



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE UN EQUIPO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DURANTE SU CICLO DE VIDA. APLICACIÓN A UN TELÉFONO INALÁMBRICO

AUTORA: Laura SALAVERT LAFUENTE

TUTORA: Rosario VIÑOLES CEBOLLA

COTUTORA: M^º José BASTANTE CECA

Curso Académico: 2013-14

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN	4
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Marco legal.....	7
3.2 Problemática ambiental	11
3.3 Análisis de los impactos ambientales	14
3.3.1 Metodología	14
3.3.2 Herramientas	17
3.4 Estudios ACV de equipos eléctricos y electrónicos	20
4. CASO PRÁCTICO	22
4.1 Descripción del producto.....	22
4.2 Definición del objetivo y el alcance	30
4.3 Análisis de inventario	30
4.4 Evaluación de impactos e interpretación de resultados.	34
5. PROPUESTAS DE MEJORA	41
6. CONCLUSIONES	42
7. PRESUPUESTO	43
8. BIBLIOGRAFÍA	45
9. ANEXOS	47
9.1 Anexo 1. Datos introducidos en el programa informático.....	47
9.2 Anexo 2. Inventarios.	52
9.3 Anexo 3. Caracterización, puntuación única y árboles.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Consumo energético en las fases de vida de varios productos [WRAP, 2009]	2
Figura 2-Número de líneas de telefonía fija [CMT].....	5
Figura 3-Símbolo de recogida separada	8
Figura 4- Marcado CE.....	10
Figura 5-tratamiento municipal de residuos en la EU 27 [EUROSTAT]	12
Figura 6-Consumo en los hogares españoles [IDAE]	13
Figura 7-Consumo energético de diversos AEE* [WRAP, 2009]	14
Figura 8-Etapas del ACV [ISO 14040].....	15
Figura 9-Guía de la matriz MET [IHOBE,2000]	18
Figura 10-Imagen del artículo estudiado.....	22
Figura 11-Piezas nº 1, 2, y 3.....	24
Figura 12- Pieza nº 4	24
Figura 13-Piezas nº 2.2.2 y 2.2.3.2.....	24
Figura 14-Pieza nº 1.1	24
Figura 15- Pieza nº 1.2.2.2.1	25
Figura 16- Pieza nº 1.2.2.3.3.2.2.1.1	25
Figura 17-Pieza nº 1.2.2.3.1	25
Figura 18-Pieza nº 1.2.1	25
Figura 19-Conjunto de tornillería.....	25
Figura 20-Piezas nº 1.2.2.3.3.1.2.1 y 1.2.2.3.3.1.2.2.....	25
Figura 21-Pieza nº 1.2.2.3.3.2.1.2	25
Figura 22-Pieza nº 1.2.2.3.3.2.2.2	26
Figura 23-Pieza nº 2.2.3.3	26
Figura 24-Pieza nº 1.2.2.3.3.1.1	26
Figura 25-Puntos de paso de la ruta Dalian – Valencia [DATALOY].....	32
Figura 26-Introducción de datos de las piezas	33
Figura 27-Ejemplo de agrupación de las piezas.....	33
Figura 28- Introducción de características de un ciclo de vida	34
Figura 29-Detalle del árbol del ciclo de vida del trío.....	35
Figura 30-Characterización del ciclo de vida del trío	35
Figura 31-Puntuación única del ciclo de vida del trío.....	36
Figura 32-Detalle del árbol de la Caja Versatis Trío.....	37
Figura 33- Caracterización de la Caja Versatis Trío	37
Figura 34-Puntuación única de la Caja Versatis Trío.....	38
Figura 35- Detalle del árbol del ciclo de vida del mono	38
Figura 36-Detalle del árbol de la Caja Versatis Mono.....	39
Figura 37-Comparativa en puntuación única de los ciclos de vida.....	39
Figura 38-Characterización de la Caja Versatis Mono.....	63
Figura 39-Puntuación única de la Caja Versatis Mono.....	63
Figura 40-Characterización del ciclo de vida del mono.....	64
Figura 41-Puntuación única del ciclo de vida del mono	64
Figura 42-Characterización comparativa de las cajas	65
Figura 43-Characterización comparativa de los ciclos de vida	65
Figura 44-Árbol de la Caja Versatis Mono en puntuación única	66
Figura 45-Árbol de la Caja Versatis Mono en tanto por ciento	66

Figura 46-Árbol del ciclo de vida del Mono en puntuación única.....	67
Figura 47-Árbol del ciclo de vida del Mono en tanto por ciento	67
Figura 48-Árbol de la Caja Versatis Trío en puntuación única	68
Figura 49-Árbol de la Caja Versatis Trío en tanto por ciento	68
Figura 50-Árbol del ciclo de vida del Trío en puntuación única.....	69
Figura 51-Árbol del ciclo de vida del Trío en en tanto por ciento	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Clasificación de los AEE [MAGRAMA]	10
Tabla 2- Porcentaje de materiales [MAGRAMA]	13
Tabla 3-Categorías de impacto.....	16
Tabla 4- Despiece.....	24
Tabla 5- Valores RR.....	27
Tabla 6-Valores RS	28
Tabla 7-Valores para la reciclabilidad	28
Tabla 8-Matriz MET	29
Tabla 9-Comparativa entre los escenarios.....	32
Tabla 10-Impacto por terminal.....	40
Tabla 11-Coste de recursos humanos.....	43
Tabla 12-Coste de recursos materiales.....	44
Tabla 13-Otros costes.....	44
Tabla 14- Presupuesto global	44
Tabla 15-Caracterización Caja Versatis Mono.	58
Tabla 16-Puntuación única Caja Versatis Mono	58
Tabla 17-Puntuación única del ciclo de vida del trío	59
Tabla 18-Characterización del ciclo de vida del mono	59
Tabla 19-Characterización de la Caja Versatis Trío	60
Tabla 20-Puntuación única de la Caja Versatis Trío	60
Tabla 21-Puntuación única de la Caja Versatis Trío	61
Tabla 22-Puntuación única del ciclo de vida del trío	61
Tabla 23-Comparación en puntuación única de las cajas.....	62
Tabla 24-Comparación en puntuación única de los ciclos de vida	62

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad actual está basada en el consumo de productos y de energía. Este hecho provoca la contaminación del planeta de diversas formas. La transformación de energía para su uso industrial y en forma de electricidad y los diversos procesos de fabricación causan un impacto negativo en el medio ambiente, siendo responsables del efecto invernadero, el deterioro de la capa de ozono, ocupación de terrenos, contaminación acústica, del aire y de las aguas, y agotamiento de las materias primas, entre otros.

Por otro lado, el consumo desencadena en la generación de residuos. Sólo en España, se generaron 531 kg por persona de residuos sólidos urbanos durante el año 2011 [Eurostat, 2013]. El destino de estos residuos puede ser su reutilización, reciclaje, incineración, almacenamiento en un vertedero controlado, o tratamiento en una planta de compostaje.

El modelo de vida actual genera cada vez más demanda de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), dando lugar a la expansión del mercado y a unos ciclos de innovación cada vez más breves.

Se consideran aparatos eléctricos y electrónicos aquellos aparatos que necesitan para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir dichas corrientes y campos [RD 208/2005,2005]. Además, los AEE se clasifican en las siguientes categorías:

- 1 Grandes electrodomésticos
- 2 Pequeños electrodomésticos
- 3 Equipos de informática y telecomunicaciones
4. Aparatos electrónicos de consumo
5. Aparatos de alumbrado
6. Aparatos de alumbrado
- 7 Juguetes y equipos deportivos
8. Aparatos médicos
9. Instrumentos de vigilancia y control
- 10 Máquinas expendedoras

Estos aparatos están compuestos por múltiples partes y componentes con piezas variadas, como carcasas, circuitos impresos, pantallas de cristal líquido, cables, baterías, fluidos o motores eléctricos, entre otros. A su vez estas partes están fabricadas a partir de diversos materiales. Fundamentalmente se trata de metales, polímeros, vidrios y otros (como caucho, cartón, etc.).

Dados los ciclos de innovación cada vez más cortos de los AEE, tal y como se ha mencionado anteriormente, la sustitución de los aparatos por otros más actuales es cada vez más rápida, por lo que los AEE representan una creciente fuente de residuos.

Cada ciudadano europeo genera en torno a 20 - 25 kg de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) al año [ECOTIC], lo que supone en España cerca del millón de toneladas al año, y se calcula que la cantidad a nivel mundial aumentará un tercio en el periodo comprendido entre 2012 y 2017 [Duan y otros, 2013].

1. Introducción

La eliminación de los RAEE es problemática, ya que contienen componentes contaminantes como materiales ignífugos bromados o metales pesados como el cadmio, el cromo, el plomo, el níquel y el mercurio. En su degradación pueden causar lixiviación y filtración de sustancias peligrosas a aguas subterráneas, o vaporización de gases tóxicos. Todo ello es perjudicial para el medio ambiente, pudiendo causar daños en la salud humana. Para evitar estos problemas, las etapas de su gestión (recogida, almacenamiento, transporte y tratamiento) han de realizarse de manera controlada, evitando la mezcla con otros flujos de residuos y roturas que puedan liberar componentes peligrosos o que impidan la reutilización de los aparatos. Además, no reciclar o reutilizar estos productos provoca la pérdida de recursos materiales.

