos tóxicos. El método más eficaz de recuperación de energía (hasta el 85%) es la incineración de los desechos hasta producir vapor a alta presión para la generación de electricidad, vapor a baja presión para uso industrial y agua caliente para la calefacción de los hogares.

Se está ensayando el uso de residuos plásticos mezclados en tanto como hidrocarburos, aprovechando su poder reductor debido al contenido de hidrógeno, en plantas existentes dentro del sector del hierro y del acero. Su consecución ha requerido el desarrollo de sistemas de acondicionamiento, tratamiento y texturización de los residuos, la determinación del comportamiento de los mismos en el horno y de la calidad de los

productos resultantes y el análisis de ciclo de vida. Los resultados de los ensayos han demostrado que esta opción es técnica y medioambientalmente favorable [APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe). (2001)].

El papel que desempeñan los polímeros clorados en la formación de dioxinas en los incineradores de desechos ha sido tema de controversias. Se ha demostrado que la extracción de polímeros clorados de una mezcla de desechos no reduce proporcionalmente la formación de dioxina y que, incluso si se extrajera todo el PVC de la mezcla de desechos, el cloro remanente bastaría para formar dioxinas a niveles que hacen necesario el tratamiento de los gases de la combustión. [GRUPO DE TRABAJO TÉCNICO DEL CONVENIO DE BASILEA. (2002, 23 agosto)].

La incineración de desechos plásticos que contienen BFR (pirorretardantes bromados) es motivo de especial preocupación. Una de las principales razones de la controversia que actualmente rodea a los BFR, en particular a los PBB y los PBDO, es la posible formación de dioxinas y furanos durante la combustión tanto de los propios BFR como de los materiales que los contienen.

Dadas las limitaciones con las que se encuentra el reciclaje de plástico en general, se postula que la recuperación energética debe ser considerada como una opción complementaria. El uso de incineraciones cuidadosamente controladas para convertir los desechos post-consumo en energía aprovechable se practica en diversos países europeos como Alemania, Suecia, Suiza y Dinamarca donde estas técnicas son practicadas para suministrar a las comunidades locales electricidad y calefacción. Hasta un 10% de los requisitos de electricidad doméstica pueden ser generados por estas unidades y cada vez está siendo más considerada como una opción de recuperación aceptable. La Asociación Europea de Fabricantes de Plásticos (APME) estima que la situación óptima desde el punto de vista ambiental y económico se sitúa en un reciclaje del 15% y una valorización energética del 85%. [HUTTERER, H; PILZ, H. (1998).].

## **8.5. Substitución de sustancias peligrosas**

La Directiva 2002/95/CE, como se ha comentado ya en el apartado 5, establece que los nuevos AEE que se pongan en el mercado no contengan plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, polibromobifenilos (PBB) o polibromodifeniléteres (PBDE).

La industria encuentra problemas en la sustitución del plomo en las soldaduras debido a factores como la mayor temperatura de fusión del material alternativo (aleaciones de estaño) que obligaría a adaptar el resto de los materiales para que puedan soportar esas temperaturas. Los adhesivos conductivos fallan en cuanto a la capacidad de producción a gran escala y pueden tener un impacto sobre el reciclaje.

El mayor problema que presentan los retardantes de llama es el del riesgo de generación de dioxinas en los procesos de reciclaje por parte de algunos de ellos. Tal es el caso de los polibromodifeniléteres (PBDE). La industria europea de retardantes de llama está siendo muy activa en la investigación de métodos como la pirolisis que permitan reciclar EEE usados de manera segura para el ambiente.

## **8.6. Alternativas para la gestión integral de los RAEE**

La propuesta está basada en el análisis establecido en los apartados anteriores de las distintas alternativas existentes sobre el reciclado de los RAEE. Por supuesto, esta no es la única opción existente, simplemente pretende ser una orientación de las posibles vías alternativas a seguir.

Para que la responsabilidad ampliada del fabricante tenga un efecto directo en el diseño de los productos, se aconseja que los fabricantes se responsabilicen de manera individual de los productos de su propia marca. De este modo, toda mejora en el diseño tendrá una repercusión directa en los costes que los fabricantes tendrán que asumir para el posible tratamiento de los productos al final de su vida útil.

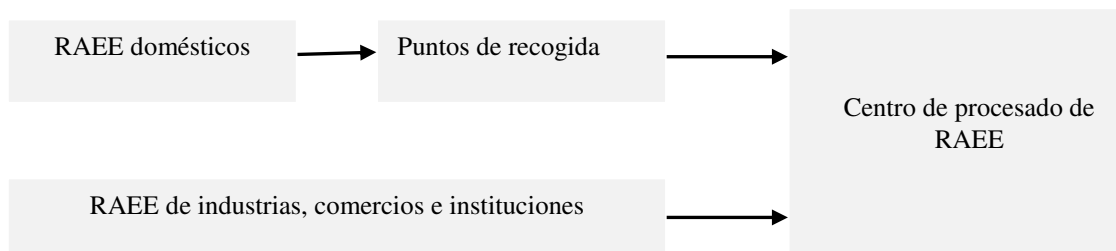
### **8.6.1 Sistema de gestión de recogida, tratamiento y reciclado de los RAEE**

El sistema de gestión se divide en dos partes, la primera es la *recogida* de los residuos y la segunda es el *tratamiento* de los mismos.

**Sistema de recogida:** se establecerán puntos de recogida a lo largo del territorio para que se almacenen los RAEE procedentes de hogares particulares. El transporte de los RAEE depositados en los puntos de recogida y en industrias, comercios e instituciones hacia el centro de procesado correrá por cuenta de los productores. Los fabricantes sólo serán responsables de sus propios residuos, por lo que se hace necesario examinar los costes del centro de procesado y separarlos según el fabricante. Ello puede hacerse

sirviéndose de una empresa de reciclado reconocida o registrada, capaz de leer los códigos de barras de los artículos al clasificarlos, y que facture mensualmente al fabricante según el origen del producto indicado por el código de barras.

**Figura N° 15.** Sistema de recogida de los RAEE



**Sistema de tratamiento y reciclado de RAEE:** se dará prioridad a la reutilización de los RAEE o alguno de sus componentes, reparándolos si fuera necesario. En este proceso, como mínimo se retirarán todos los fluidos y componentes señalados en el Anexo II de la Directiva europea 2002/96/CE, es decir: condensadores con PCB, componentes con Hg, pilas y acumuladores, tarjetas de circuitos impresos, cartuchos de tóner, plásticos con BFR, residuos de amianto, TRCs, CFCs, entre otros (ver Anexo I Capítulo 16 de la Directiva 2002/96/CE).

A continuación, en la Figura 15, se esquematiza el proceso de tratamiento y reciclado de RAEE:

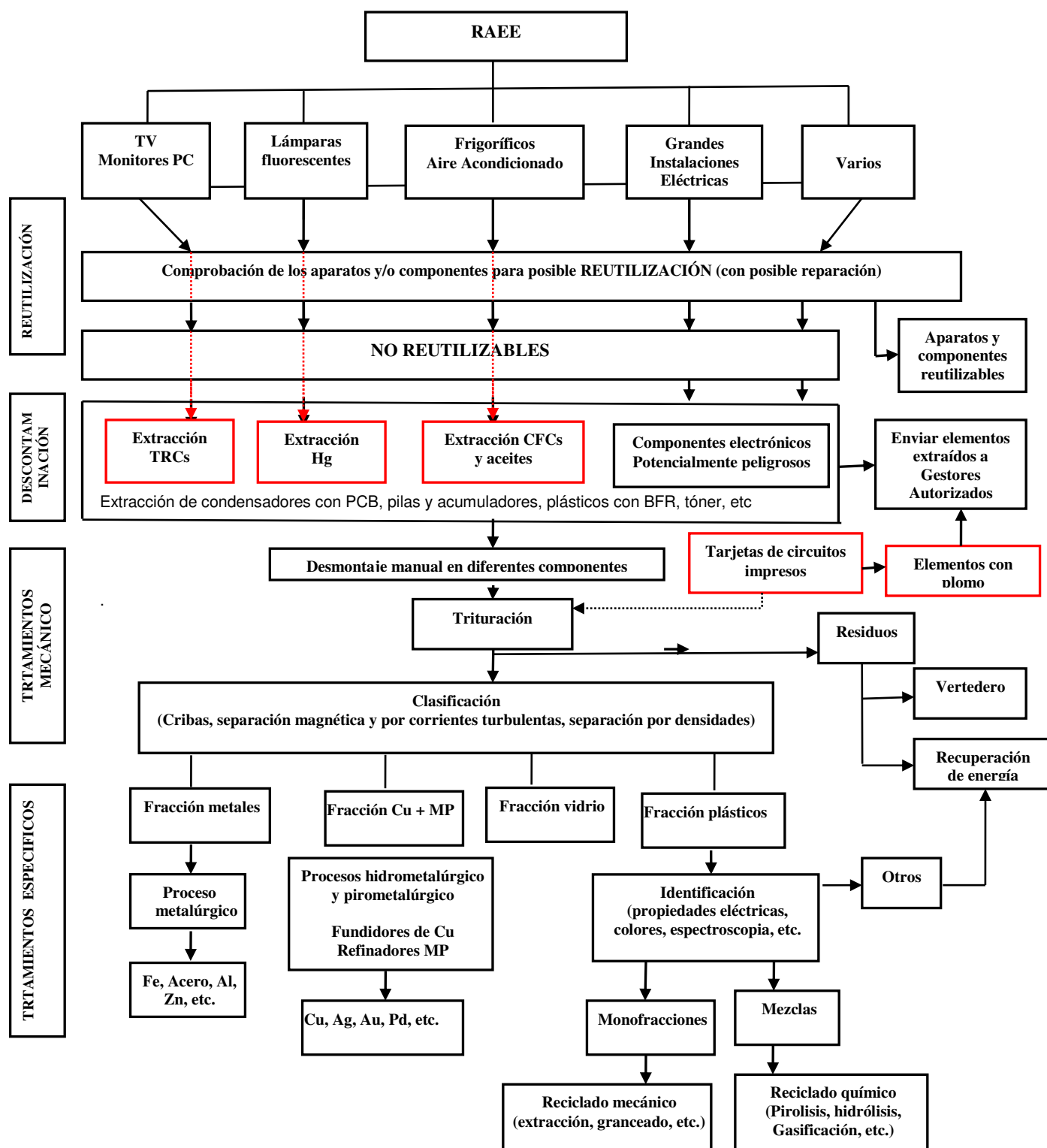


**Figura N° 16.** Sistema de tratamiento y reciclado de los RAEE

### **8.6.2 Gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en el Perú**

En el Perú la principal norma que regula los residuos sólidos es la Ley 27314, “*Ley General de Residuos Sólidos*”, la cual establece las reglas generales para un adecuado manejo de todos los residuos sólidos en el país. Asimismo, el reglamento de esta ley, aprobado por Decreto Supremo 057-2004-PCM, especifica varias de las disposiciones establecidas en la Ley. Sin embargo, para el caso específico de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) tanto la Ley como su reglamento no establecen nada al respecto.

Es así, que ante la falta de regulación específica para el manejo de los RAEE, se crearon comités para trabajar en la elaboración de un Reglamento de Gestión y Manejo de RAEE así como de una serie de Normas Técnicas Peruanas (NTP) que establezcan las medidas a cumplir para un adecuado manejo de RAEE.

A la fecha se tienen los siguientes avances:

- A) El Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, aprobado con D.S. N°001-2012-MINAM y publicado en el Diario Oficial el Peruano el 27 de junio de 2012.

Entre las principales disposiciones de este reglamento se encuentra la obligación de los productores de implementar sistemas de manejo de RAEE (los cuales pueden ser individuales o colectivos), mediante los cuales se asegure el recojo de los RAEE producidos, así como un adecuado manejo de este tipo de residuos para su tratamiento, reciclaje o disposición final. En otras palabras, se le otorga una mayor responsabilidad al generador de RAEE para el manejo de estos residuos.

- B) “Norma Técnica Peruana N° 900.064.2012. Gestión de Residuos. Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Generalidades”.

Esta norma fue aprobada en setiembre de 2011 luego de varias reuniones. La referida NTP fue aprobada por INDECOPI (INACAL) el 12.10.2012.

Lo más resaltante de esta NTP es que establece las medidas generales para manejar los RAEE según la etapa en la que se encuentren, ya sea la generación, recolección interna, clasificación, almacenamiento, transporte, recepción, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final. Asimismo, es importante también las obligaciones de los productores allí señaladas, así como las de los usuarios.

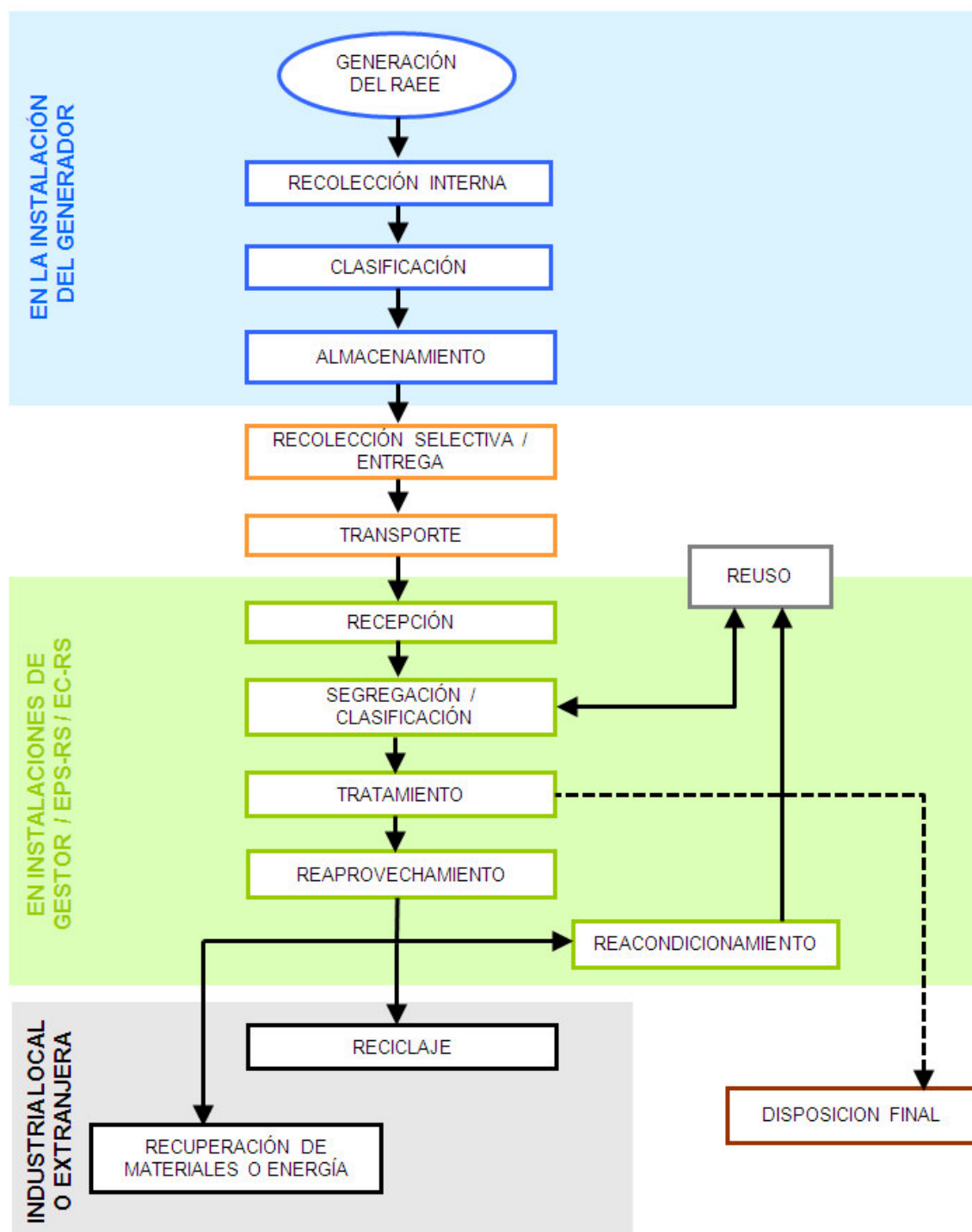


**Figura N° 17.** Etapas de Manejo de RAEE

- C) “Norma Técnica Peruana N° 900.065.2012. Gestión de Residuos. Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Generación, Recolección interna, Clasificación, Almacenamiento, Centros de Acopio”.

Esta norma fue aprobada finalmente el 13 de diciembre de 2011 luego de varias reuniones. La referida NTP fue aprobada por INDECOPI (INACAL) el 12.10.2012.

La importancia de esta norma es que se detalla cuáles son las medidas específicas a tener en cuenta para un manejo adecuado de RAEE en cada una de las etapas. Por ejemplo se establecen las características con las que debe contar las instalaciones de almacenamiento temporal, la forma de embalaje adecuada y las características de los centros de acopio.

- D) La “Norma Técnica Peruana. Gestión de Residuos. Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Tratamiento”. Actualmente está por aprobarse esta norma en el comité.

## **8.7. Resultados**

Al igual que en el resto del mundo, en el Perú los residuos eléctricos y electrónicos son el tipo de residuo de mayor crecimiento. Hasta hace poco tiempo los esfuerzos existentes para el manejo de este tipo de residuos eran pocos y aislados. No existía un sistema integrado de recolección, transporte, tratamiento y aprovechamiento eficiente de los mismos. Sin embargo, a raíz del Reglamento de RAEE y las NTP N° 900.064.2012 y la NTP N° 900.065.2012; han sido iniciativas tanto del sector público como privado para implementar acciones para su gestión y manejo, a fin de prevenir problemas ambientales y sanitarios similares a los que enfrentan otros países en desarrollo por el aprovechamiento y disposición final inadecuado de este tipo de residuos, los cuales tienen componentes tanto valiosos como peligrosos.

Asimismo, el nivel de aplicación de la legislación peruana es bajo, debido a que representa gastos para las empresas y entidades públicas, tiene procedimientos que toman tiempo para ser implementados y que pueden llegar a ser complejos, y

principalmente porque existe un bajo nivel de control y sanción para quienes incumplen la Ley y el Reglamento.

El mercado informal de segunda mano puede estar jugando un rol importante en el reciclaje y re-utilización de los equipos electrónicos en desuso. Principalmente en Leticia, todos los equipos que ahí llegan son aprovechados, ya sea para repararlos para su segundo uso, para obtener repuestos o para reciclar algunas partes. En este mismo mercado, existen actividades de recuperación y reciclaje de residuos electrónicos, la mayoría de ellas informales y aquellas que si son realizadas por empresas constituidas formalmente no trabajan bajo estándares ambientales exigentes.

En el Perú el manejo de los residuos eléctricos y electrónicos se da tanto de manera formal como informal y no existen registros de datos sistematizados que sustenten las cantidades de residuos procesados. Las empresas formales que exportan este tipo de residuos recién están en el proceso de adaptarse a los requerimientos del marco legal de residuos sólidos para consolidarse en las operaciones de exportación de residuos sólidos.

El aprovechamiento de los residuos electrónicos luego del desensamblaje de los equipos en desuso es más simple cuando se trata de componentes como los plásticos y los metales ferrosos y no ferrosos (aluminio y cobre), puesto que incluso se puede realizar aquí en el Perú. Sin embargo; cuando se trata del aprovechamiento de otros componentes como las tarjetas integradas y las baterías de los equipos electrónicos, en el Perú no se cuenta con tecnología que asegure el adecuado control de los impactos al ambiente y a la salud de las personas durante el proceso de reciclaje.

Normalmente, las tarjetas integradas son exportadas a países en los que existen plantas que cuentan con la tecnología para el tratamiento y la recuperación de los elementos valiosos y que controlan en todo momento los impactos ambientales peligrosos que pudieran darse. El reciclaje local de las tarjetas integradas y de los procesadores u otros componentes representa un gran riesgo para la salud y al ambiente en el Perú, al igual que en otros países que no cuentan con la tecnología para un adecuado tratamiento. Por lo tanto, la opción de exportar este tipo de residuos electrónicos a empresas de fundición

es la opción de tratamiento y recuperación más adecuada, pero también la más costosa ya que los mecanismos de autorizaciones, transporte y pago requieren disponibilidad de capital.

## **8.8. Discusión de resultados**

El mercado peruano de computadoras es abastecido principalmente por computadoras ensambladas localmente, (aproximadamente 75%), lo que se puede corroborar observando la distribución de los productos que más se importan: 75.5% son componentes, 3.8% impresoras, 0.3% computadoras de escritorio y 13% computadoras portátiles.

El mercado de productos electrónicos ha crecido más de 20 veces en volumen desde 1997 al año 2006 (10 años). Considerando un periodo de vida útil de 7 años. Se proyecta que para el año 2007, 7,384 Toneladas de residuos electrónicos estarán listas para su disposición y para el año 2017, se proyecta que será de 384,800 Toneladas.

En cuanto a teléfonos celulares en el Perú, al año 2007 se tienen 12'067,062 de líneas activas de telefonía móvil, cantidad ha crecido 40% al año en promedio desde el año 2000. Considerando que los equipos se cambian con una frecuencia promedio de 2 años y de acuerdo a las proyecciones realizadas, para el año 2015 se tendrán 25,100 Toneladas de celulares listas para su disposición final y para el año 2017, la cantidad proyectada sería de 33,800 toneladas.

El primer paso en la gestión de los RAEE es el diseñar un óptimo sistema de recogida de los residuos. En este paso resulta crucial la figura del usuario, por ello es necesario crear campañas de concienciación e información, que inciten a los ciudadanos a la participación activa en este tipo de iniciativas. El éxito de esta fase radica en educar correctamente a los consumidores, no solamente en el hecho de retirar los residuos de la manera adecuada, sino también, educarlos en la conveniencia de utilizar los equipos con las prestaciones adecuadas a sus necesidades y de tener presente las posibilidades de reparación y reutilización de los mismos.

Un procedimiento lógico en el tratamiento de los RAEE, esquematizado en el numeral 8.6, es, primeramente, clasificar los residuos en distintos grupos y comprobar si alguno de estos equipos o bien alguno de sus componentes se pueden reutilizar. Posteriormente, para los aparatos o componentes que no sean reutilizables, se procede a su descontaminación, donde se separan los componentes potencialmente peligrosos para enviarlos a los gestores autorizados para su tratamiento específico. Una vez descontaminados, los equipos se tratan mecánicamente, donde se separan y se concentran los distintos materiales que los forman, para que con posterioridad se les aplique el tratamiento específico que necesiten. Las distintas fracciones obtenidas suelen ser metales (preciosos o no), vidrio y plásticos.

En cuanto a la rentabilidad económica de estos procesos, hay que destacar que antiguamente los AEE disponían de mayor cantidad de metales preciosos y no tantas mezclas de materiales tan difíciles de recuperar o de reciclar. El simple hecho de recuperar los metales preciosos y otros metales ya les suponía a las empresas que trataban y reciclaban los residuos unos beneficios, que permitían afrontar favorablemente los gastos de desmontaje y tratamiento, además de unos ingresos.

Sin embargo, actualmente el consumo de metales preciosos ha disminuido considerablemente y se han añadido otros materiales, como es el caso de los plásticos, que cada vez son más utilizados. Debido a este motivo, se han encarecido los distintos tipos de valorización y reciclaje de los RAEE y para poder obtener los mismos beneficios las empresas han tenido que desarrollar otros tipos de procesos (combinación de procesos mecánicos y químicos). Además la fase de recogida selectiva de los residuos también comporta una suma considerable de costos a tener en cuenta. Por tanto, la colaboración entre naciones y empresas del sector puede resultar de ayuda, ya que se podrá generar una situación de desarrollo de la gestión de los RAEE y por consiguiente, una mejora económica en el proceso. Aunque no hay que olvidar que el mayor beneficio procedente de esta gestión es el respeto al ambiente y la colaboración eficaz con un desarrollo sostenible.

## **CAPITULO 9.- APORTES A LA GESTION AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS RAEE EN EL PERÚ**

En el Perú no existe una industria de productos tecnológicos como computadoras, periféricos o celulares. Sin embargo, son los importadores mayoristas y a las empresas fabricantes con oficinas en el Perú, donde se inicia la cadena de valor; estas empresas cumplen con todos los requisitos administrativos, como parte de las actividades comerciales que realizan. En el tema de residuos electrónicos, cada cual tiene su propia perspectiva e implementa sus programas de acuerdo su criterio.