Tras señalar la importancia del adecuado tratamiento de los RAEE, cabe destacar que los AEE no sólo dañan el medio ambiente en su etapa final como residuos. Como ya se ha indicado, la mayoría de productos que se consumen contaminan el planeta debido a los procesos de fabricación y a la generación de residuos. Sin embargo, los AEE también contaminan a lo largo de su etapa de uso, ya que utilizan energía para su funcionamiento. El impacto negativo de dicha etapa será más o menos significativo dependiendo del tipo de aparato y del uso que se le dé, como puede verse en la siguiente gráfica a modo de ejemplo

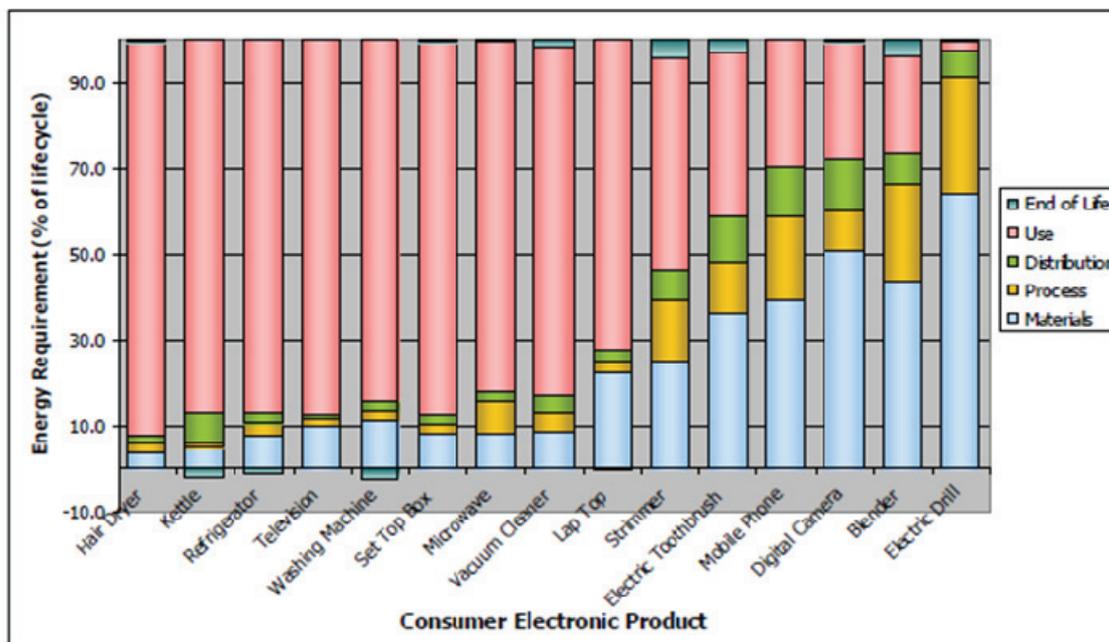


Figura 1- Consumo energético en las fases de vida de varios productos [WRAP, 2009]

En este sentido es destacable la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía, que junto con el Reglamento (UE) n° 801/2013 de la Comisión de 22 de agosto de 2013 por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 1275/2008 en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos preparado y desactivado de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina, y por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 642/2009 con respecto a los requisitos de diseño ecológico aplicables a las televisiones, tiene como misión la mejora de la eficiencia energética de los productos.

Una de las técnicas que se emplean en la actualidad para el análisis del impacto ambiental de los productos es el análisis del ciclo de vida, cuya metodología está definida en las normas ISO 14040 [AENOR, 2006a] e ISO 14044 [AENOR, 2006 b]. Aplicando esta técnica podemos identificar las etapas de mayor impacto de un producto, con la finalidad de poder proponer o implantar mejoras en el diseño del mismo.

2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

Objetivo

El objetivo de este trabajo de fin de grado es la realización del análisis del ciclo de vida de un aparato eléctrico electrónico, en concreto de un teléfono inalámbrico.

Esto comporta la determinación del impacto ambiental del producto, identificando las etapas de su ciclo de vida más contaminantes, así como los componentes que más efecto negativo tengan sobre el medio ambiente. A partir de esta información se podrán proponer mejoras en el diseño y fabricación de este producto que permitan reducir el impacto ambiental del aparato.

Como objetivos secundarios a alcanzar, se establecen los siguientes:

- Recopilación de la legislación y normativa que afectan a los AEE y al análisis del ciclo de vida.
- Investigación acerca de la problemática ambiental causada
- Obtención de las entradas y salidas del ciclo de vida.
- Cálculo del porcentaje de reciclabilidad del producto.
- Procesado de los datos mediante un programa informático.
- Propuestas de mejora

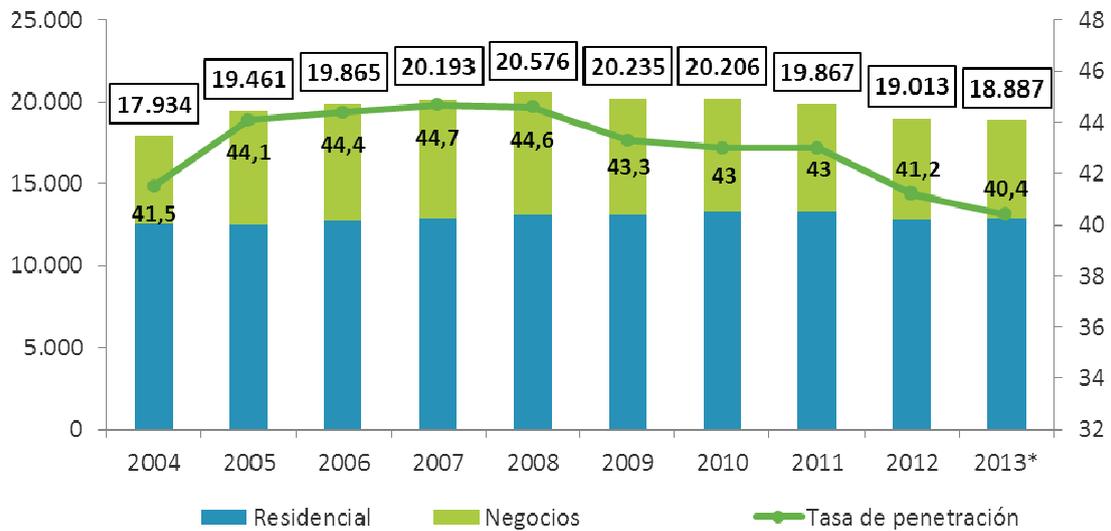
Justificación

Técnica:

Como ya se ha comentado anteriormente, la comercialización de AEE es cada vez mayor.

En concreto, el producto a analizar es un teléfono inalámbrico, debido a su extendida presencia. En España, en julio de 2013, el número de líneas de telefonía fija en servicio registradas fue de 18,89 millones (ver figura 2). Por otro lado, los teléfonos inalámbricos prácticamente igualan en número a los teléfonos fijos tradicionales, y se prevé un continuado descenso del número de teléfonos tradicionales, a favor de un aumento de los inalámbricos [Infante, 2014]. Además, es habitual tener varios terminales para una misma línea, como se ve reflejado en la comercialización en grupos de dos, tres, o incluso cuatro terminales, en un solo producto.

Número de líneas de telefonía fija



Fuente CMT
*Julio de 2013

Figura 2-Número de líneas de telefonía fija [CMT]

Medioambiental:

La conciencia medioambiental de la sociedad es cada vez mayor. Debido al impacto de estos aparatos en el medio ambiente, es conveniente diseñar los productos velando por un mínimo impacto en la fabricación, uso y tratamiento final.

Legal:

El creciente volumen de fabricación de los AAE ha provocado la aparición de legislación y normativa ambiental referentes a la fabricación, comercialización y tratamiento de estos productos y de sus residuos.

Como se puede comprobar en el apartado de “Marco legal”, las distintas leyes y normativas se centran en dos temas principalmente:

- La mejora de la eficiencia energética, como el Reglamento (CE) nº 1275/2008 de la Comisión, de 17 de diciembre de 2008, por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos preparado y desactivado, así como en el modo preparado en red, de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina, o el Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- Las sustancias de los RAEE y su tratamiento, como el Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos, o la Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

2. Objetivo y justificación

Económica:

Hay múltiples empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de teléfonos inalámbricos, que han de cumplir las leyes y normas pertinentes, y que también están interesadas en obtener distintas certificaciones ambientales para sus productos, ya que este hecho proyecta una mejor imagen a los consumidores y aumenta sus ventas.

Académica:

Este trabajo sirve como trabajo final de grado de Laura Salavert Lafuente, poniendo de manifiesto los conocimientos adquiridos a lo largo del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, y completando los créditos necesarios para la finalización del mismo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Marco legal

Debido a sus características y a su proliferación, los AEE están regidos por la siguiente legislación y normativa ambiental.

- Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), modificada en su artículo 9 por la Directiva 2003/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de diciembre de 2003.
- Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
- Reglamento (CE) nº 1275/2008 de la Comisión, de 17 de diciembre de 2008, por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos preparado y desactivado, así como en el modo preparado en red, de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina
- Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Reglamento (UE) nº 801/2013 de la Comisión de 22 de agosto de 2013 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 1275/2008 en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos preparado y desactivado de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina, y por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 642/2009 con respecto a los requisitos de diseño ecológico aplicables a las televisiones.

Por otra parte, dado que este trabajo tiene como objetivo realizar un ACV, es necesario considerar las normas ISO actualmente vigentes para su implantación:

- UNE-EN ISO 14040:2006. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia (ISO 14040:2006).
- UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices (ISO 14044:2006).

Tanto la Directiva 2002/95/CE como la Directiva 2002/96/CE quedan traspuestas a la legislación española con el RD 208/2005.

El RD 2008/2005 establece medidas de prevención desde la fase de diseño de los aparatos, centrándose en limitar la utilización de sustancias peligrosas. También determina cómo gestionar los aparatos, concretando las operaciones de su tratamiento, con la intención de minimizar la afección ambiental de este tipo de residuos, con especial atención a los procedentes de hogares particulares, ya que representan un porcentaje mayoritario en el cómputo total de residuos de estos aparatos.

3. Marco teórico

Los aspectos del RD 208/2005 que más relevancia tienen para este trabajo son los siguientes:

- Artículo 3. En este artículo se indica que los aparatos se han de diseñar y producir pensando en un fácil desmontaje, reparación, reutilización y reciclaje.
- Artículo 5. Marca la prioridad del destino de los residuos en el siguiente orden: reutilización, reciclado, valorización energética, y por último la eliminación.
- Artículo 9. Trata la cantidad mínima de material que se ha de valorizar, reutilizar y reciclar. Según el artículo, “de los equipos informáticos y de telecomunicaciones y de electrónica de consumo se valorizará, por categoría, el 75 por ciento del peso de cada tipo de aparato. De los componentes, materiales y sustancias se reutilizará y reciclará, por categoría, el 65 por ciento del peso de cada tipo de aparato”.
- Artículo 10. El Real Decreto señala que los aparatos puestos en el mercado a partir del 13 de agosto de 2005 deben ir marcados para identificar a su productor, y han de marcarse también con el símbolo de un contenedor tachado que indica la recogida selectiva.



Figura 3-Símbolo de recogida separada

Los aparatos incluidos en el ámbito de aplicación del RD 208/2005 se clasifican en 10 categorías, como puede verse en la siguiente tabla en la que se incluyen algunos ejemplos:

AT	CATEGORÍAS RD 208/2005	EJEMPLOS APARATOS (lista no exhaustiva)
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. 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 y ventilación aspirante
2	PEQUEÑOS ELECTRODOMÉSTICOS	Aspiradoras. Limpiamoquetas. Aparatos y difusores de limpieza y mantenimiento. Aparatos utilizados para coser, hacer punto, tejer y para otros procesos de tratamiento de textiles. Planchas. 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 afeitarse, 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	Grandes ordenadores. Miniordenadores. Unidades de impresión. Ordenadores personales y portátiles (incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado), notebook, notepad. Impresoras. Copiadoras. Máquinas de escribir eléctricas. 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, de télex. Teléfonos, inalámbricos, celulares. Contestadores automáticos. Otros 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 filamento.
6	HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS O ELÉCTRONICAS	Taladradoras. Sierras. Máquinas de coser. Herramientas para torneado, trabajar la madera, el metal u otros materiales. Herramientas para remachar, clavar, atornillar, soldar 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.
7	JUGUETES Y EQUIPOS DEPORTIVOS	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 tragaperras. Otros juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre

3. Marco teórico

<i>AT</i>	<i>CATEGORÍAS RD 208/2005</i>	<i>EJEMPLOS APARATOS (lista no exhaustiva)</i>
8	APARATOS MÉDICOS	(EXCEPTO 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, proddir, 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	MAQUINAS EXPENDEADORAS	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.

Tabla 1- Clasificación de los AEE [MAGRAMA]

En el año 2012 se modifica la Directiva 2002/96/CE, dando lugar a la Directiva 2012/19/UE.

Mientras que la Directiva 2002/96/CE se centra en la prevención y reducción de los impactos negativos de los RAEE, la Directiva 2012/19/CE añade a ese objeto el de mejorar el comportamiento medioambiental de todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de los AEE.

La Directiva 2009/125 se ha traspuesto a la legislación española a través del Real Decreto 187/2011.

El objeto del RD 187/2011 son los requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía, teniendo en cuenta el incremento de la eficiencia energética, la disminución de la contaminación y el incremento de la seguridad de abastecimiento energético.

Un producto relacionado con la energía es “todo bien que, una vez introducido en el mercado o puesto en servicio, tiene un impacto sobre el consumo de energía durante su utilización, incluidas las partes que están destinadas a incorporarse a los productos relacionados con la energía”.

Algunas partes de interés de este Real Decreto son:

- Artículo 6: Indica que antes de introducir en el mercado un producto al que resultan de aplicación las medidas de ejecución del Real Decreto, el fabricante debe colocar el marcado de CE y emitir una Declaración de Conformidad CE, mediante la que se garantiza que el producto cumple las disposiciones pertinentes de la medida de ejecución aplicable. El marcado CE tiene la siguiente forma y debe tener una altura de al menos 5 mm:

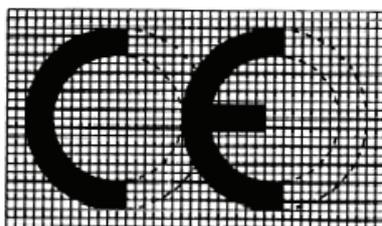


Figura 4- Marcado CE

- Anexo I: En este anexo se encuentra un método para establecer requisitos genéricos de diseño ecológico, sin establecer valores límite. El método se basa en evaluar, para cada fase del ciclo de vida del producto, los siguientes aspectos medioambientales:
 - a) consumo previsto de materiales, de energía y de otros recursos, como agua dulce;
 - b) emisiones previstas a la atmósfera, al agua o al suelo;
 - c) contaminación prevista mediante efectos físicos como el ruido, la vibración, la radiación, los campos electromagnéticos;
 - d) generación prevista de residuos; y
 - e) posibilidades de reutilización, reciclado y valorización de materiales y/o de energía,

Por otro lado, la legislación mencionada ha dado pie a la creación de varios reglamentos.

En el año 2013, el Reglamento 1275/2008 queda modificado mediante el Reglamento 801/2013. El objeto final, es reforzar la introducción en el mercado de las tecnologías que mejoren la eficiencia energética del modo preparado en red, de forma que se logre un ahorro energético estimado de 49 TWh en 2025, respecto el consumo de un escenario sin cambios. El modo preparado en red es la condición en la que el equipo es capaz de reanudar una función mediante una activación iniciada a distancia a través de una conexión de red.

Este Reglamento, a pesar de ser aplicable a numerosos aparatos eléctricos y electrónicos, no abarca los teléfonos, ya que no realizan el modo de preparado en red. Por este motivo, no se tendrá en cuenta en este trabajo.

3.2 Problemática ambiental

Como ya se ha indicado anteriormente, el rápido avance tecnológico unido a la sociedad de consumo actual, provoca una creciente producción de aparatos eléctricos y electrónicos. Este hecho supone una problemática ambiental, causada por el impacto generado principalmente por el continuo aumento de residuos generados, y el incremento en la utilización de energía.

El impacto generado por los residuos varía dependiendo de su tipología y de su destino final.

Los diferentes destinos existentes para los residuos sólidos urbanos son su reutilización, reciclaje, incineración, almacenamiento en un vertedero controlado, o tratamiento en una planta de compostaje:

- La reutilización es el reaprovechamiento de un bien mediante su uso repetido.
- El reciclaje consiste en darle un nuevo uso al residuo gracias una serie de transformaciones y/o tratamientos. Se consigue ahorrar materias primas, y los nuevos productos hechos a partir de materiales reciclados causan una contaminación menor en su fabricación que los que no lo son.
- En la incineración se realiza una combustión de los residuos, obteniendo cenizas y gases, reduciendo la cantidad de residuos sólidos. Los gases pueden valorizarse energéticamente en una central térmica. Algunos de los inconvenientes de la incineración son que prácticamente no admite variación de la carga a tratar, y que los residuos líquidos que genera debido a la descontaminación de los gases de combustión y de las cenizas han de ser tratados.
- La eliminación mediante vertedero es la tecnología más utilizada en España, ya que se encarga de aproximadamente el 58% de los RSU [EUROSTAT]. Consiste en depositar los residuos en una excavación realizada en el terreno, de la forma menos perjudicial para el medio ambiente posible. Esta técnica presenta varios problemas: genera

3. Marco teórico

lixiviados (líquidos contaminantes), necesita la ocupación de superficie, el volumen de los residuos a penas se reduce, y los vertederos tienen una capacidad limitada y necesitan seguimiento tras su agotamiento.

- En el compostaje, se realiza un proceso de descomposición biológica aerobia de residuos orgánicos, que permite obtener un regenerador orgánico del suelo llamado compost, para uso agrícola. Este proceso permite reducir la cantidad de residuos sólidos, pero genera lixiviados, necesita ocupar terreno, sólo trata la fracción orgánica y tiene un coste de explotación elevado.

Por tanto, para cuidar el medio ambiente se debe reducir la cantidad de residuos generados, y en el caso de proceder a su tratamiento, priorizar la reutilización y después el reciclaje.

En la siguiente gráfica puede verse la distribución de los residuos en los países de la Unión Europea en el año 2010. Concretamente, en España la cantidad aproximada de residuos reciclados es del 33%, mientras que el 9% son incinerados y el 58% se gestionan en vertederos.

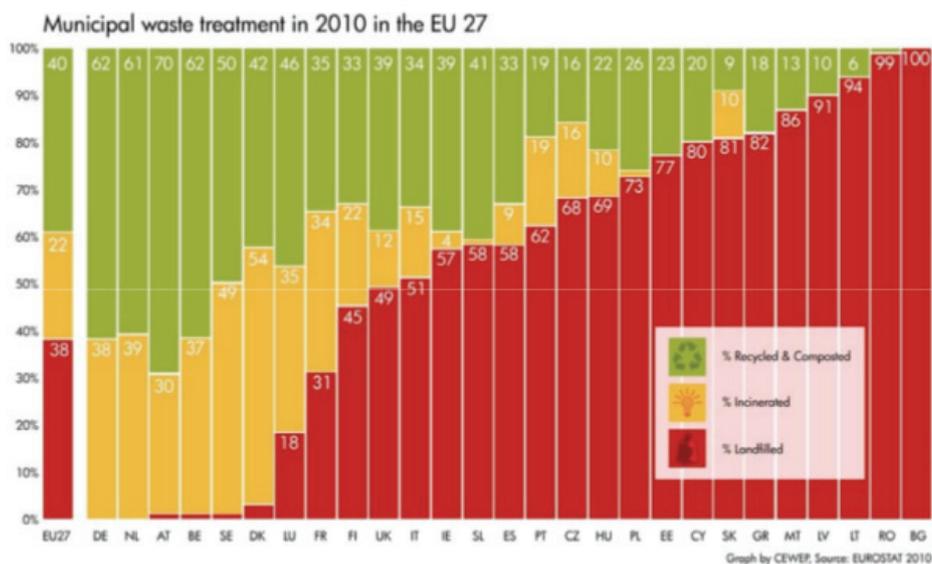


Figura 5-tratamiento municipal de residuos en la EU 27 [EUROSTAT]

En cuanto a la clase de residuo, los AEE están compuestos de múltiples materiales, como se ha indicado anteriormente, principalmente de polímeros, metales y vidrios. La proporción de estos materiales dependerá de la clase de aparato, como puede verse en la siguiente tabla a modo de ejemplo:

<i>Categoría</i>	<i>Metales férricos</i>	<i>Metales no férricos</i>	<i>Vidrio</i>	<i>Plásticos</i>	<i>Otros</i>
Grandes electrodomésticos	61	7	3	9	21
Grandes electrodomésticos	19	1		48	32
Equipos informáticos	43		4	30	20
Telecomunicaciones	13	7		74	6
Electrónica de consumo	11	2	35	31	22
Lámpara de descarga de gas	2	2	89	2	3

Tabla 2- Porcentaje de materiales [MAGRAMA]

Como ya se ha comentado, otro de los impactos más relevantes de los AEE es su consumo energético durante el uso, aunque este dato dependerá en gran medida de las características de cada uno (potencia, voltaje, horas de uso, etc.).

Este hecho queda reflejado, por ejemplo, en el reparto del consumo eléctrico de los hogares, donde el AEE que más electricidad consume es el frigorífico.