El crecimiento de los residuos electrónicos e insuficientes mecanismos formales para el manejo de los mismos; al igual que en el resto del mundo, en el Perú los residuos electrónicos son el tipo de residuo de mayor crecimiento. Los esfuerzos existentes para su manejo son pocos y aislados. No existe un sistema integrado de recolección, transporte, tratamiento y aprovechamiento eficiente de los mismos. La falta de iniciativas multisectoriales para implementar acciones para su gestión y manejo, podría conducir a problemas ambientales y sanitarios similares a los que enfrentan otros países en desarrollo por el aprovechamiento y disposición final inadecuados de este tipo de residuos, los cuales tienen componentes tanto valiosos como peligrosos.

Poca difusión de la normativa existente relacionada al manejo de residuos electrónicos; así, los usuarios, las organizaciones públicas, no tienen pleno conocimiento de la normatividad en materia de residuos electrónicos y existe la percepción de que se trata de documentos difíciles de entender, poco específicos y administrativamente engorrosos. La aplicación de la legislación peruana es bajo, debido a que les genera gastos a las empresas y entidades públicas; los procedimientos administrativos

Actividades informales de desmantelamiento, comercialización, re-utilización, reciclaje y disposición final de residuos electrónicos. El mercado informal de segunda mano puede estar jugando un rol importante en el reciclaje y re-utilización de los equipos electrónicos en desuso. Principalmente en la zona de Leticia, todos los equipos que ahí llegan son aprovechados, ya sea para repararlos para su segundo uso, para obtener repuestos o para reciclar algunas partes. En este mismo mercado, existen actividades de recuperación y reciclaje de residuos electrónicos, la mayoría de ellas informales y aquellas que si son

realizadas por empresas constituidas formalmente no trabajan bajo estándares ambientales exigentes.

Una vez que los productos se convierten en residuos no se conoce el destino exacto, pero los supuestos que se manejan son los siguientes: re-utilizando en el mercado de segunda mano para obtener repuestos, se encuentran almacenados en los hogares e instituciones por falta de políticas y gestores de este tipo de residuos, están acumulados en botaderos y calles, (d) son donados a instituciones benéficas, al final de su vida útil y se disponen en rellenos o son desensamblados para su aprovechamiento y reciclaje.

Consideraciones distintas para el tratamiento de los diferentes tipos de componentes de los residuos electrónicos; El aprovechamiento de los residuos electrónicos luego del desensamblaje de los equipos en desuso es más simple cuando se trata de componentes como los plásticos y los metales ferrosos y no ferrosos (aluminio y cobre), puesto que incluso se puede realizar aquí en el Perú. Sin embargo; cuando se trata del aprovechamiento de otros componentes como las tarjetas integradas y las baterías de los equipos electrónicos, en el Perú no se cuenta con tecnología que asegure el adecuado control de los impactos al ambiente y a la salud de las personas durante el proceso de reciclaje.

Las tarjetas integradas son exportadas a países en los que existen plantas que cuentan con la tecnología para el tratamiento y la recuperación de los elementos valiosos y que controlan en todo momento los impactos ambientales peligrosos que pudieran darse. El reciclaje local de las tarjetas integradas y de los procesadores u otros componentes representa un gran riesgo para la salud y al ambiente en el Perú, al igual que en otros países que no cuentan con la tecnología para un adecuado tratamiento. Por lo tanto, la opción de exportar este tipo de residuos electrónicos a empresas de fundición es la opción de tratamiento y recuperación más adecuada, pero también la más costosa ya que los mecanismos de autorizaciones, transporte y pago requieren disponibilidad de capital.

La participación de las instituciones públicas, entre las cuales se encuentra la DIGESA, como representante del sector salud; así como las privadas, la Sociedad Nacional de Industrias-SNI y los operadores de residuos en general, en el subcomité de residuos, ha permitido conocer la problemática de dichos residuos; en ese contexto, ha permitido que con el apoyo del sector público y privado, se generen las Normas Técnicas, que apoyen a la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos- RAEE.

## **CAPITULO 10.- CONCLUSIONES**

La cantidad proyectada de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE, para el año 2017 será de 384,800 Toneladas. Así también, en cuanto a los teléfonos móviles o celulares se tiene que la cantidad de residuos proyectada para su disposición final, para el año 2015 será de 25,100 Toneladas y para el año 2017 esta cantidad proyectada será de 33,800 Toneladas.

Las actividades de informalidad en cuanto a la comercialización de estos residuos, no se tiene datos sistematizados por parte de este sector, debido a la necesidad de compra y venta de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - AEE, de segundo uso, ya sea para reutilizar alguna parte o para desecharlo; sin tener algún criterio técnico y normativo en cuanto a las consecuencias que pueden generar este tipo de residuos a la salud y al ambiente.

La cantidad de sustancias peligrosas que se encuentran presentes en los AEE, entre los cuales se tiene al cadmio con 2.500 toneladas, plomo con 180.000 toneladas, mercurio con 130 toneladas y bifenilos policlorados (PCBs) con 250 toneladas; si no se tiene una adecuada gestión de residuos pasaran a impactar a la salud y también al ambiente.

La exportación de residuos (tarjetas madre, celulares sin baterías, partes de Pc, cables, entre otros), por parte de empresas formales, permite tener un registro de la cantidad que se genera a nivel del país; así se tiene que hasta el año 2014 se exportaron 13800 Toneladas de residuos y 100,000 unidades de cartuchos de tóner vacíos.

Los beneficios de una adecuada gestión permite: disminuir la cantidad de exposición de contaminantes y la cantidad de residuos, ahorra recursos naturales, minimiza la cantidad de residuos que se dispone en los rellenos, genera ganancias mediante la venta de diferentes componentes recuperados, crea empleo y capacitación.

Una de las alternativas de la gestión de estos residuos, es la exportación de los mismos a los países de los continentes: Asia, Norteamérica, Europa, etc., donde tienen la tecnología adecuada, para su adecuado tratamiento y disposición final, de partes de computadoras y teléfonos móviles o celulares; ahorrando recursos naturales, energía y minimización de residuos en los rellenos; así como, evitar daños a la salud y al ambiente.

## **CAPITULO 11.- RECOMENDACIONES**

Realizar programas de educación ambiental. En el país, se necesita reforzar la educación ambiental orientada a crear conciencia en la población para minimizar la generación de los residuos sólidos siguiendo la filosofía de reducir, reutilizar y reciclar y realizar un adecuado manejo de los mismos. Además, es necesario difundir la costumbre de pago por el tratamiento y la disposición final de los residuos en general. La falta de cultura de pago de arbitrios y la baja tasa de recaudación a nivel municipal, es un problema que se presenta en todo el país, con niveles altos (40% a 80%), contribuyendo a la deficiencia de los servicios.

Se recomienda difundir las buenas experiencias nacionales y extranjeras de manejo de residuos electrónicos para capitalizar la buena imagen de las empresas que cumplen con su responsabilidad social y así incentivar a otras a hacerlo. Se debe interactuar entre las diferentes experiencias e iniciativas nacionales y regionales sobre gestión y manejo de residuos electrónicos que se han realizado en Perú, Chile, Bolivia, Argentina, Brasil, Colombia, etc., con el objetivo de poder capitalizar las lecciones aprendidas y avanzar en bloque.

Promover la investigación de temas relacionados a los residuos electrónicos. Debido a los vacíos de información existentes respecto a los volúmenes de almacenamiento, disposición final, recuperación y reciclaje de residuos electrónicos, se hace necesario promover estudios de investigación sobre el tema, al igual que estudios de los aspectos técnicos y ambientales del aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos electrónicos que permitan que el sector se modernice progresivamente con aportes de técnicos locales y también con aportes de la cooperación técnica internacional.

## CAPITULO 12.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ambrojo, J.C. (2002, 13 diciembre). EEUU exporta más del 50% de su basura electrónica a países pobres de Asia. *El País*, p. 35.
2. APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe). (2001). *Plastics: a material of innovation for the electrical and electronic industry. Insight into consumption and recovery in Western Europe 2000*. Brussels: APME. p. 4.
3. AEA Technology (1997). *Recovery of WEEE: Economic and Environmental Impacts. Final report*.
4. BAN (Basel Action Network) (2003). *Electronics Recyclers Pledge of True Stewardship*. [<http://www.ban.org/pledge1.html>, consulta el 23 de julio de 2003].
5. BAN (Basel Action Network); SVTC (Silicon Valley Toxics Coalition) (2002). *Exporting Harm: High-Tech Trashing of Asia*. [<http://www.ban.org/Ewaste/technotrashfinalcomp.pdf>, consulta el 18 de septiembre de 2003].
6. Brodersen, K. [et al.] (1992). *Scrap of Electronics: Hazardous Waste or Raw Material Resource?*. En: *International Conference on the Recycling of metals*. 13-15 May 1992. Düsseldorf/Neuss (Germany): ASM International (The Materials Information Society).
7. *Computer & Peripherals Material Project*. Prepared by: Meinhardt Infrastructure & Environment Group for Environment Australia. October 2001.
8. Central Intelligence Agency (2007). Peru. *The World Factbook*. Obtenido el 3 de octubre del 2007 de <https://www.cia.gov/library/publications/the-worldfactbook/geos/pe.html#Comm>
9. *Electronic Scrap – A Hazardous Waste*. Australian Government. Department of Environment and Heritage. Febrero 2004.
10. El mercado de cómputo en el Perú (2004). *Boletín MBA USIL Mayo*. Obtenido el 1 de Octubre del 2007.
11. EMPA (2007a). *E-Waste: Swiss e-waste guide*. Obtenido el 25 de setiembre del 2007.
12. EMPA (2007b). *Foro sobre experiencias internacionales y nacionales en la gestión y el manejo integral de e-waste*. Bogotá Colombia. [PPT file].
13. Environmental Protection Agency (2007). *Product Stewardship. Basic Information*. Obtenido el 15 de diciembre del 2007.
14. *Guideline on Material Recovery and Recycling of End-of-Life Mobile Phones*. UNEP, Basel Convention. Revised and Approved Text March 25, 2009.

15. Goldschmidt, J. (1992). Hydrometallurgical recycling of complex non-ferrous metal-bearing residues. En: International Conference on the Recycling of metals. 13-15 May 1992. Düsseldorf/Neuss (Germany): ASM International (The Materials Information Society).
16. Hutterer, H; Pilz, H. (1998). Cost Benefit Analysis of Plastic Recycling: Macroeconomic Assessment of Mechanical Recycling of Plastic Waste in Austria including Ecological Effects. Vienna: Federal Environment Agency.
17. IDC Perú anuncia que el mercado de Notebooks y Desktops creció 24% (2007). IDC Peru Sala de Prensa. Releases 2007. Obtenido el 22 de octubre del 2007.
18. Irasari, L.M<sup>a</sup>. (2002). Diseño de los equipos eléctricos y electrónicos (EEE) y su tratamiento cuando llegan a su fin de vida. En: *II Jornadas Técnicas sobre Reciclado de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Septiembre de 2002*. El Puerto de Santa María: CIT (Círculos de Investigación y Tecnología). [<http://www.uca.es/grupinvest/cit/jornadas/Jornadas2/default.html>, consulta el 24 de junio de 2003]
19. Hedelmanln, P; Carlsson, P; Palm, V. (1995). Waste from electrical and electronic product. A survey of the contents of materials and hazardous substances in electric and electronic products. *Tema Nord* (Copenhagen), 1995: 554. Nordic Council of Minister.
20. McCartney, B. (1998). Take-back of Cellular Phones. ECTEL (European Trade Organisation for the Telecommunication and Professional Electronics Industry) Cellular Phones Take-back Working Group.
21. Miguel, R. (2000). Componentes eléctricos y electrónicos. Simposium Internacional sobre el Reciclado. Barcelona, marzo de 2000.
22. Perú Empresa (2007a). *Vigoroso crecimiento del mercado de computadoras en el Perú*. Obtenido el 15 de octubre de <http://peruempresa.blogspot.com/2007/06/vigoroso-crecimiento-del-mercado.html>
23. Perú Empresa (2007b). *Perú con el mayor crecimiento en celulares en la región*. Obtenido el 15 de octubre del 2007 de <http://peruempresa.blogspot.com/2007/10/per-con-el-mayor-crecimientoen.html>
24. Riley, W.D; Daellenbach, C.B; Gabler, R.C.Jr. (1990). Recycling of Electronic Scrap. En: Metals Handbook. Volume 2. Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. Tenth Edition. USA: ASM International. p. 1228-1231.
25. Rovira, M; De Pablo, J. (2001). Reciclatge d'ordinadors i material electrònic. 5<sup>a</sup> Jornada Tècnica sobre Gestió de Residus Municipals: 3 d'Abril 2001. Barcelona: UPC [et al.], p. 101-107.