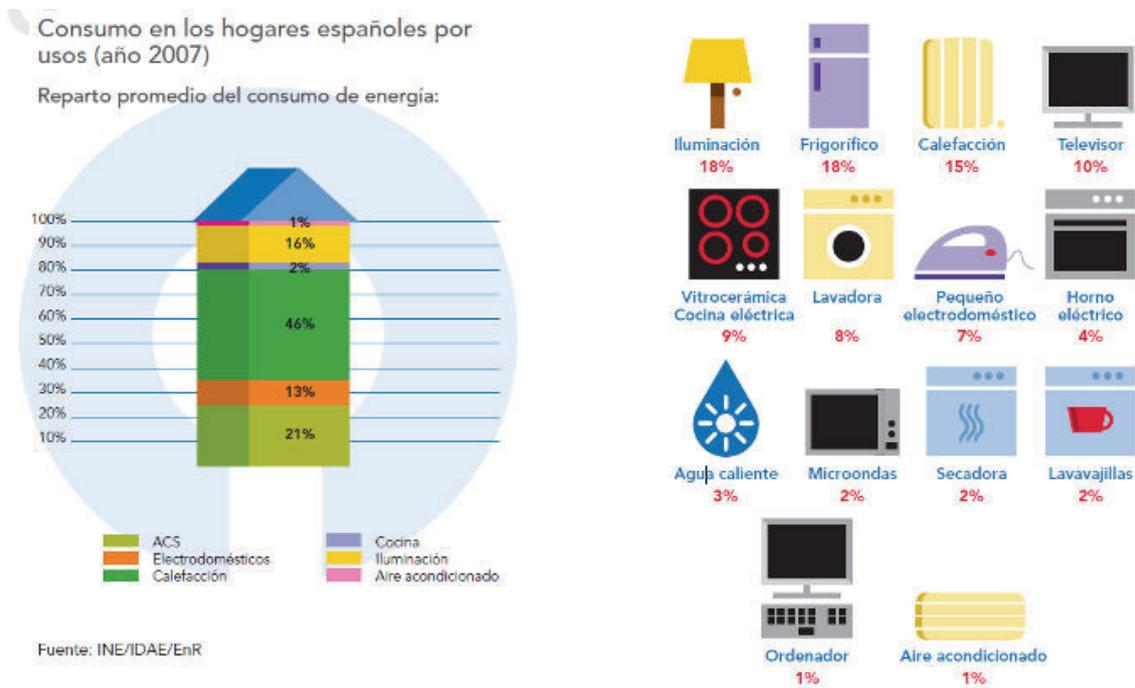


Figura 6-Consumo en los hogares españoles [IDAE]

Al consumo energético durante su etapa de uso, hay que añadirle el del resto de etapas de su ciclo de vida. En la siguiente gráfica puede verse el consumo energético de todo el ciclo de vida de algunos AEE a modo de ejemplo:

3. Marco teórico

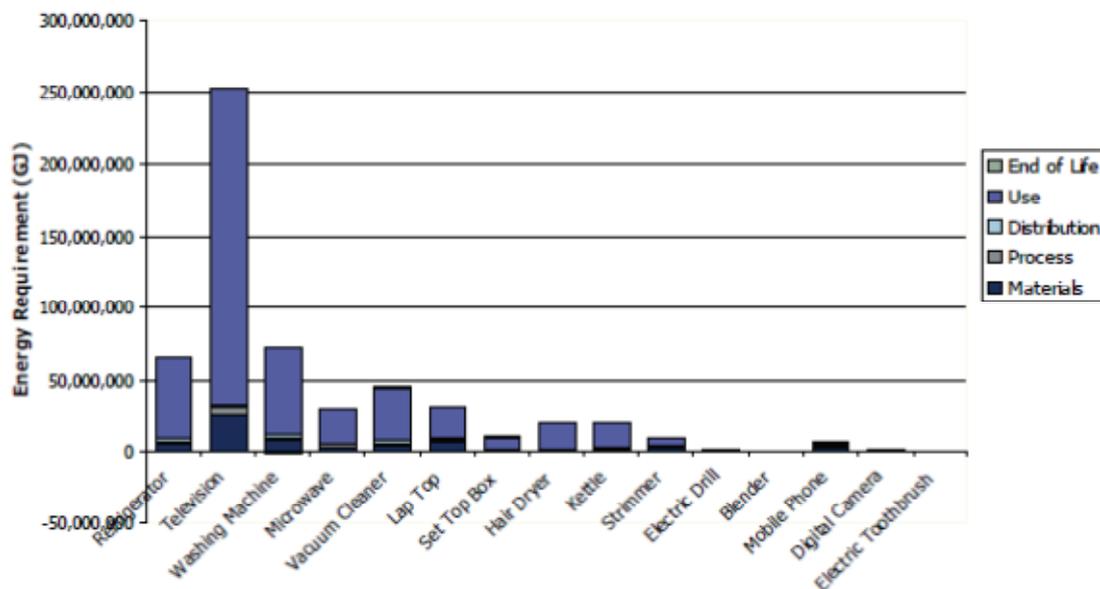


Figura 7-Consumo energético de diversos AEE* [WRAP, 2009]

(*) El televisor analizado es de tubo de rayos catódicos, que tiene un consumo mayor durante la etapa de uso que los televisores actuales.

Como ya se ha visto, la legislación y normativa españolas instan a aumentar la eficiencia energética y a reducir los consumos energéticos innecesarios, tanto en los aparatos como en los procesos de fabricación y tratamiento de los residuos.

3.3 Análisis de los impactos ambientales

3.3.1 Metodología

La metodología para realizar un ACV se lleva a cabo de acuerdo con las normas ISO 14040, e ISO 14044.

La sociedad de Química y Toxicología Ambiental (SETAC), líder en desarrollo metodológico del ACV, lo define como “un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso, o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos del entorno; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental” [AIDO].

Por “carga ambiental” se entiende la cantidad de contaminante que llega al medio o la cantidad de recursos extraídos del mismo.

El análisis incluye el ciclo de vida completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las siguientes etapas: extracción, procesado de materias primas, producción, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento, y reciclado y disposición del residuo.

Por tanto, el ACV se presenta como una herramienta sistemática y objetiva, capaz de evaluar la incidencia ambiental de los productos, incluyendo todas las etapas de su ciclo de vida y los impactos potenciales, sin límites geográficos, funcionales o temporales.

También ayuda a establecer los criterios para aplicar el porcentaje de residuos que se dirigirán a cada sistema de gestión, con el propósito de generar el menor impacto posible.

La elaboración del ACV consta de una serie de etapas interrelacionadas entre sí, ya que a partir de los resultados de una fase se pueden reconsiderar y reconducir las fases anteriores. Las etapas a seguir son cuatro:

- Definición de objetivos y alcance
- Análisis de inventario
- Evaluación del impacto del ciclo de vida
- Interpretación de resultados

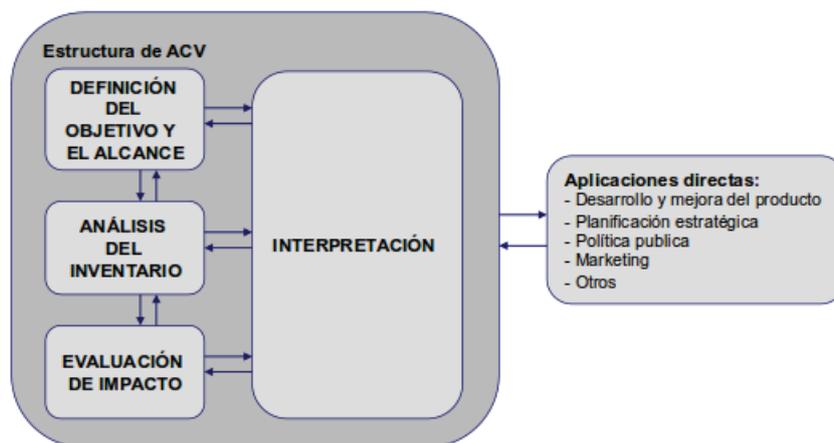


Figura 8-Etapas del ACV [ISO 14040]

Definición de objetivos y alcance

El primer paso para realizar el ACV es definir los objetivos del estudio y sus características. Para ello, es necesario definir la Unidad Funcional, a la que irán referidos todos los datos de consumo y de emisiones. También hay que precisar los límites del sistema objeto del análisis, y realizar la asignación de cargas. La asignación de cargas se corresponde con el reparto de los impactos ambientales en el caso de que en un proceso se obtenga más de un producto.

Análisis de inventario

La realización del inventario consiste en la recogida de datos a cerca de las materias primas y energía necesarias (entradas) y de los residuos y emisiones generados durante el proceso de fabricación y al final de la vida útil del producto (salidas), para poder cuantificarlos.

Para que el inventario del ciclo de vida (ICV) sea útil debe presentar las siguientes características:

- Cuantitativo: los datos deberán cuantificarse con el control de calidad apropiado, y todas las suposiciones deberán especificarse.

3. Marco teórico

- Reproducible: las fuentes de información y el procedimiento han de estar suficientemente referenciadas, con el fin de poder obtener los mismos resultados y dar explicación a cualquier desviación.
- Científico: han de utilizarse bases científicas para la obtención de datos y para el análisis.
- Detallado: el nivel de detalle ha de ser acorde a la finalidad del estudio.
- Útil: esta característica es necesaria ya que se han de tomar decisiones a partir de los datos del inventario.

Por tanto, para la correcta interpretación de los resultados y para discernir su credibilidad, es importante tener en cuenta el ámbito temporal, geográfico y tecnológico de los datos utilizados.

Evaluación del impacto del ciclo de vida

Para la evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), se llevan a cabo varias etapas en las que se consideran los potenciales impactos ambientales de los flujos de materia y energía previamente identificados.

Las etapas a realizar son las siguientes:

- Clasificación: han de agruparse las interacciones ambientales en las distintas categorías, en función del impacto ambiental al que pueden contribuir.
- Caracterización: se evalúa el efecto del sistema del producto sobre cada una de las categorías de impacto. Se introducen los datos de las diferentes cargas ambientales dentro de cada categoría de impacto, teniendo en cuenta en qué grado contribuye cada contaminante a aumentar cada impacto.
- Normalización: se contrasta el resultado de la caracterización normalizando los datos respecto a ciertos valores de referencia, con la finalidad de ver su relevancia.
- Valoración: se trata de ponderar la importancia relativa de cada categoría de impacto respecto al resto de categorías, para priorizar las acciones que reducen los impactos más problemáticos en un momento y lugar determinados. Los factores de ponderación varían de una región geopolítica a otra, dependiendo de la importancia relativa que se otorgue a cada categoría de impacto.

Las categorías de impacto más destacables están indicadas en la siguiente tabla, acompañadas de sus unidades de medida:

<i>Categorías de impacto</i>	<i>Unidades de medida</i>
Potencial de calentamiento global	kg de CO ₂
Potencial de destrucción de la capa de ozono	g de CFC-11
Potencial de acidificación	kg de SO ₂
Potencial de eutrofización	kg de PO ₄ ⁻²

Tabla 3-Categorías de impacto

Interpretación de resultados

En esta etapa, los resultados del análisis de inventario y de la evaluación del impacto toman la forma de conclusiones y recomendaciones, para reducir esos impactos.

La SETAC recomienda realizar una quinta etapa, llamada revisión crítica. En ella, una organización externa o un experto cualificado revisa el informe. Si se decide incluir la fase de revisión crítica, debe quedar reflejado en la definición de objetivos y alcance, indicando quién la realizará y el método empleado. Esta etapa es de vital importancia en el caso de comparar los impactos producidos por varios productos, y se realiza para asegurar la calidad del estudio, verificar que los resultados concuerdan con los objetivos y confirmar su transparencia.

3.3.2 Herramientas

Para facilitar la realización del ACV, se pueden emplear varias herramientas: matriz MET, eco-indicadores y programas informáticos. Antes de comentarlas, es interesante introducir algunas definiciones.

Un aspecto ambiental es cualquier elemento de las actividades, productos o servicios de una organización, que puede interactuar con el medio ambiente [Carretero, 2007].

Un impacto ambiental se define como cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización.

Matriz MET

La matriz MET es una herramienta que se emplea para obtener una visión global de las entradas y salidas en cada etapa del ciclo de vida del producto. Se trata de una herramienta cualitativa, ya que a pesar de manejar datos cuantitativos, la priorización de los aspectos ambientales es cualitativa, basándose en conocimientos ambientales y reglas de oro.

La matriz MET organiza en forma de matriz, como su propio nombre indica, las entradas y salidas del ciclo de vida, atendiendo a las diferentes fases del ciclo en las filas, y a distintos impactos ambientales en las columnas. Los impactos ambientales tenidos en cuenta son el consumo de Materiales, la utilización de Energía, y las emisiones Tóxicas. En la siguiente imagen se muestra qué tipo de información se recoge en cada apartado:

3. Marco teórico

	Uso de MATERIALES (Entradas) M	Uso de ENERGÍA (Entradas) E	EMISIONES TÓXICAS (Salidas: emisiones, vertidos, residuos) T
Obtención y consumo de materiales y componentes 	- Todos los materiales, piezas y componentes necesarios que son comprados tal cual.	- Consumos de energía necesarios para la obtención en bruto de los materiales comprados. - Energía necesaria para obtener los materiales en el estado en que son adquiridos (laminados, tratamiento superficial,...) - Consumo de energía para el transporte de los materiales comprados hasta fábrica.	- Residuos tóxicos generados en la obtención y transformación de los materiales adquiridos antes de su llegada a la empresa.
Producción en fábrica 	- Materiales auxiliares comprados tal cual (tomillería, elementos eléctricos,...). - Sustancias auxiliares que son usadas en el proceso de producción y no incluidas en la etapa anterior (elementos para soldadura, pintado, moldeo de fibra de vidrio,...).	- Consumos de energía en los procesos empleados en fábrica.	- Residuos tóxicos producidos en fábrica. - Restos de materiales: recortes, rechazos,...
Distribución 	- Embalajes del producto. - Elementos de reembalaje empleados para el transporte y distribución.	- Consumos de energía en el empaquetado y embalaje (caso de ser significativos). - Transporte desde fábrica a los distribuidores finales.	- Residuos de la combustión producidos durante el transporte. - Residuos de embalaje.
Uso o utilización 	- Consumibles. - Piezas de repuesto estimadas.	- Energía consumida por el producto a lo largo de su vida útil estimada.	- Residuos de consumibles. - Residuos de piezas de repuesto.
Sistema de fin de vida Eliminación final 	- Consumo de materias primas y auxiliares para el tratamiento de fin de vida.	- Energía utilizada en alguno de los sistemas fin de vida de materiales o partes (incineración, desmontaje, reciclado,...) - Energía para el transporte a los sistemas de fin de vida.	- Residuos tóxicos que genera el producto y que son destinados a gestor autorizado. - Materiales a vertedero. - Reciclaje de materiales. - Residuos de la combustión.

Figura 9-Guía de la matriz MET [IHOBE,2000]

Las reglas de oro son una serie de reglas que sirven para dar orientación sobre las principales fuentes de impacto ambiental, por lo que es conveniente seguirlas para priorizar correctamente qué aspectos son los más perjudiciales del producto. Las reglas son las siguientes:

- En productos con enchufe, el consumo de energía es un punto de interés.
- El peso (en kg.) es una indicación de la importancia del aspecto ambiental. Se ha de prestar especial atención a aquellos materiales que presenten un alto contenido de energía necesaria para su obtención, como el aluminio, y a los metales pesados. En ambos casos el peso se multiplicará por 10 para hacer la comparación y priorización.

- Es necesario prestarle atención al consumo de materiales auxiliares empleados durante la fase de utilización del producto.

También se pueden tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Una vez definidas las prioridades, señalarlas con un color diferente en la matriz MET, para poder identificarlas con mayor facilidad.
- Contar con la ayuda de un experto en Ecodiseño¹ para el establecimiento de las prioridades.

Esta herramienta suele emplearse y ser de más utilidad en las siguientes situaciones:

- Al empezar a trabajar en Ecodiseño, ya que facilita la comprensión del proceso y de la importancia de optimizar cada aspecto ambiental.
- Al contar con el apoyo de un experto en Ecodiseño o de un consultor ambiental.
- En la recopilación de datos previa a la utilización de los Eco-indicadores o de una herramienta informática de ACV.
- Siempre que interese tener de forma rápida una visión global de las prioridades ambientales, sin ser necesaria demasiada precisión.
- Cuando no existan Eco-indicadores relevantes para materiales o procesos del producto a analizar.

Eco-indicadores

El Eco-indicador es una herramienta cuyo objetivo es evaluar el impacto ambiental que ejerce una actividad industrial. Ésta es una herramienta cuantitativa, dado que prioriza los aspectos ambientales basándose en cálculos numéricos. Por tanto, es más precisa que la matriz MET.

Los Eco-indicadores son el resultado de un proyecto desarrollado por un equipo multidisciplinar formado por industrias punteras de diferentes sectores, y científicos de centros de investigación independientes. Tienen en cuenta distintos impactos ambientales, expresándolos en función de la cantidad de cada material o proceso, mediante unos valores numéricos. Estos valores se expresan en una unidad llamada milipuntos (mPt)², no comparable con ninguna unidad de medida tradicional.

Tras cuantificar los materiales, procesos, transporte, etc, pueden identificarse los aspectos con mayor resultado numérico como los más perjudiciales, y en qué fase del ciclo de vida se producen.

La obtención de los Eco-indicadores conlleva un proceso laborioso y los listados son limitados. A pesar de que continuamente se desarrollan nuevos valores, puede ocurrir que el Eco-indicador necesario para un material o proceso del producto a analizar no esté disponible.

Se recomienda la utilización de esta herramienta en los siguientes casos:

- Al trabajar en Ecodiseño por primera vez, combinándola con la matriz MET.

¹ El Ecodiseño consiste en la “consideración sistemática de la función del diseño con respecto a objetivos medioambientales, de salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida completo del producto y del proceso” [Fiksel, 1996].

² Se define 1 punto (es decir, 1000 milipuntos), como la centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano europeo medio [Goedkoop & Spriesma, 1999].

3. Marco teórico

- Si se desean priorizar los principales aspectos ambientales del producto sin contar con un consultor externo, no se quiera utilizar una herramienta informática, y existan datos de los Eco-indicadores relevantes.
- Cuando se desee realizar la priorización ambiental de forma cuantitativa.

Programas informáticos para el análisis del ciclo de vida

El uso de una herramienta informática reduce el número de cálculos a realizar por el usuario y la búsqueda de información, y facilita el uso de Eco-indicadores gracias a las bases de datos incluidas en ellos. Reduce tiempo y minimiza errores de cálculo. Presenta los resultados de forma clara, facilitando la obtención de conclusiones.

Algunos de los programas comúnmente empleados son:

- ECO-it
- Gabi
- KCL-ECO
- SimaPro
- TEAM

De los programas citados, SimaPro y Gabi son los más utilizados a nivel científico y de consultoría, y los más referenciados en las revistas científicas que abarcan temática sobre ACV.

Del programa SimaPro, cabe destacar la gran variedad de bases de datos que incorpora, así como de los múltiples métodos de evaluación de impacto que se pueden emplear para extraer resultados

Por otro lado, el Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universitat Politècnica de València dispone de licencias educacionales desde el año 2000, habiéndose experimentado con las diferentes versiones que han ido desarrollándose.

Por estos motivos, el SimaPro es la herramienta informática que se emplea en este trabajo para llevar a cabo el análisis del ciclo de vida.

La utilización de esta herramienta es recomendable en las siguientes situaciones:

- Cuando se desee realizar la priorización ambiental de forma cuantitativa.
- Para comparar los aspectos ambientales de diferentes alternativas de un mismo producto.
- Si la complejidad del producto es tal que implica excesivas operaciones para emplear cómodamente los Eco-indicadores, o si está formado por subsistemas comunes a varios productos.
- Siempre que se vayan a realizar valoraciones de forma periódica, ya que una vez introducidos los datos los cálculos son más rápidos y fiables.

3.4 Estudios ACV de equipos eléctricos y electrónicos

Debido a la relevancia del impacto ambiental causado por los aparatos eléctricos y electrónicos, se pueden encontrar múltiples estudios al respecto. Estos estudios, además de servir para determinar el nivel de contaminación, pueden dar pie a procesos de investigación y desarrollo.

Existen estudios del ciclo de vida de diversos AEE, como el estudio “Environmental assessment of consumer electronic products” realizado por Waste & Resources Action Programme, o el estudio “Applying life cycle inventory to reverse supply chains” (Stavros y otros, 2003).