## **CAPITULO 13.- ANEXOS**

## ANEXO 1

## CAPITULO 16 DE LA DIRECTIVA 2002/96/CE

### Sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

(Los Residuos Peligrosos se indican con un asterisco (\*))

#### 16 RESIDUOS NO ESPECIFICADOS EN OTRO CAPITULO DE LA LISTA

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>16 01</b> | <b>Vehículos de diferentes medios de transporte (incluidas las máquinas no de carretera) al final de su vida útil y residuos del desguace de vehículos al final de su vida útil y del mantenimiento de vehículos (excepto los de los capítulos 13, 14 y los subcapítulos 16 06 y 16 08)</b>               |
| 16 01 03     | Neumáticos fuera de uso                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| [16 01 04*   | Vehículos al final de su vida útil". Nota: Esta entrada no está incluida en la propuesta que se presenta al Comité para dictamen. Las modificaciones necesarias a esta entrada se harán atendiendo al resultado de la tramitación en el Consejo de la propuesta que figura en el documento COM(2000) 546] |
| 16 01 06     | Vehículos al final de su vida útil que no contengan líquidos ni otros componentes peligrosos                                                                                                                                                                                                              |
| 16 01 07*    | Filtros de aceite                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 01 08*    | Componentes que contienen mercurio                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 01 09*    | Componentes que contienen PCB                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 01 10*    | Componentes explosivos (por ejemplo, air bags)                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 01 11*    | Zapatillas de freno que contienen amianto                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 16 01 12     | Zapatillas de freno distintas de las especificadas en el código 16 01 11                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 01 13*    | Líquidos de frenos                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 01 14*    | Anticongelantes que contienen sustancias peligrosas                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 01 15     | Anticongelantes distintos de los especificados en el código 16 01 14                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 01 16     | Depósitos para gases licuados                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 01 17     | Metales ferrosos                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 01 18     | Metales no ferrosos                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16 01 19     | Plástico                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16 01 20     | Vidrio                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 01 21*    | Componentes peligrosos distintos de los especificados en los códigos 16 01 07 a 16 01 11, 16 01 13 y 16 01 14                                                                                                                                                                                             |
| 16 01 22     | Componentes no especificados en otra categoría                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 01 99     | Residuos no especificados de otra forma                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>16 02</b> | <b>Residuos de equipos eléctricos y electrónicos</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 02 09*    | Transformadores y condensadores que contienen PCB                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 02 10*    | Equipos desechados que contienen PCB, o están contaminados por ellos, distintos de los especificados en el código 16 02 09                                                                                                                                                                                |
| 16 02 11*    | Equipos desechados que contienen clorofluorocarburos, HCFC, HFC                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16 02 12*    | Equipos desechados que contiene amianto libre                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 16 02 13*    | Equipos desechados que contienen componentes peligrosos [1], distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 y 16 02 12                                                                                                                                                                            |
| 16 02 14     | Equipos desechados distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 13                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 02 15*    | Componentes peligrosos retirados de equipos desechados                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 02 16     | Componentes retirados de equipos desechados distintos de los especificados en el código 16 02 15                                                                                                                                                                                                          |
| <b>16 06</b> | <b>Pilas y acumuladores</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 16 06 01*    | Baterías de plomo                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16 06 02*    | Acumuladores de Ni-Cd                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16 06 03*    | Pilas que contienen mercurio                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 16 06 04     | Pilas alcalinas (excepto 16 06 03)                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 16 06 05     | Otras pilas y acumuladores                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 16 06 06*    | Electrolitos de pilas y acumuladores recogidos selectivamente                                                                                                                                                                                                                                             |

[1] Los componentes peligrosos de equipos eléctricos y electrónicos pueden incluir las pilas y acumuladores clasificados como peligrosos en el subcapítulo 16 06, así como interruptores de mercurio, residuos de vidrio procedente de tubos catódicos y otros cristales activados.

## **ANEXO 2**

### **Categorías de aparatos eléctricos y electrónicos**

1. Grandes electrodomésticos
2. Pequeños electrodomésticos
3. Equipos de informática y telecomunicaciones
4. Aparatos electrónicos de consumo
5. Aparatos de alumbrado
6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)
7. Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre
8. Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados e infectados)
9. Instrumentos de vigilancia y control
10. Máquinas expendedoras

## ANEXO 3

### Lista de productos que están comprendidos en las categorías del anexo 2

#### 1. Grandes electrodomésticos

Grandes equipos refrigeradores  
 Frigoríficos, Congeladores.  
 Otros grandes aparatos utilizados para la refrigeración, conservación y almacenamiento de alimentos  
 Lavadoras, Secadoras, Lavavajillas.  
 Cocinas, Estufas eléctricas, Placas de calor eléctricas, Hornos de microondas.  
 Otros grandes aparatos utilizados para cocinar y en otros procesos de transformación de los alimentos  
 Aparatos de calefacción eléctricos, Radiadores eléctricos.  
 Otros grandes aparatos utilizados para calentar habitaciones, camas, muebles para sentarse  
 Ventiladores eléctricos, Aparatos de aire acondicionado.  
 Otros aparatos de aireación, ventilación aspirante y aire acondicionado

#### 2. Pequeños electrodomésticos

Aspiradoras, Limpiamoquetas, Otros aparatos de limpieza.  
 Aparatos utilizados para coser, hacer punto, tejer y para otros procesos de tratamiento de textiles  
 Planchas y otros aparatos utilizados para planchar y para dar otro tipo de cuidados a la ropa  
 Tostadoras, Freidoras.  
 Molinillos, cafeteras y aparatos para abrir o precintar envases o paquetes  
 Cuchillos eléctricos  
 Aparatos para cortar el pelo, para secar el pelo, para cepillarse los dientes, máquinas de afeitar, aparatos de masaje y otros cuidados corporales.  
 Relojes, relojes de pulsera y aparatos destinados a medir, indicar o registrar el tiempo.  
 Balanzas

#### 3. Equipos de informática y telecomunicaciones

Proceso de datos centralizado:  
 Grandes ordenadores  
 Miniordenadores  
 Unidades de impresión  
 Sistemas informáticos personales:  
 Ordenadores personales (incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado)  
 Ordenadores portátiles (incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado)  
 Ordenadores portátiles tipo «notebook»  
 Ordenadores portátiles tipo «notepad»  
 Impresoras, Copiadoras.  
 Máquinas de escribir eléctricas y electrónicas.  
 Calculadoras de mesa y de bolsillo  
 Y otros productos y aparatos para la recogida, almacenamiento, procesamiento, presentación o comunicación de información de manera electrónica.  
 Sistemas y terminales de usuario  
 Terminales de fax, Terminales de télex.  
 Teléfonos, Teléfonos de pago, Teléfonos inalámbricos.  
 Teléfonos celulares  
 Contestadores automáticos  
 Y otros productos o aparatos de transmisión de sonido, imágenes u otra información por telecomunicación

#### 4. Aparatos electrónicos de consumo

Radios, Televisores.  
 Videocámaras, Vídeos.  
 Cadenas de alta fidelidad  
 Amplificadores de sonido, Instrumentos musicales.  
 Y otros productos o aparatos utilizados para registrar o reproducir sonido o imágenes, incluidas las señales y tecnologías de distribución del sonido e imagen distintas de la telecomunicación

#### 5. Aparatos de alumbrado

Luminarias para lámparas fluorescentes con exclusión de las luminarias de hogares particulares.  
Lámparas fluorescentes rectas, Lámparas fluorescentes compactas.  
Lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos  
Lámparas de sodio de baja presión  
Otros aparatos de alumbrado utilizados para difundir o controlar luz con exclusión de las bombillas de filamentos

**6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)**

Taladradoras  
Sierras  
Máquinas de coser  
Herramientas para torneear, molturar, enarenar, pulir, aserrar, cortar, cizallar, taladrar, perforar, punzar, plegar, encorvar o trabajar la madera, el metal u otros materiales de manera similar.  
Herramientas para remachar, clavar o atornillar o para sacar remaches, clavos, tornillos o para aplicaciones similares.  
Herramientas para soldar (con o sin aleación) o para aplicaciones similares.  
Herramientas para rociar, esparcir, propagar o aplicar otros tratamientos con sustancias líquidas o gaseosas por otros medios.  
Herramientas para cortar césped o para otras labores de jardinería.

**7. Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre**

Trenes eléctricos o coches de carreras en pista eléctrica  
Consolas portátiles, Videojuegos.  
Ordenadores para realizar ciclismo, submarinismo, correr, hacer remo, etc.  
Material deportivo con componentes eléctricos o electrónicos.  
Máquinas tragaperras

**8. Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados e infectados)**

Aparatos de radioterapia  
Cardiología  
Diálisis  
Ventiladores pulmonares  
Medicina nuclear  
Aparatos de laboratorio para diagnóstico *in vitro*  
Analizadores  
Congeladores  
Pruebas de fertilización  
Otros aparatos para detectar, prevenir, supervisar, tratar o aliviar enfermedades, lesiones o discapacidades.

**9. Instrumentos de vigilancia y control**

Detector de humos  
Reguladores de calefacción  
Termostatos  
Aparatos de medición, pesaje o reglaje para el hogar o como material de laboratorio.  
Otros instrumentos de vigilancia y control utilizados en instalaciones industriales (por ejemplo, en paneles de control).

**10. Máquinas expendedoras**

Máquinas expendedoras de bebidas calientes  
Máquinas expendedoras de botellas o latas, frías o calientes  
Máquinas expendedoras de productos sólidos  
Máquinas expendedoras de dinero  
Todos los aparatos para suministro automático de toda clase de productos

## ANEXO 4

### Tratamiento selectivo de materiales y componentes de aparatos eléctricos y electrónicos de conformidad con el apartado 1 del artículo 6

1. Como mínimo, deberán extraerse los siguientes componentes, sustancias y preparados de todos los aparatos eléctricos y electrónicos recogidos por medios selectivos.
  - Condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB), de conformidad con la Directiva 96/59/CE del Consejo, de 16 de septiembre de 1996, relativa a la eliminación de los policlorobifenilos y de los policloroterfenilos (PCB/PCT) (1)
  - Componentes que contengan mercurio, por ejemplo, interruptores o bombillas con iluminación de fondo
  - Pilas y acumuladores
  - Tarjetas de circuitos impresos para teléfonos celulares, en general, y otros dispositivos si la superficie de la tarjeta de circuitos impresos tiene más de 10 centímetros cuadrados
  - Cartuchos de tóner, de líquido y pasta, así como tóner de color
  - Plásticos que contengan materiales piroretardantes bromados
  - Residuos de amianto y componentes que contengan amianto
  - Tubos de rayos catódicos
  - Clorofluorocarburos (CFC), hidroclorofluorocarburos (HCFC), hidrofluorocarburos (HFC) o hidrocarburos (HC)
  - Lámparas de descarga de gas
  - Pantallas de cristal líquido (junto con su carcasa si procede) de más de 100 centímetros cuadrados de superficie y todas las provistas de lámparas de descarga de gas como iluminación de fondo
  - Cables eléctricos exteriores
  - Componentes que contengan fibras cerámicas refractarias según la descripción de la Directiva 97/69/CE de la Comisión, de 5 de diciembre de 1997, por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 67/548/CEE del Consejo en materia de clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas (2)
  - Componentes que contengan sustancias radiactivas, con excepción de componentes que se encuentran por debajo de los umbrales de exención establecidos en el artículo 3 y en el anexo I de la Directiva 96/29/Euratom del Consejo, de 13 de mayo de 1996, por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes (3)
  - Condensadores electrolíticos que contengan sustancias de riesgo (altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares).

Estos componentes, sustancias y preparados se eliminarán o se valorizarán de conformidad con lo estipulado en el artículo 4 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo.

2. Los siguientes componentes de aparatos eléctricos y electrónicos recogidos por medios selectivos deberán someterse al tratamiento indicado.
  - Tubos de rayos catódicos: deberá eliminarse el revestimiento fluorescente.
  - Aparatos que contengan gases que agotan la capa de ozono o tienen un potencial de calentamiento global superior a 15, como, por ejemplo, los contenidos en espumas o en circuitos de refrigeración; estos gases se extraerán y se tratarán adecuadamente. Los gases que agotan la capa de ozono se tratarán de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento (CE) no 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de junio de 2000, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (4)
  - Lámparas de descarga de gas: se eliminará el mercurio.
3. Teniendo en cuenta consideraciones medioambientales y la conveniencia de reutilizar y reciclar, los apartados 1 y 2 se aplicarán de tal modo que no dificulte la reutilización y el reciclado correctos, desde el punto de vista medioambiental, de componentes o aparatos enteros.
4. En el marco del procedimiento mencionado en el apartado 2 del artículo 14, la Comisión evaluará de modo prioritario si los incisos relativos a:
  - Tarjetas de circuitos impresos para teléfonos celulares y
  - Pantallas de cristal líquido deben modificarse.
  -

## ANEXO 5

# D.S. N° 001-2012- MINAM, Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

469070

NORMAS LEGALES

El Peruano  
Lima, miércoles 27 de junio de 2012

## AMBIENTE

### Aprueban el Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

DECRETO SUPREMO  
N° 001-2012-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

#### CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, modificada por Decreto Legislativo N° 1065, y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, se regula la gestión y manejo de los residuos sólidos en el país;

Que, la Ley General de Residuos Sólidos establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar la gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana;

Que, la citada norma asimismo establece que la gestión y manejo de los residuos sólidos se rige especialmente por lineamientos de política que podrán ser exigibles programáticamente en función de las posibilidades técnicas y económicas para alcanzar su cumplimiento;

Que, el numeral 3) del artículo 4° de la Ley N° 27314, modificado por Decreto Legislativo N° 1065, establece como un lineamiento de política para la gestión de los residuos sólidos, el establecimiento de un sistema de responsabilidad compartida y de manejo integral de los residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final, a fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos en la salud humana y el ambiente, sin perjuicio de las medidas técnicamente necesarias para el manejo adecuado de los residuos sólidos peligrosos. Este sistema comprenderá, entre otros, la responsabilidad extendida de las empresas que producen, importan y comercializan bienes de consumo masivo y que, consecuentemente, contribuyen a la generación de residuos en una cantidad importante o con características de peligrosidad;

Que, asimismo, el numeral 6) del artículo 4° de la referida Ley consigna como política, el fomentar sexto lineamiento de política contenido en la Ley General de Residuos Sólidos, modificada por Decreto Legislativo N° 1065, consigna fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final;

Que, los aparatos eléctricos y electrónicos son bienes de consumo masivo en el país, con tendencia a un crecimiento significativo, lo que implica la generación de una cantidad considerable de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE);

Que, en la actualidad el manejo de los RAEE es inadecuado, al ser dispuestos como residuos urbanos en rellenos sanitarios o botaderos de residuos sólidos o reciclados informalmente de forma inadecuada, constituyéndose en un riesgo para la salud de las personas y para el ambiente. Sin embargo, los mismos contienen componentes valiosos que pueden ser recuperados en lugar de perderse en los rellenos sanitarios o botaderos de residuos sólidos, y cuyo manejo adecuado brinda

oportunidades de trabajo en sus etapas de recolección, tratamiento y disposición final;

Que, el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente establece como su función general el diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental, asumiendo la rectoría con respecto a ella;

Que, el literal k) del artículo 7° del mencionado Decreto Legislativo establece como una de las funciones específicas del Ministerio del Ambiente promover y coordinar la adecuada gestión de los residuos sólidos, la protección de la calidad del aire y el control del ruido y de las radiaciones no ionizantes;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del artículo 118° de la Constitución Política;

#### DECRETA:

**Artículo 1°.- Aprobación del Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos**

Apruébese el Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos que consta de cinco (5) Títulos, veintún (21) Artículos, seis (6) Disposiciones Complementarias Finales y Transitorias y cinco (5) Anexos, que forman parte del presente Decreto Supremo.

#### Artículo 2°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintiséis días del mes de junio del año dos mil doce.

OLLANTA HUMALA TASSO

Presidente Constitucional de la República

MANUEL PULGAR VIDAL

Ministro del Ambiente

### REGlamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

#### TÍTULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES

#### Artículo 1°.- Objetivos

1. Establecer un conjunto de derechos y obligaciones para la adecuada gestión y manejo ambiental de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) a través de las diferentes etapas de manejo: generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final, involucrando a los diferentes actores en el manejo responsable, a fin de prevenir, controlar, mitigar y evitar daños a la salud de las personas y al ambiente.

2. Establecer las responsabilidades de los actores involucrados en el manejo de los RAEE y que los productores de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), para que conjuntamente con las municipalidades, los operadores de RAEE y consumidores o usuarios de AAE, asuman algunas etapas de este manejo, como parte de un sistema de responsabilidad compartida, diferenciada y con un manejo integral de los residuos sólidos, que comprenda la responsabilidad extendida del productor (REP), y cuyo funcionamiento como sistema se regula a través del presente Reglamento.

#### Artículo 2°.- Ámbito de aplicación

Este Reglamento es de aplicación a toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que realice actividades y acciones relativas a la gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), en la etapa post-consumo de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE).

Los RAEE sujetos al presente Reglamento son los residuos de AEE categorizados según lo establecido por la normativa de la Comunidad Económica Europea y que están detallados en el Anexo 2.

469070

NORMAS LEGALES

El Perú  
Lima, miércoles 27 de junio de 2012

## AMBIENTE

**Aprueban el Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos**DECRETO SUPREMO  
N° 001-2012-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

## CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, modificada por Decreto Legislativo N° 1065, y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, se regula la gestión y manejo de los residuos sólidos en el país;

Que, la Ley General de Residuos Sólidos establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar la gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana;

Que, la citada norma asimismo establece que la gestión y manejo de los residuos sólidos se rige especialmente por lineamientos de política que podrán ser exigibles programáticamente en función de las posibilidades técnicas y económicas para alcanzar su cumplimiento;

Que, el numeral 3) del artículo 4° de la Ley N° 27314, modificada por Decreto Legislativo N° 1065, establece como un lineamiento de política para la gestión de los residuos sólidos, el establecimiento de un sistema de responsabilidad compartida y de manejo integral de los residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final, a fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos en la salud humana y el ambiente, sin perjuicio de las medidas técnicamente necesarias para el manejo adecuado de los residuos sólidos peligrosos. Este sistema comprenderá, entre otros, la responsabilidad extendida de las empresas que producen, importan y comercializan bienes de consumo masivo y que, consecuentemente, contribuyen a la generación de residuos en una cantidad importante o con características de peligrosidad;

Que, asimismo, el numeral 5) del artículo 4° de la referida Ley consigna como política, el fomentar sexto lineamiento de política contenido en la Ley General de Residuos Sólidos, modificada por Decreto Legislativo N° 1065, consigna fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final;

Que, los aparatos eléctricos y electrónicos son bienes de consumo masivo en el país, con tendencia a un crecimiento significativo, lo que implica la generación de una cantidad considerable de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE);

Que, en la actualidad el manejo de los RAEE es inadecuado, al ser dispuestos como residuos urbanos en rellenos sanitarios o botaderos de residuos sólidos o reciclados informalmente de forma inadecuada, constituyéndose en un riesgo para la salud de las personas y para el ambiente. Sin embargo, los mismos contienen componentes valiosos que pueden ser recuperados en lugar de perderse en los rellenos sanitarios o botaderos de residuos sólidos, y cuyo manejo adecuado brinda

oportunidades de trabajo en sus etapas de recolección, tratamiento y disposición final;

Que, el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente establece como su función general el diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental, asumiendo la rectoría con respecto a ella;

Que, el literal k) del artículo 7° del mencionado Decreto Legislativo establece como una de las funciones específicas del Ministerio del Ambiente promover y coordinar la adecuada gestión de los residuos sólidos, la protección de la calidad del aire y el control del ruido y de las radiaciones no ionizantes;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del artículo 118° de la Constitución Política;

## DECRETA:

**Artículo 1°.- Aprobación del Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos**

Apruébese el Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos que consta de cinco (5) Títulos, veintidós (22) Artículos, seis (6) Disposiciones Complementarias Finales y Transitorias y cinco (5) Anexos, que forman parte del presente Decreto Supremo.

**Artículo 2°.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de junio del año dos mil doce.

OLLANTA HUMALATASSO

Presidente Constitucional de la República

MANUEL PULGAR VIDAL

Ministro del Ambiente

**REGLAMENTO NACIONAL PARA LA GESTIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS**

## TÍTULO I

## DISPOSICIONES GENERALES

**Artículo 1°.- Objetivos**

1. Establecer un conjunto de derechos y obligaciones para la adecuada gestión y manejo ambiental de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) a través de las diferentes etapas de manejo: generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final, involucrando a los diferentes actores en el manejo responsable, a fin de prevenir, controlar, mitigar y evitar daños a la salud de las personas y al ambiente.

2. Establecer las responsabilidades de los actores involucrados en el manejo de los RAEE y que los productores de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), para que conjuntamente con las municipalidades, los operadores de RAEE y consumidores o usuarios de AEE, asuman algunas etapas de este manejo, como parte de un sistema de responsabilidad compartida, diferenciada y con un manejo integral de los residuos sólidos, que comprenda la responsabilidad extendida del productor (REP), y cuyo funcionamiento como sistema se regula a través del presente Reglamento.

**Artículo 2°.- Ámbito de aplicación**

Este Reglamento es de aplicación a toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que realice actividades y acciones relativas a la gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), en la etapa post-consumo de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE).

Los RAEE sujetos al presente Reglamento son los residuos de AEE categorizados según lo establecido por la normativa de la Comunidad Económica Europea y que están detallados en el Anexo 2.

469072

## NORMAS LEGALES

El Peruano  
Lima, miércoles 27 de junio de 2012

productivas, comerciales, domésticas o de servicios genera estos residuos.

Son obligaciones de los Generadores, las siguientes:

1. Segregar los RAEE de los residuos sólidos municipales.
2. Entregar los RAEE a los sistemas de manejo establecidos, a una EPS-RS o a una EC-RS que se encuentren debidamente autorizadas.
3. En el caso de los generadores del sector público, realizar los trámites necesarios para la baja administrativa de los RAEE, previo a su entrega a los sistemas de manejo establecidos, o a una EPS-RS o a una EC-RS autorizada.

Son responsables de los RAEE desde su generación hasta su entrega, de manera segura, a los sistemas de manejo individuales o colectivos registrados. Una vez entregado los RAEE a los sistemas de manejo establecidos, a una EPS-RS o a una EC-RS debidamente autorizadas, los generadores quedan exentos de responsabilidad por los daños que ocasione el inadecuado manejo de los RAEE, salvo que se demuestre que su negligencia o dolo, omisión u ocultamiento de información sobre el manejo, origen, cantidad y características de peligrosidad de dichos residuos, contribuyó a la generación del daño.

Los generadores pierden sus derechos sobre la información que puedan contener los RAEE una vez entregados a los sistemas de manejo establecidos, a una EPS-RS o a una EC-RS debidamente autorizadas. Es su responsabilidad, la destrucción de los datos contenidos en los dispositivos de almacenamiento de información.

## CAPÍTULO II

## Productores de AEE

**Artículo 11º.- Obligaciones de los Productores de AEE**

Se considera como Productor de AEE a toda persona natural o jurídica que realiza actividades vinculadas a los aparatos eléctricos y electrónicos sea como fabricante o ensamblador, importador, distribuidor o comercializador.