También existen estudios que aunque no utilizan el análisis de ciclo de vida, emplean metodologías similares y con puntos en común al ACV, como el análisis del flujo de materiales (MFA) o la evaluación del ciclo de vida (LCA) para la reducción del impacto ambiental de los productos. Algunos ejemplos los encontramos en los siguientes estudios: “Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE)” [Hischier, 2005], “Materials selection and design for development of sustainable products” [Ljungberg, 2007], y “Material flows of mobile phones and accessories in Nigeria: Environmental implications and sound end-of-life management options” [Osibanjo y Nnorom, 2008].

4. CASO PRÁCTICO

4.1 Descripción del producto

El producto que vamos a analizar es el Alcatel Versatis D100 trío SP, fabricado por Thomsom Telecom.



Figura 10-Imagen del artículo estudiado

Se trata de un conjunto de teléfonos inalámbricos, con tres terminales similares: la base del primero está conectada a la red telefónica mediante el correspondiente cableado, y a la corriente eléctrica través de un transformador, mientras que las dos bases restantes carecen de la primera conexión. Es evidente que este hecho conlleva algunos cambios en el diseño de los componentes de los aparatos, sin embargo y como se verá más adelante, pueden despreciarse debido a la poca diferencia de peso entre las piezas de las bases. Los tres teléfonos y los tres transformadores tienen características idénticas.

A continuación puede verse una tabla del desmontaje de uno de los terminales, e imágenes de sus partes.

Para facilitar la lectura, únicamente se ha dado nombre a las piezas principales del terminal (piezas de partida del desmontaje), y a las piezas que se han considerado finalmente en el análisis (la justificación se encuentra en el apartado de hipótesis).

<i>Nº de código</i>	<i>Nombre de la pieza</i>	<i>Nº de piezas</i>	<i>Tiempo desmontaje (s)</i>	<i>Material</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Tipo de uniones</i>
1	Teléfono	1	4		120	Unión guía
2	Base	1	15		60	Adhesiva
3	Enchufe	1	10		182	Termosellada
4	Cable telefonía	1			25,16	
1.1	Tapa batería	1		ABS	9,3	
1.2			1			Unión guía
1.2.1	Batería	1			18,2	
1.2.2			197			Unión guía y tornillería
1.2.2.1	Tornillo	2			0,4	
1.2.2.2			3			Adhesiva
1.2.2.2.1	Carcasa trasera	1		ABS	19,5	
1.2.2.2.2		1				
1.2.2.3			110			Unión tipo A y tornillos
1.2.2.3.1	Botonera	1		Poliuretano	16,3	
1.2.2.3.2	Tornillo	2			0,4	
1.2.2.3.3			8			Soldadura
1.2.2.3.3.1			7			Soldadura
1.2.2.3.3.1.1	Placa verde	1			22	
1.2.2.3.3.1.2			5			Unión tipo A
1.2.2.3.3.1.2.1	Placa blanca	1		ABS	1,9	
1.2.2.3.3.1.2.2	Pantalla	1			3,35	
1.2.2.3.3.2			5			Termosellada
1.2.2.3.3.2.1			2			Unión tipo A
1.2.2.3.3.2.1.1		1			0,3	
1.2.2.3.3.2.1.2			2			Termosellada
1.2.2.3.3.2.1.2.1		1			0,3	
1.2.2.3.3.2.1.2.2	Auricular (imán)	1		Magnetita	2,1	
1.2.2.3.3.2.2			6			Termosellada
1.2.2.3.3.2.2.1			10			Unión adhesiva
1.2.2.3.3.2.2.1.1	Carcasa delantera	1		ABS	14	
1.2.2.3.3.2.2.1.2		1				
1.2.2.3.3.2.2.2	Ventana	1		PMMA	3,6	
1.2.2.3.3.2.2.3		1			0,1	
2.1		2			0.30	
2.2			420			Unión tipo A y tornillos
2.2.1	Tornillo grande	2			0,8	
2.2.2	Carcasa inferior	1		HIPS	27	
2.2.3			5			Unión tipo A y tornillos
2.2.3.1	Tornillo	1			0,2	

4. Caso práctico

<i>Nº de código</i>	<i>Nombre de la pieza</i>	<i>Nº de piezas</i>	<i>Tiempo desmontaje (s)</i>	<i>Material</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Tipo de uniones</i>
2.2.3.2	Carcasa superior	1		ABS	24	
2.2.3.3	Placa amarilla	1			4,4	
3.1	Cable	1			19,2	
3.2		1			1,9	
3.3	Transformador	1			160,9	

Tabla 4- Despiece

A continuación se muestran las imágenes de las piezas del producto.



Figura 11-Piezas nº 1, 2, y 3



Figura 12- Pieza nº 4



Figura 13-Piezas nº 2.2.2 y 2.2.3.2



Figura 14-Pieza nº 1.1



Figura 15- Pieza nº 1.2.2.2.1



Figura 16- Pieza nº 1.2.2.3.3.2.2.1.1



Figura 17- Pieza nº 1.2.2.3.1



Figura 18- Pieza nº 1.2.1



Figura 19- Conjunto de tornillería

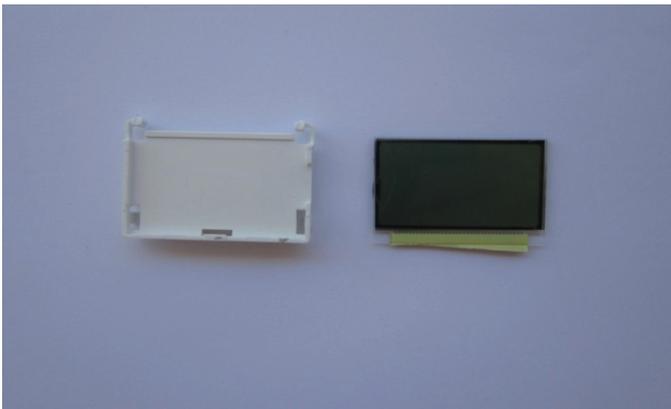


Figura 20- Piezas nº 1.2.2.3.3.1.2.1 y 1.2.2.3.3.1.2.2



Figura 21- Pieza nº 1.2.2.3.3.2.1.2

4. Caso práctico



Figura 22-Pieza nº 1.2.2.3.3.2.2.2

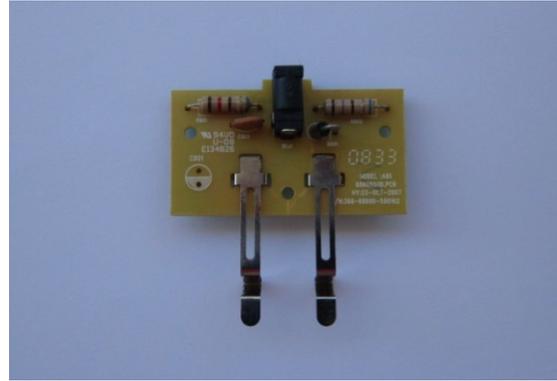


Figura 23-Pieza nº 2.2.3.3



Figura 24-Pieza nº 1.2.2.3.3.1.1

Una vez completado el desmontaje, puede calcularse el porcentaje de reciclabilidad del producto.

$$\text{Porcentaje de reciclabilidad en peso} = \frac{\text{Peso de todos los componentes con RR(1-3) y RS(1-3)}}{\text{Peso de todos los componentes del conjunto}}$$

Los valores RR y RS atienden a las siguientes tablas obtenidas por el Laboratorio de Realización de Sistemas del Instituto de Tecnología de Georgia, USA:

<i>Componente/ Material de ensamblaje</i>	<i>RR</i>	<i>Motivos</i>
Metal único	2	Tecnología e infraestructura del reciclaje en el hogar.
Termoplástico único	3	Tecnología disponible, pero sin infraestructura en el hogar.
Plástico termoestable único	4-5	Existe algo de tecnología en desarrollo. La incineración puede ser posible.
Varios metales	2	Tecnología e Infraestructura del Reciclaje en el lugar.
Un único metal o varios con un único termoplástico	3-4	El triturado y la separación magnética permite la separación de metales, dependiendo del número y tipo. El residuo resultante está formado por un único plástico que puede ser reciclable.
Diversos termoplásticos: Todos compatibles	3-4	La tecnología está disponible o bajo desarrollo para reciclar esta mezcla de plásticos pero no existe infraestructura.
Diversos termoplásticos: Incompatibles	4-5-6	En el mejor de los casos, la tecnología está bajo desarrollo para reciclar / separar esta mezcla. La incineración puede ser posible, dependiendo de su composición.
Diversos termostables	4-5-6	En el mejor de los casos, la tecnología está bajo desarrollo para reciclar / separar esta mezcla. La incineración puede ser posible, dependiendo de su composición.

Tabla 5- Valores RR

<i>Situación</i>	<i>RS</i>	<i>Motivos</i>
Uniones realizadas de los mismos materiales que las partes que unen	1	No se necesita desmontaje. Todo puede ser reciclado como una parte única. Es la situación preferible.
Uniones realizadas de materiales compatibles con los de las partes que unen	1	No se necesita desmontaje. Todo puede ser reciclado como una parte única.
Uniones incompatibles con las partes que conectan, pero fácilmente eliminables.	1-2	Las uniones pueden ser eliminadas manualmente. Las partes pueden separarse manualmente
Uniones incompatibles con las partes a conectar, pero eliminables mediante fuerza (remaches).	3-4-5	Las uniones pueden ser eliminadas manualmente. Las partes pueden separarse manualmente o mecánicamente si lo permiten las propiedades del material.
Uniones realizadas de material férrico y fácilmente eliminable y las partes a conectar son del mismo plástico o compatibles.	1-2-3	Las uniones pueden ser eliminadas manualmente o mediante triturado y separación magnética. La elección depende del tiempo requerido. Las partes plásticas se reciclan como una mezcla.
Uniones no-eliminables, permanentes o moldeadas, pero realizadas de material ferroso y las partes conectadas son del mismo plástico o compatibles	3	Las uniones pueden ser eliminadas mediante triturado y separación magnética. Las partes plásticas se reciclan como una mezcla.