Son obligaciones de los Productores de AEE, de manera individual o como agrupación entre varios productores, las siguientes:

1. Diseñar, implementar y administrar un sistema de manejo de RAEE, el cual puede ser individual, colectivo o ambos, conforme se estipula en el Artículo 16º del presente Reglamento.
2. Recibir, sin costo, los RAEE de sus clientes dentro del área geográfica correspondiente al sistema de manejo de RAEE establecido.
3. Garantizar el manejo ambiental adecuado de los RAEE, mediante su entrega a operadores de RAEE debidamente registrados. Entregado los RAEE a los operadores, los productores quedan exentos de responsabilidad por los daños que ocasione el inadecuado manejo de los RAEE, salvo que se demuestre que su negligencia, dolo, omisión u ocultamiento de información sobre el manejo, origen, cantidad y/o características de peligrosidad de dichos residuos, contribuyó a la generación del daño.
4. Presentar un Plan de Manejo de RAEE (de manera individual o como agrupación de productores) a la autoridad sectorial competente en el formato del Anexo 3 según corresponda, para su aprobación. En caso que el productor tuviera una actividad que no haya sido identificada como perteneciente a un determinado sector o, en caso que dos o más sectores se invoque la competencia sobre alguna actividad del generador, corresponderá al MINAM determinar la autoridad sectorial competente.
5. Implementar el Plan de Manejo de RAEE aprobado.
6. Proveer a sus clientes información, al momento de la venta de sus equipos, acerca de la forma de manejo ambiental de los RAEE que se generen, haciendo hincapié en que deben ser separados de los residuos sólidos municipales y manejados por operadores de RAEE. Asimismo, proveer datos del portal electrónico donde encontrarán mayor información.

7. Informar a sus clientes, al momento de la venta de sus AEE, que los RAEE generados serán recibidos, sin costo, en los respectivos sistemas de manejo de RAEE implementados.

8. Informar a los operadores de RAEE, cuáles componentes contienen material peligroso.

9. En caso de exportar RAEE deberán cumplir los procedimientos establecidos por la autoridad competente en concordancia con la normatividad vigente.

## Subcapítulo I

## Planes de Manejo

**Artículo 12º.- De los planes de manejo de RAEE**

El Plan de Manejo de RAEE es un instrumento de gestión ambiental mediante el cual el productor o una agrupación de productores presenta a la autoridad competente las acciones a desarrollar para el manejo adecuado de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

El Plan de Manejo de RAEE comprende:

- a) Nombre del productor o agrupación de productores de AEE.
- b) Sistema (individual o colectivo) con el que manejará los RAEE: Si corresponde al sistema colectivo, la lista de operadores de RAEE y municipalidades que intervienen, considerando lo señalado en el artículo 15º del presente Reglamento. En caso se opte por el sistema colectivo deberá precisarse la responsabilidad individual de cada actor integrante del sistema.
- c) Nombre del representante y datos de contacto.
- d) La(s) marca(s) que maneja(n).
- e) Descripción de las etapas de recolección, transporte, almacenamiento y reaprovechamiento, y de los operadores que utilizarán.
- f) Meta anual de manejo de RAEE (en unidades de peso), considerando los lineamientos que señale el MINAM al respecto.
- g) Forma de financiamiento del manejo de los RAEE.
- h) Destino de los RAEE: centro de acopio, beneficiarios, centros de tratamiento o disposición final, según sea el caso. Nombre y dirección de los servicios que utilizarán o de los beneficiarios.
- i) Descripción de la estrategia de comunicación y sensibilización para promover y/o incentivar el acopio de los RAEE.

## Subcapítulo II

## Declaración Anual

**Artículo 13º.- De la Declaración Anual de los Productores**

Presentar una declaración anual a la autoridad sectorial competente en los formatos del Anexo 4, según corresponda, que contenga:

- a) Sistema de manejo de RAEE.
- b) Cantidad de RAEE recolectado.
- c) Operador de RAEE registrado utilizado.
- d) Cantidad de RAEE entregado para su manejo.
- e) Formas de disposición de los RAEE: tratamiento y disposición final.
- f) Cantidad de RAEE exportados (si es el caso) y destino.

En caso se opte por la el sistema colectivo de manejo de RAEE, en la declaración anual deberá precisarse la responsabilidad individual de cada actor integrante del sistema.

## CAPÍTULO III

## Operadores de RAEE

**Artículo 14º.- Obligaciones de los Operadores de RAEE**

Son obligaciones de los operadores de RAEE:

1. Estar debidamente registrados por la autoridad competente como EPS-RS o EC-RS.

2. Priorizar el manejo de los RAEE considerando cualquiera de los procesos siguientes:

- Reutilización.
- Reciclado.
- Recuperación o Valorización.
- Disposición final.

Las instalaciones deberán cumplir los requisitos técnicos que se exigen en la Ley General de Residuos Sólidos y su Modificatoria, así como, considerar los requisitos técnicos que se señalen en las normas técnicas peruanas respectivas.

3. En caso que no se disponga de tecnología adecuada de tratamiento para el reaprovechamiento o reducción de peligrosidad, los componentes que provienen de la operación de descontaminación de los RAEE deben disponerse en lugares de disposición final autorizados, de acuerdo a la Ley General de Residuos Sólidos. Tales componentes son:

- Pilas y baterías o acumuladores.
- Componentes que contengan PCBs (bifenilos policlorados).
- Componentes que contengan mercurio.
- Componentes que contengan hidrocarburos volátiles halogenados e hidrocarburos volátiles.
- Tubos de Rayos catódicos.
- Otros componentes que contengan sustancias peligrosas.

4. Contar con almacenes para los componentes desmontados y recipientes adecuados para almacenar pilas, acumuladores y otros componentes que deriven de la descontaminación RAEE.

5. Realizar la disposición final en lugares destinados para tal fin de acuerdo a la Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento.

6. En caso de exportar RAEE deberán cumplir los procedimientos establecidos por la autoridad competente en concordancia con la normatividad vigente.

#### Subcapítulo I

##### Declaración Anual

**Artículo 16°.- De la Declaración Anual de los Operadores de RAEE**

Reportar anualmente a la autoridad competente, en el formato del Anexo 5, según corresponda, la información siguiente:

- a) Cantidad de RAEE que ingresa según los sistemas de manejo de RAEE.
- b) Cantidad de RAEE recibido de otras fuentes.
- c) Cantidad y destino de los RAEE tratados para reaprovechamiento (mercado local o externo) y disposición final.
- d) Cantidad y clase de los RAEE destruidos y dispuestos.

#### TÍTULO IV

##### SISTEMAS DE MANEJO DE RAEE

**Artículo 18°.- Los sistemas de manejo de RAEE**

Los sistemas de manejo de los RAEE pueden ser de dos tipos:

1. **Sistema Individual:** Es aquel en el cual un productor o agrupación de productores establece su propio Sistema de Manejo de RAEE, en cuyo caso la formulación, presentación, financiación e implementación del sistema es de su exclusiva responsabilidad.

Los productores que elijan este sistema deberán:

- a) Presentar un Plan de Manejo de RAEE ante la autoridad sectorial competente.
- b) Garantizar facilidades de entrega de los RAEE por parte de sus clientes en la jurisdicción elegida.
- c) Garantizar el cumplimiento de las metas estipuladas en su Plan de Manejo.

d) Garantizar el financiamiento de su Plan de Manejo de RAEE.

2. **Sistema Colectivo:** Es aquel que involucra a un conjunto o agrupación mixta entre productores, operadores de RAEE y/o gobiernos locales y/o gobiernos regionales para la implementación conjunta del sistema de manejo de RAEE, en el que la formulación, presentación e implementación del sistema es cofinanciada/compartida por los diferentes actores, los mismos que deben elegir un representante o vocero para las gestiones ante las autoridades competentes, y precisar la responsabilidad asumida por cada una de las partes involucradas.

Los productores de AEE que elijan este sistema incluirán dentro del Plan de Manejo de RAEE la siguiente información:

- a) El listado de miembros que integran este sistema.
- b) Los lugares de aplicación del sistema.
- c) El nombre de la persona designada como representante ante la autoridad sectorial competente, así como sus datos de contacto.
- d) Las obligaciones que asume cada miembro integrante del sistema en su gestión y financiamiento respectivo en las diversas etapas del sistema de manejo de los RAEE.

#### CAPÍTULO I

##### De la recolección

**Artículo 17°.- De la recolección selectiva**

Se realizará la recolección selectiva de los RAEE generados por las diferentes fuentes o usuarios de AEE, por medio de operadores de RAEE o por los medios logísticos del productor o generador, bajo su responsabilidad, para ser transportados y entregados de manera segura a los productores, centros de acopio o a operadores de tratamiento o disposición final de RAEE registrados, según los sistemas de manejo o planes de manejo autorizados.

**Artículo 18°.- De los Centros de Acopio RAEE**

Los centros de acopio pueden ser municipales, privados, mixtos u otros y ser temporales o permanentes, de acuerdo a los sistemas de manejo de RAEE. Deben contar con seguridad e instalaciones adecuadas. La información de los centros de acopio será provista por los productores o los operadores de RAEE, según el sistema de manejo de RAEE elegido.

a) **Centros de Acopio Temporales:**

Son los que se implementan sólo durante las campañas y su duración está limitada al tiempo que dure la misma. Requieren de coordinación con la municipalidad donde se realiza. El organizador de la campaña informará al MINAM sobre los resultados de dicho evento.

b) **Centros de Acopio Permanentes:**

Son los centros instalados en lugares destinados al acopio permanente de RAEE, dotados de pisos impermeables y que cuentan con seguridad y facilidades para recibir RAEE de diferentes fuentes: residencias, pequeñas empresas o RAEE proveniente de la recolección hecha por los productores.

c) **Almacenes Privados:**

Son los almacenes de los productores que trabajan con el sistema individual. Los almacenes permanentes deben tener pisos impermeables y seguridad.

Los centros de acopio temporal, permanente y los almacenes privados deben considerar los requerimientos dados en la Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento.

**Artículo 19°.- De los requisitos técnicos del manejo de RAEE**

Los requisitos técnicos de manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) serán establecidos considerando el cumplimiento de lo señalado en la Ley General de Residuos Sólidos y su modificatoria, así como los requisitos técnicos que se señalen en las normas técnicas peruanas.

**TÍTULO V****INCENTIVOS, INFRACCIONES Y SANCIONES****Artículo 20°.- De los Incentivos**

Por el adecuado manejo ambiental de los RAEE, se considerarán los incentivos siguientes:

1. Difusión de listados con los nombres de los productores, operadores de RAEE, gobiernos locales e instituciones que hayan demostrado un buen desempeño en el manejo ambiental de RAEE.

2. Distinción y reconocimiento público de experiencias exitosas de manejo ambiental de RAEE por parte del MINAM.

El otorgamiento de estos beneficios deberá hacerse de acuerdo con las normas legales correspondientes y en función de la Ley General del Ambiente, de la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

**Artículo 21°.- De las infracciones y sanciones**

La autoridad sectorial, en coordinación con el MINAM tipificará las infracciones e impondrá las sanciones correspondientes dentro del marco de sus facultades conferidas por Ley, observando la debida proporción entre los daños ocasionados por el infractor y la sanción a imponer en aplicación de los principios de tipicidad y razonabilidad establecidos en la Ley Nº 27444, Ley de Procedimiento Administrativo General.

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS  
FINALES Y TRANSITORIAS**

**Primera.-** El MINAM, en un plazo no mayor de 45 días, a partir de la aprobación del presente Reglamento, convocará a la instalación y funcionamiento de un Comité de Apoyo Técnico para la gestión y manejo de los RAEE, de naturaleza temporal, el cual estará integrado por representantes del MINAM, DIGESA, SUNAT, Superintendencia Nacional de Bienes Estatales, representantes de los productores de AEE, representantes de los operadores de RAEE, representante de los gobiernos locales, representante de la sociedad civil.

**Segunda.-** Las autoridades competentes en materia de las responsabilidades establecidas en el presente Reglamento deberán adecuar sus respectivos procedimientos administrativos a fin de facilitar el cumplimiento de las obligaciones señaladas para los actores del sector privado, en un plazo no mayor de 60 días a partir de la aprobación del presente dispositivo.

**Tercera.-** Los productores de los AEE correspondientes a las categorías "equipos de informática y telecomunicaciones" y "aparatos electrónicos de consumo" señalados en el anexo 2 del presente Reglamento, deberán presentar ante su respectiva autoridad sectorial competente (Ministerio de la Producción o Ministerio de Transportes y Comunicaciones, según corresponda a la actividad económica principal del productor de los AEE) el Plan de Manejo de RAEE en un plazo no mayor de 12 meses a partir de la aprobación del presente Reglamento.