4. Caso práctico

<i>Situación</i>	<i>RS</i>	<i>Motivos</i>
Uniones no-eliminables, permanentes o moldeadas, pero realizadas de material ferroso y las partes conectadas son de plásticos incompatibles.	3-4-5	Las uniones pueden ser eliminadas mediante triturado y separación magnética. Los plásticos se pueden separar por densidad, siempre que el número y sus densidades lo permitan
Uniones y partes incompatibles y las uniones son no eliminables (adhesivos)	4-5	La separación no es posible y la unión provocará contaminación a las partes si se Trituran. En casos límite, se desarrollan tecnologías de separación (químicas),
Los partes son del mismo material o compatible, pero incompatible con la unión. Sin embargo, la masa de la unión es tan despreciable que no provocará ninguna contaminación	1	Todo puede ser reciclado como una parte única. La Ingeniería de Materiales debería ser consultada, porque un 1% de contaminación ser inaceptable en algunos casos

Tabla 6-Valores RS

<i>Pieza</i>	<i>Peso (gr)</i>	<i>RR</i>	<i>RS</i>	<i>Ok</i>
Cable telefonía	25,16	4	1	
Tapa batería	9,3	3	1	✓
Batería	18,2	4	1	
Tornillería	1,8	2	1	✓
Carcasa trasera	19,5	3	1	✓
Botonera	16,3	3	1	✓
placa verde	22	3	2	
placa blanca	1,9	3	1	✓
pantalla	3,35	2	1	
Auricular (imán)	2,1	2	4	
carcasa delantera	14	3	1	✓
ventana	3,6	3	1	✓
Carcasa inferior	27	3	1	✓
Carcasa superior	24	3	1	✓
Placa amarilla	4,4	3	2	
Cable	19,2	4	2	
Transformador	160,9	4	3	

Tabla 7-Valores para la reciclabilidad

El porcentaje de reciclabilidad toma un valor de 31,5%

Sin considerar el transformador (porque se separa para su reutilización), el porcentaje de reciclabilidad es de 55,4%

A continuación se realiza un análisis cualitativo mediante la matriz MET del producto.

<i>Fases del ciclo de vida</i>	<i>Uso de MATERIALES (Entradas)</i>	<i>Uso de ENERGÍA (Entradas)</i>	<i>EMISIONES TÓXICAS (Salidas: emisiones, vertidos, residuos)</i>
Obtención y consumo de materiales y componentes	<ul style="list-style-type: none"> - ABS (poliestireno) (0,2 kg) - HIPS (poliestireno) (0,08 kg) - PMMA (metacrilato) (0,01 Kg) - Poliuretano (0,05 kg) - Acero ($6,6 \times 10^{-3}$ kg) - Los necesarios para fabricar circuitos impresos, cables, pantallas LCD, baterías, transformadores y auriculares. 	- Consumo de energía debido a la obtención, transformación y el transporte de los materiales hasta la fábrica.	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones, vertidos y residuos debidos a los procesos de obtención de las materias primas y su transformación. - Emisiones, vertidos y residuos debidos al transporte de los materiales.
Producción en fábrica	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales auxiliares para el funcionamiento de la maquinaria (lubricantes, refrigerantes...) - Material para soldadura - Adhesivos 	- Energía utilizada en los diversos procesos de fabricación (inyección, extrusión, trefilado, torneado, soldadura...)	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos plásticos y metálicos. - Residuos de lubricantes y refrigerantes. - Emisiones, vertidos y residuos debido a los procesos de producción.
Distribución	- Embalajes del producto	- Combustible para el transporte transoceánico en embarcación (15500 km) y el transporte en camión (100 km).	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones, vertidos y residuos debidos a los medios de transporte. - Restos de embalajes
Uso o utilización		- Consumo de energía eléctrica (1058 kWh).	- Emisiones derivadas de la producción de energía
Sistema de fin de vida Eliminación final		<ul style="list-style-type: none"> - Energía utilizada en el transporte de los residuos. - Energía empleada en los procesos de gestión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones, vertidos y residuos debidos a los medios de transporte. - Emisiones, vertidos y residuos debidos a los procesos de gestión.

Tabla 8-Matriz MET

4.2 Definición del objetivo y el alcance

El objetivo del ACV en este trabajo es cuantificar el impacto ambiental causado por el Alcatel Versatis D100 trío SP, considerado como conjunto 1, e identificar qué etapa de su ciclo de vida y qué componentes son los que contribuyen de forma decisiva en él. También se realiza el ACV de un producto ficticio al que se le da el nombre de Versatis D100 mono SP, considerado como conjunto 2, para cuantificar su impacto ambiental, qué etapas de su ciclo y componentes son los más perjudiciales, y poder comparar los resultados obtenidos con los del Alcatel Versatis D100 trío SP.

En cuanto al alcance del análisis, se tienen en cuenta los impactos causados en la producción en fábrica, la distribución, el uso y la eliminación final del producto. Por tanto, queda fuera del alcance la obtención y puesta en fábrica de las materias primas a emplear.

La unidad funcional utilizada han sido las horas de uso del teléfono.

El conjunto 1 está compuesto por tres bases, tres teléfonos, tres enchufes y un cable para la conexión telefónica.

El conjunto 2 consta de una base, un teléfono, un enchufe y un cable para la conexión telefónica.

Para realizar el análisis se ha utilizado el programa informático SimaPro (versión 7.3.3.), y las siguientes bibliotecas: Methods, Ecoinvent, ELCD, Industry data 2.0. El método de cálculo de impacto empleado ha sido el Ecoindicator 99 I/I.

4.3 Análisis de inventario

Para facilitar y agilizar el análisis y la obtención de los diversos datos necesarios para su realización, se han considerado las siguientes hipótesis, según la normativa y las bases de datos utilizadas:

- Utilizando la masa como criterio para determinar la relevancia, en el resultado final, de incluir o no algún elemento en la unidad funcional, se han despreciado partes cuyo peso es menor al 1% del peso de un terminal. Esto incluye las diferencias anteriormente comentadas entre las bases de los terminales, ciertas piezas, el embalaje y las instrucciones que acompañan al producto en cuestión. Se ha decidido incluir algunos componentes de bajo peso como la tornillería, debido a que los datos de interés para el análisis eran conocidos, de forma que su introducción no ha dificultado realización del estudio.
- Dada la dificultad de determinar todos los procesos de fabricación que ha seguido una pieza, y la poca relevancia del impacto causado por los procesos secundarios respecto al impacto total, sólo se han considerado los procesos de fabricación principales.
- Para el correcto uso de las bases de datos, se han realizado las siguientes suposiciones en cuanto a la materia prima necesaria para realizar cada componente:
 - En el proceso de moldeo por inyección (injection moulding / RER S) se considera que por cada kilogramo procesado se obtienen 0,944 kg de producto final.

- En el proceso de calandrado o laminación de plásticos (calendering, rigid sheets / RER S) se considera que 1 kg de material procesado equivale a 0,991 Kg de plástico rígido.
- En la extrusión de plástico (extrusión, plastic film / RER S) se considera que por cada kilogramo procesado se obtienen 0,976 kg.
- En el torneado de acero (turning, steel, conventional, average / RER S) se asume 0,23 kg de residuos de acero por cada kg de producto final obtenido.
- Al no estar la tipología de cable adecuada para el cable de la conexión a la red eléctrica en las bases de datos, éste se ha introducido en el programa con sus componentes separados. Por un lado se ha introducido el cable de cobre, y por otro un recubrimiento polimérico. Se ha aproximado que la cantidad de cobre se corresponde con el 60% de la masa total del cable, mientras que el recubrimiento representa el 40% restante.
- Para el cable de conexión telefónica tampoco se ha encontrado una tipología adecuada en las bases de datos. En este caso se ha supuesto la cantidad de cobre en un 65% de la masa total, y la de recubrimiento en un 35%.

Como escenario de uso se ha considerado que el teléfono tiene una vida útil de 5 años, y que permanece activo y colocado en su base 24 horas al día. Se desprecia por tanto la variación de consumo del teléfono cuando está fuera de la base o realizando llamadas, ya que se considera que el tiempo es despreciable respecto de la situación supuesta, y que la diferencia de potencia no influye significativamente en los cálculos. Por tanto, el tiempo que el teléfono permanece en la situación indicada es de 43800 horas.

Por otro lado, el producto no indica cuál es su consumo de potencia final, y debido a ciertas dificultades éste tampoco se ha podido medir de manera fiable, así que siguiendo la norma se toma como consumo el correspondiente a los valores nominales del aparato. Esto es, 230 V y 0,035 A, por lo que la potencia consumida es de 0,00805 kW.

$$S = V \times I = 0,00805 \text{ kW} \quad \text{Ec. 1}$$

La energía consumida se calcula como

$$E = S \times t = 352,59 \text{ kWh} \quad \text{Ec. 2}$$

Para el conjunto 2 se considera un consumo energético de 352,59 kWh.

Como el conjunto 1 contiene tres terminales, la energía consumida en su etapa de uso es de 1057,77 kWh.

En cuanto a la distribución del producto al punto de venta, se han realizado las siguientes consideraciones:

El producto está fabricado en China. Al no disponer de más información sobre la localización de la fábrica, se supone que se encuentra cerca del puerto de Dalian por intereses económicos, del mismo modo que se sitúan los posibles puntos de venta cerca del puerto de Valencia. Se estima, por tanto, una distancia media de transporte en carretera de 100 km. Se ha supuesto transporte transoceánico desde el puerto de Dalian porque es el método habitual de entrada de productos de origen chino a Europa.

4. Caso práctico

Para calcular la distancia marítima recorrida, se han concretado múltiples puntos de paso a lo largo de la ruta, y se ha calculado la distancia entre ellos [distance.to]:

- Dalian – Singapur – 3059,39 km
- Singapur – Canal de Kardiva – 3412,07 km
- Canal de Kardiva – Perim – 3395,73 km
- Perim – Canal de Suez – 2322,67 km
- Canal de Suez – Canal de Sicilia – 1841,59 km
- Canal de Sicilia – Valencia – 1268,93 km

La distancia recorrida suma 15372,65 km, y se ha redondeado a 15500 km.