El Plan de Manejo de los RAEE deberá considerar un plazo no mayor de 06 meses a partir de la aprobación de dicho Plan, para dar inicio a la implementación de las acciones respectivas. Los productores de los AEE correspondientes a las demás categorías señaladas en el Anexo 2, presentarán su Plan de Manejo de RAEE en un plazo a ser establecido por el MINAM, considerando el gradual desarrollo en el país de las condiciones adecuadas para el tratamiento y disposición final de los RAEE respectivos.

**Cuarta.-** Los productores de RAEE considerados como micro o pequeño empresarios de acuerdo a la normativa vigente, podrán agruparse para implementar un sistema de manejo de RAEE colectivo o integrarse en los sistemas de manejo de RAEE a ser implementados en el marco del presente Reglamento.

**Quinta.-** El Ministerio del Ambiente queda facultado para dictar las disposiciones complementarias que

sean necesarias para la mejor aplicación del presente Reglamento.

**Sexta.-** El presente Reglamento entrará en vigencia al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

**ANEXO 1****DEFINICIONES**

Para efectos del presente Reglamento, la palabra "Reglamento" estará referida al Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Asimismo, el acrónimo RAEE está referido a los "Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos"

1. **Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE):** Aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los dispositivos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos.

2. **Acopio de RAEE:** Acción para reunir transitoriamente los RAEE en un lugar determinado denominado centro de acopio, de manera segura y ambientalmente adecuada, con la finalidad de facilitar su posterior manejo a través de Operadores de RAEE.

3. **Almacenamiento de RAEE:** Operación de acumulación de RAEE en condiciones ambientalmente adecuadas y seguras.

4. **Autoridad competente para RAEE:** Entidad que regula, controla, fiscaliza o emite las autorizaciones correspondientes conforme a ley de las actividades concernientes a la gestión y manejo de RAEE. En materia ambiental, su identificación depende del tipo de actividad económica principal que realice el administrado según sea el caso (productor de AEE, operador o generador de RAEE).

5. **Centro de acopio de RAEE:** Lugar acondicionado para recibir y almacenar RAEE de forma segura y ambientalmente adecuada hasta que sean entregados a los operadores de RAEE para continuar su manejo.

6. **Comercializador de AEE:** Persona natural o jurídica que compra, vende AEE. Se incluyen las cadenas de tiendas.

7. **Consumidor de AEE:** Persona natural o jurídica que adquiere aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) para su uso como destinatario final. Pueden ser diferenciados en tres segmentos: sector público, sector privado y hogares.

8. **Descontaminación de RAEE:** Operación que comprende la separación de los componentes que contienen sustancias o materiales peligrosos presentes en el RAEE como primer paso del desmantelamiento. Los componentes separados deben ser dispuestos en lugares adecuados de disposición final de acuerdo a la Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento, o reciclados, en el país (si existe la tecnología) o en el exterior.

9. **Desmantelamiento/Desensamblaje de RAEE:** Operación que consiste en desmontar los diferentes componentes del RAEE para el reaprovechamiento de los diferentes materiales.

10. **Distribuidor de AEE:** persona natural o jurídica que vende o suministra al por mayor o al por menor comercialmente aparatos eléctricos y electrónicos destinados finalmente al consumidor, aun cuando ello no se desarrolle en establecimientos abiertos al público.

11. **Generador de RAEE:** Persona natural o jurídica que en razón de sus actividades productivas, comerciales, domésticas o de servicios genera RAEE. También se considerará generador al poseedor de RAEE, cuando no se pueda identificar al generador real. Asimismo incluye a los usuarios domésticos de los AEE que luego se convierten en RAEE.

12. **Importadores de AEE:** Empresas que se dedican a la importación de AEE completos de primer o de segundo uso, o de partes para el ensamble local, para su posterior comercialización.

13. **Marca de AEE:** Símbolo, palabra o distintivo que identifica un AEE o alguno de sus componentes en el mercado de consumo.

14. **Meta anual de manejo de RAEE:** Cantidad de RAEE (en unidades de peso) aprobada por MINAM como meta anual del país que debe ingresar a los sistemas de

manejo de RAEE individual o colectivo. En el caso del productor de AEE, es la cantidad de RAEE (en unidades de peso) señalada en su respectivo plan de manejo aprobado por la autoridad competente.

**16. Operadores de RAEE:** Empresas registradas y autorizadas por la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA como Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS) o Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS), que se encargan del manejo total o parcial de los RAEE en instalaciones adecuadas. Realizan actividades de recolección, transporte, almacenamiento, segregación y/o tratamiento para el reaprovechamiento o disposición final de los RAEE.

**18. Plan de Manejo de RAEE:** Instrumento de gestión ambiental mediante el cual el productor de manera individual o un conjunto de productores de manera colectiva presentan a la autoridad competente las acciones a desarrollar para el manejo adecuado de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

**17. Productor de AEE:** Para efectos del presente Reglamento, se define como tal a toda persona natural o jurídica que realiza actividades vinculadas a los aparatos eléctricos y electrónicos en cualquiera de las siguientes modalidades:

- a) Fabricantes o ensambladores que comercializan AEE sin marca o con marca propia.
- b) Importadores de AEE con marca propia del fabricante.
- c) Importadores de componentes de AEE que ensamblan y venden AEE con marca propia del vendedor.
- d) Distribuidores de AEE.
- e) Comercializadores de AEE.

**18. RAEE históricos:** Son aquellos que proceden de productos puestos en el mercado con anterioridad a la vigencia del Reglamento RAEE.

**19. RAEE huérfanos:** RAEE de marcas que han desaparecido o ya no trabajan más en el país, sin que exista una empresa que se responsabilice de los mismos.

**20. RAEE ensamblados sin marca ni identificación:** Residuos de AEE ensamblados en el país cuyos productores no se pueden identificar ni se responsabilizan por su manejo.

**21. Reaprovechamiento de RAEE:** Volver a obtener un beneficio del RAEE o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización.

**22. Reciclaje de RAEE:** Toda actividad que permite reaprovechar un RAEE mediante un proceso de transformación en instalaciones autorizadas, locales o en el exterior, para cumplir su fin inicial u otros fines.

**23. Recolección selectiva de RAEE:** Recolección de RAEE de forma diferenciada de otros flujos de residuos, para facilitar su manejo por los operadores de RAEE.

**24. Recuperación de RAEE:** Toda actividad que permite reaprovechar parte de sustancias o componentes de un RAEE, como materiales o energía, para uso o procesamiento.

**25. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE):** Aparatos eléctricos o electrónicos que han alcanzado el fin de su vida útil por uso u obsolescencia y que se convierten en residuos. Comprende también los componentes, subconjuntos, periféricos y consumibles de algunas categorías de aparatos.

**26. Responsabilidad Compartida sobre RAEE:** Enfoque de política ambiental mediante el cual se atribuye a cada persona la responsabilidad por los RAEE que genera o maneja en las distintas etapas de la vida de un AEE o del desarrollo de una actividad en las que este interviene.

**27. Responsabilidad Extendida del Productor de AEE:** Enfoque de política ambiental mediante el cual, la responsabilidad del productor de AEE se amplía a la fase post-consumo del ciclo de vida de un producto, en las etapas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de forma ambientalmente adecuada.

**28. Reutilización o Reuso de RAEE:** Toda actividad que permite reaprovechar directamente los RAEE o

alguno de sus componentes, con el objeto de que cumpla el mismo fin para el que fue fabricado originalmente, contemplando estándares ambientales.

**29. Sistema de manejo de RAEE:** Conjunto de entidades que interactúan en las diversas etapas de la gestión de los RAEE, para asegurar su control y manejo ambientalmente adecuado, bajo el marco de la responsabilidad compartida que comprende la responsabilidad extendida del productor. Se considera sistema individual cuando un solo productor establece su propio sistema y se responsabiliza del mismo, y sistema colectivo cuando una agrupación de productores, operadores y/o gobiernos locales establece y se responsabiliza del sistema.

**30. Tratamiento de RAEE:** Actividades que se realizan en las instalaciones de los operadores de RAEE que comprenden: descontaminación, desensamblaje, reacondicionamiento, trituración, recuperación o preparación para disposición final de los RAEE.

**31. Transporte de RAEE:** Etapa que consiste en trasladar los RAEE desde las instalaciones del generador o del centro de acopio a las instalaciones del operador que tratará estos residuos. También comprende el traslado al exterior del país.

## ANEXO 2

### CATEGORÍAS DE AEE

#### 1. Grandes electrodomésticos:

- Grandes equipos refrigeradores
- Frigoríficos
- Congeladores
- Otros grandes aparatos utilizados para la refrigeración, conservación y almacenamiento de alimentos
- Lavadoras
- Secadoras
- Lavavajillas
- Cocinas
- Estufas eléctricas
- Placas de calor eléctricas
- Hornos de microondas
- Otros grandes aparatos utilizados para cocinar y en otros procesos de transformación de alimentos
- Aparatos de calefacción eléctrica
- Radiadores eléctricos
- Otros grandes aparatos utilizados para calentar habitaciones, camas, muebles para sentarse
- Ventiladores eléctricos
- Aparatos de aire acondicionado
- Otros aparatos de aireación, ventilación aspirante y aire acondicionado

#### 2. Pequeños electrodomésticos:

- Aspiradoras
- Otros aparatos y difusores de limpieza y mantenimiento
- Aparatos utilizados para coser, hacer punto, tejer y para otros procesos de tratamiento de textiles
- Planchas y otros aparatos utilizados para planchar y para dar otro tipo de cuidados a la ropa
- Tostadoras
- Freidoras
- Cafeteras y aparatos para abrir o precintar envases o paquetes
- Cuchillos eléctricos
- Aparatos para cortar el pelo, para secar el pelo, para cepillarse los dientes, máquinas de afeitar, aparatos de masaje y otros cuidados corporales
- Relojes, relojes de pulsera y aparatos destinados a medir, indicar o registrar el tiempo
- Balanzas

#### 3. Equipos de informática y telecomunicaciones:

##### a) Proceso de datos centralizado:

- Grandes computadores
- Mini computadores
- Unidades de impresión

469076

**NORMAS LEGALES**

El Peruano  
Lima, miércoles 27 de junio de 2012

**b) Sistemas informáticos personales:**

- Computadores personales (Incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado)
- Computadores portátiles (Incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado)
- Computadores portátiles tipo notebook
- Computadores portátiles tipo notepad
- Impresoras
- Copiadoras
- Máquinas de escribir eléctricas o electrónicas
- Calculadoras de mesa o de bolsillo
- Otros productos y aparatos para la recogida, almacenamiento, procesamiento, presentación o comunicación de información de manera electrónica
- Sistemas y terminales de usuario
- Terminales de fax
- Terminales de télex
- Teléfonos fijos
- Teléfonos inalámbricos
- Teléfonos celulares
- Contestadores automáticos
- Otros productos o aparatos de transmisión de sonido, imágenes u otra información por telecomunicación

**4. Aparatos electrónicos de consumo:**

- Radios
- Televisores
- Videocámaras
- Vídeos
- Cadenas de alta fidelidad
- Amplificadores de sonido
- Instrumentos musicales
- Otros productos o aparatos utilizados para registrar o reproducir sonido o imágenes, incluidas las señales y tecnologías de distribución del sonido e imagen distintas de la telecomunicación

**5. Aparatos de alumbrado:**

- Luminarias para lámparas fluorescentes, excluidas las luminarias de hogares particulares
- Lámparas fluorescentes rectas
- Lámparas fluorescentes compactas
- Lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos
- Lámparas de sodio de baja presión
- Otros aparatos de alumbrado utilizados para difundir o controlar luz, excluidas las bombillas de filamentos

**6. Herramientas eléctricas y electrónicas:**

- Taladradoras
- Sierras
- Máquinas de coser
- Herramientas para torear, molurar, enarenar, pulir, aserrar, cortar, cizallar, taladrar, perforar, punzar, plegar, encurvar o trabajar la madera, el metal u otros materiales de manera similar
- Herramientas para remachar, clavar o atomillar o para sacar remaches, clavos, tornillos o para aplicaciones similares
- Herramientas para soldar (con o sin aleación) o para aplicaciones similares
- Herramientas para rociar, esparcir, propagar o aplicar otros tratamientos con sustancias líquidas o gaseosas por otros medios
- Herramientas para cortar césped o para otras labores de jardinería
- Otras herramientas (excepto las herramientas

industriales fijas permanentemente de gran envergadura, instaladas por profesionales)

**7. Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre:**

- Trenes eléctricos o coches en pista eléctrica
- Consolas portátiles
- Videojuegos
- Ordenadores para realizar ciclismo, submarinismo, correr, remar, etc.
- Material deportivo con componentes eléctricos o electrónicos
- Máquinas tragamonedas, máquinas de juego en general
- Otros juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre eléctricos o electrónicos.

**8. Aparatos médicos (excepto todos los productos implantados e infectados):**

- Aparatos de radioterapia
- Cardiología
- Diálisis
- Ventiladores pulmonares
- Aparatos de laboratorio para diagnóstico in vitro
- Analizadores
- Congeladores
- Pruebas de fertilización
- Otros aparatos para detectar, prevenir, supervisar, tratar o aliviar enfermedades, lesiones o discapacidades

**9. Instrumentos de vigilancia y control:**

- Detector de humos
- Reguladores de calefacción
- Termostatos
- Aparatos de medición, pesaje o reglaje para el hogar o como material de laboratorio
- Otros instrumentos de vigilancia y control eléctricos y electrónicos utilizados en instalaciones industriales (por ejemplo, en paneles de control)

**10. Máquinas expendedoras:**

- Máquinas expendedoras de bebidas calientes
- Máquinas expendedoras de botellas o latas, frías o calientes.
- Máquinas expendedoras de productos sólidos
- Máquinas expendedoras de dinero
- Todos los aparatos para suministro automático de toda clase de productos

**ANEXO 3 - SI**

**RESUMEN DE PLAN DE MANEJO DE RAE (SISTEMA INDIVIDUAL)**

1. PRODUCTOR: .....

a) N° DE REGISTRO .....

b) DIRECCIÓN .....

c) CONTACTO: ..... CARGO: .....

TELÉFONO N° ..... CELULAR N° .....

2. META ANUAL:

RECOLECCIÓN .....

TRATAMIENTO .....

GRADUALIDAD .....

3. FORMA DE TRANSACCIÓN:

a) MANEJO PROPIO .....

b) MANEJO CON OPERADORES DE RAE (nacionales o extranjeros) .....

c) OTRAS FORMAS DE TRANSACCIÓN .....

4. RECOLECCIÓN DE RAE .....

HOGARES ..... EMPRESAS .....

CENTROS DE ACOPIO .....

(En caso sus marcas hayan sido recolectadas por los sistemas colectivos)

a) RECOLECCIÓN PROPIA ..... b) SERVICIO .....

DATOS DEL SERVICIO .....

5. CENTRO DE ACOPIO

a) PROPIO .... b) OPERADOR DE RAEE .... c) TERCEROS ....

DIRECCIÓN .....

6. TRANSPORTE .....

a) PROPIO .... b) OPERADOR DE RAEE .... c) TERCEROS ....

DIRECCIÓN .....

7. OPERADOR DE RAEE: TRATAMIENTO: .....

REGISTRO N° .....

DIRECCIÓN .....

8. OPERADOR DE DISPOSICIÓN FINAL: .....

REGISTRO N° .....

DIRECCIÓN .....

9. FORMAS DE FINANCIAMIENTO DEL MANEJO DE RAEE

PROPIO .....  
OTROS .....

10. INFORMACIÓN AL CLIENTE

MANUAL/GUIA ..... IMPRESOS .....

PORTAL WEB .....

11. ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A UTILIZARSE

\_\_\_\_\_  
Firma Representante Legal  
Sello de la Empresa

#### ANEXO 3 - SC

#### RESUMEN DE PLAN DE MANEJO DE RAEE (SISTEMA COLECTIVO)

1. SISTEMA COLECTIVO: .....  
Apéndice: Documento de acreditación de representante y listado de integrantes.

N° DE REGISTRO DEL CONTACTO .....

DIRECCIÓN .....

CONTACTO ..... CARGO .....

TELÉFONO N° ..... CELULAR N° .....

2. META ANUAL:

(Detallar cifras correspondientes a cada productor de aparatos eléctricos y electrónicos):

RECOLECCIÓN .....

TRATAMIENTO .....

GRADUALIDAD .....

3. FORMA DE TRANSACCIÓN:

a) MANEJO PROPIO .....

b) MANEJO CON OPERADORES DE RAEE (nacionales o extranjeros) .....

c) OTRAS FORMAS DE TRANSACCIÓN .....

4. RECOLECCIÓN DE RAEE: .....

HOGARES ..... EMPRESAS .....

a) RECOLECCIÓN PROPIA ..... b) SERVICIO .....

DATOS DEL SERVICIO .....

5. CENTRO DE ACOPIO:

a) MUNICIPAL ..... b) OPERADOR DE RAEE .....

c) TERCEROS .....

DIRECCIÓN .....

6. TRANSPORTE: .....

a) PROPIO ..... b) OPERADOR DE RAEE ..... c) TERCEROS .....

DIRECCIÓN .....

7. OPERADOR DE RAEE: TRATAMIENTO: .....

REGISTRO N° .....

DIRECCIÓN .....

8. OPERADOR DE DISPOSICIÓN FINAL: .....

REGISTRO N° .....

DIRECCIÓN .....

9. FORMAS DE FINANCIAMIENTO DEL MANEJO DE RAEE:

PROPIO .....  
OTROS .....

10. INFORMACIÓN AL CLIENTE:

MANUAL ..... IMPRESOS .....

PORTAL WEB .....

CAMPAÑAS .....

11. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A UTILIZARSE:

12. OBLIGACIONES DE CADA INTEGRANTE DEL SISTEMA:

FINANCIAMIENTO (INDICAR PARTICIPANTES Y MONTO A ASUMIR)

ETAPAS DE MANEJO (INDICAR PARTICIPANTES EN CADA ETAPA)

\_\_\_\_\_  
Firma de Representante SC  
Sello

#### ANEXO 4 - SI

#### FORMATO DE DECLARACIÓN ANUAL PRODUCTORES (SISTEMA INDIVIDUAL)

1. PRODUCTOR: .....

N° DE REGISTRO .....

469078



## NORMAS LEGALES

El Peruano

Lima, miércoles 27 de junio de 2012

DIRECCIÓN .....  
 CONTACTO ..... CARGO .....  
 TELEFONO N° ..... CELULAR N° .....

## 2. TRANSACCIÓN:

- a) MANEJO PROPIO .....  
 b) MANEJO CON OPERADORES DE RAEE (nacionales o extranjeros) .....  
 c) OTRAS FORMAS DE TRANSACCIÓN .....

## 3. RECOLECCIÓN DE RAEE:

- a) HOGARES ..... TM  
 b) EMPRESAS ..... TM  
 c) CENTROS DE ACOPIO ..... TM  
 (En caso sus marcas hayan sido recolectadas por los sistemas colectivos)

## 4. CENTRO DE ACOPIO:

- a) PROPIO ..... b) OPERADOR DE RAEE .....  
 c) TERCEROS .....  
 DIRECCIÓN .....

## 5. OPERADOR DE RAEE: TRATAMIENTO:

REGISTRO N° .....  
 DIRECCIÓN .....

## 6. OPERADOR DE DISPOSICIÓN FINAL:

REGISTRO N° .....  
 DIRECCIÓN .....

## 7. INFORMACIÓN REQUERIDA:

- a) Cantidad de RAEE recolectados ..... TM  
 b) Cantidad de RAEE tratados en el país ..... TM  
 c) Cantidad de RAEE enviados al exterior ..... TM  
 d) Cantidad de RAEE destruidos ..... TM

## 8. INFORMACIÓN CUALITATIVA DE SUS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y CAMPAÑAS:

Firma Representante Legal  
 Sello de la Empresa

## ANEXO 4 - SC

FORMATO DE DECLARACIÓN ANUAL  
 PRODUCTORES  
 (SISTEMA COLECTIVO)

## 1. SISTEMA COLECTIVO:

Apéndice: Documento de acreditación de representante y listado de integrantes.

N° DE REGISTRO DEL CONTACTO .....  
 DIRECCIÓN .....  
 CONTACTO ..... CARGO .....  
 TELEFONO N° ..... CELULAR N° .....

## 2. RECOLECCIÓN DE RAEE:

- a) HOGARES ..... TM  
 b) EMPRESAS ..... TM  
 c) CENTROS DE ACOPIO ..... TM

## 3. OPERADOR DE RAEE: TRATAMIENTO:

REGISTRO N° .....  
 DIRECCIÓN .....

## 4. OPERADOR DE DISPOSICIÓN FINAL:

REGISTRO N° .....  
 DIRECCIÓN .....

## 5. INFORMACIÓN REQUERIDA:

- a) Cantidad de RAEE recolectados ..... TM  
 b) Cantidad de RAEE tratados en el país ..... TM  
 c) Cantidad de RAEE enviados al exterior ..... TM  
 d) Cantidad de RAEE destruidos ..... TM

## 6. INFORMACIÓN CUALITATIVA DE SUS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y CAMPAÑAS:

## 7. PARTICIPACIÓN DE INTEGRANTES DEL SISTEMA:

(Metas de recolección y tratamiento de RAEE cumplidas por parte de cada productor de AEE participante del sistema, así como participación en el financiamiento del sistema de manejo).

Firma Representante SC  
 Sello

Nota: Debe precisarse la responsabilidad individual de cada actor integrante del sistema colectivo.

## ANEXO 5-A

FORMATO DE DECLARACIÓN ANUAL  
 OPERADORES DE RAEE PARA TRATAMIENTO

## 1. OPERADOR DE RAEE:

NOMBRE DE LA EMPRESA .....  
 DIRECCIÓN .....  
 REGISTRO N° .....  
 CONTACTO ..... CARGO .....  
 TELEFONO N° ..... CELULAR N° .....

## 2. INSTALACIONES DE MANEJO DE RAEE:

DIRECCIÓN .....  
 TELEFONO .....  
 CONTACTO ..... CARGO .....  
 TELEFONO N° ..... CELULAR N° .....

## 3. OPERACIONES

- a) Descontaminación ..... b) Desmantelamiento .....  
 c) Prensado ..... d) Embalaje .....  
 e) Disposición final de residuos .....

## 4. INFORMACIÓN REQUERIDA:

- a. Cantidad de RAEE recibido por servicio (B2B) ..... TM  
 b. Cantidad de RAEE recibido en la planta ..... TM  
 c. Cantidad de RAEE recibido por Sistema Colectivo ..... TM  
 d. Cantidad de RAEE tratado ..... TM  
 e. Cantidad de producto comercializado (mercado interno) ..... TM  
 f. Cantidad de producto comercializado (mercado exterior) ..... TM  
 g. Cantidad de RAEE destruidos directamente y preparados para disposición final ..... TM  
 h. Cantidad de materiales y residuos peligrosos dispuestos ..... TM

## 5. INFORMACIÓN DE SERVICIOS:

- a. Cliente B2B .....  
 b. Cliente Sistema Colectivo .....  
 c. Cliente Destrucción Directa .....

## 6. OPERADOR DE DISPOSICIÓN FINAL:

REGISTRO N° .....  
 DIRECCIÓN .....

Firma Representante Legal  
 Sello de la Empresa



## ANEXO 6-B

FORMATO DE DECLARACIÓN ANUAL  
OPERADORES DE RAEE PARA DISPOSICIÓN FINAL

## 1. OPERADOR DE RAEE:

NOMBRE DE LA EMPRESA .....  
 DIRECCIÓN LEGAL .....  
 REGISTRO N° .....  
 CONTACTO ..... CARGO .....  
 TELÉFONO N° ..... CELULAR N° .....

## 2. UBICACIÓN DEL RELLENO DE SEGURIDAD:

DIRECCIÓN .....  
 TELÉFONO N° .....  
 CONTACTO ..... CARGO .....  
 TELÉFONO N° ..... CELULAR N° .....

## 3. INFORMACIÓN REQUERIDA:

- a. Cantidad de RAEE recibido por servicio (B2B) .....TM  
 b. Cantidad de RAEE recibido por Sistema Colectivo .....TM  
 c. Cantidad de materiales y residuos peligrosos dispuestos .....TM  
 d. Generador y cantidad de RAEE dispuesto directamente .....TM

\_\_\_\_\_  
 Firma Representante Legal  
 Sello de la Empresa

807070-6

\_\_\_\_\_