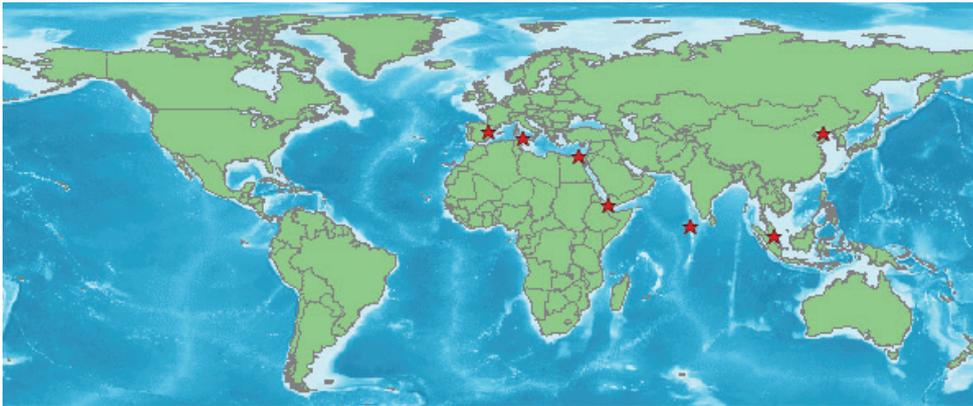


Figura 25-Puntos de paso de la ruta Dalian – Valencia [DATALOY]

El escenario de residuos planteado ha sido el más próximo a la situación española, de los disponibles en las bases de datos utilizadas.

En España en el año 2010, el 9% de los RSU fueron incinerados y el 33% fueron tratados en plantas de reciclaje [EUROSTAT]. En la siguiente tabla puede verse una comparativa del escenario español y los escenarios existentes en la base de datos de Ecoinvent. Los valores corresponden al tanto por ciento respecto a los residuos no reciclados

	<i>Incineración [%]</i>	<i>Vertedero [%]</i>
España	13,64	86,36
Waste England (S)	16,9	83,1
Waste France (S)	53	47
Waste Netherlads (S)	92,1	7,9
Waste Switzerland (S)	88	12
Waste USA (S)	20	80

Tabla 9-Comparativa entre los escenarios

Puede verse que el escenario más parecido al español es el de Inglaterra (Waste England).

En el anexo 1 se pueden consultar todos los datos relativos a entradas y salidas considerados y procesados en el SimaPro y el ciclo de vida de los conjuntos analizados.

A continuación se muestran algunas imágenes del programa con datos del producto analizado, a modo de ejemplo de su utilización:

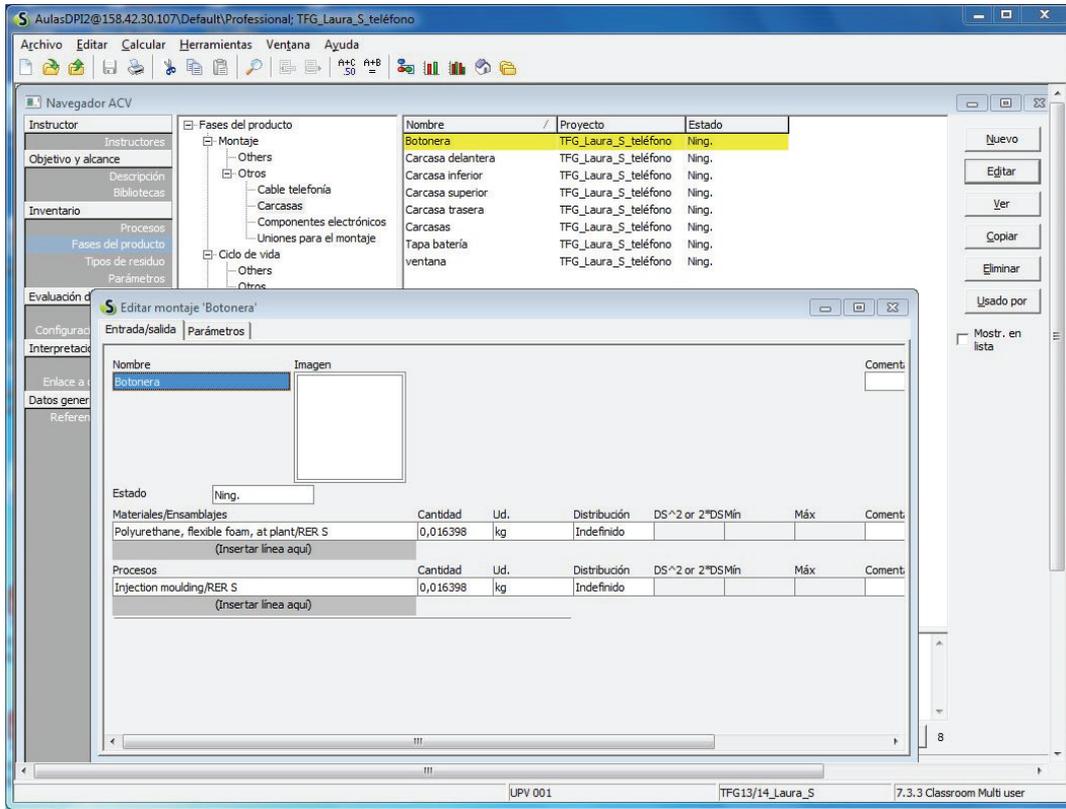


Figura 26-Introducción de datos de las piezas

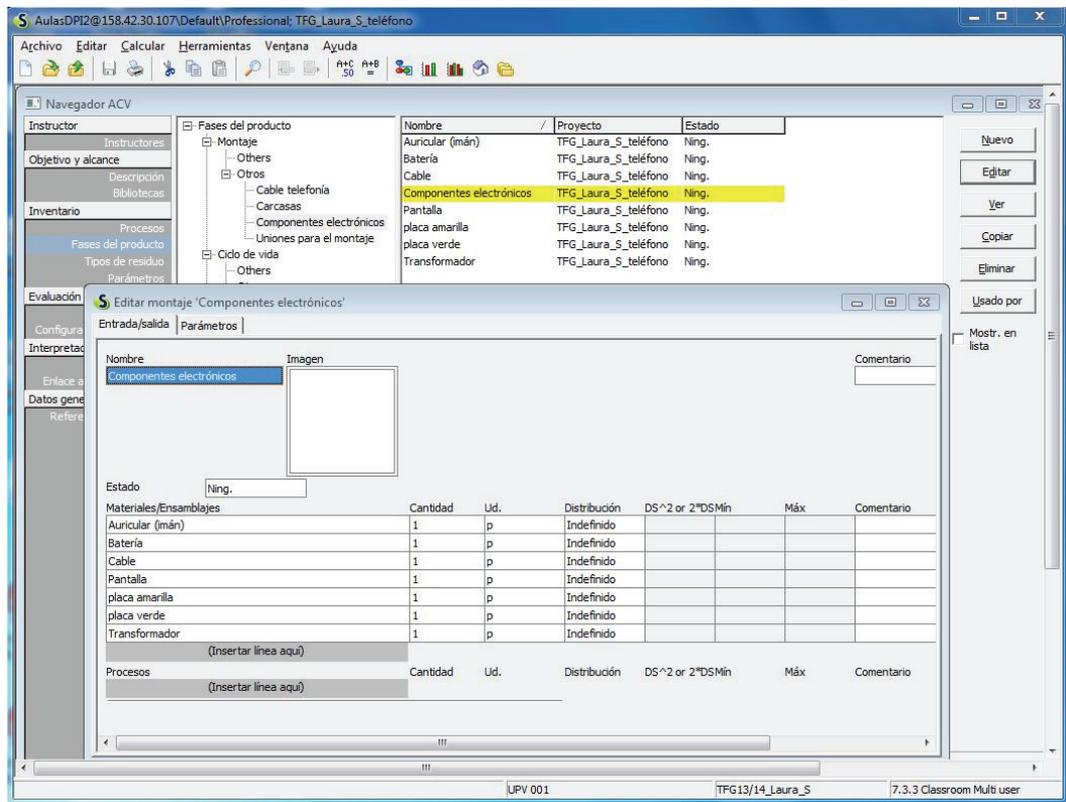


Figura 27-Ejemplo de agrupación de las piezas

4. Caso práctico

Editar ciclo de vida 'Ciclo de vida del Trío'

Entrada/salida | Parámetros

Nombre: Ciclo de vida del Trío

Imagen: [Empty box]

Comentario: [Empty box]

Estado: Ning.

Montaje	Cantidad	Ud.	Distribución	DS ² or 2*DSMin	Máx	Comentario
Caja Versatis Trío	1	p	Indefinido			

Procesos	Cantidad	Ud.	Distribución	DS ² or 2*DSMin	Máx	Comentario
Transport, transoceanic freight ship/OCE U	17,2205	tkm	Indefinido			
Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	0,1111	tkm	Indefinido			
Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	1057,77	kWh	Indefinido			
(Insertar línea aquí)						

Escenario de residuos/disposición: Waste scenario/Eng S

Ciclos de vida adicionales	Número	Distribución	DS ² or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)					

Figura 28- Introducción de características de un ciclo de vida

4.4 Evaluación de impactos e interpretación de resultados.

El programa SimaPro proporciona varios tipos de resultados: red, análisis de caracterización, análisis de puntuación única e inventario, entre otros.

- Red: Mediante el árbol o red, muestra de forma ordenada qué etapas del ciclo de vida generan un mayor impacto, cuantificándolo en milipuntos (mPt) o en porcentaje sobre impacto total.
- Caracterización: la caracterización muestra la repercusión de cada etapa del ciclo de vida en cada categoría de impacto. Las categorías que se tienen en cuenta son la generación de agentes cancerígenos, el riesgo de inhalación de partículas orgánicas e inorgánicas, el cambio climático, la radiación, el deterioro de la capa de ozono, la ecotoxicidad, acidificación y eutrofización del medio, la ocupación del terreno y disminución de materias primas minerales.
- Puntuación única: ya sea en formato de tabla o de gráfico, se observan los impactos de cada etapa del ciclo de vida medidos en milipuntos o en puntos, y la influencia de cada categoría de impacto en las etapas del ciclo de vida.
- Inventario: a través de el inventario se tiene acceso a la repercusión de cada elemento, sustancia, proceso, etc., en el ciclo de vida y en cada fase en concreto. En el anexo 2 se detalla el inventario de los 50 elementos más relevantes.

Se ha realizado el análisis del ciclo de vida de los dos conjuntos especificados anteriormente. Los datos introducidos en el programa se detallan en el anexo 1.

El conjunto 1 recibe el nombre de “Caja Versatis trío”, y su correspondiente ciclo de vida “Ciclo de vida del Trío”. Al conjunto 2 se le ha dado el nombre de “Caja Versatis mono”, y al ciclo de vida “Ciclo de vida del Mono”.

Aunque el cable encargado de la conexión a la línea telefónica es un componente electrónico, éste se ha considerado fuera del conjunto de piezas electrónicas para realizar de forma más cómoda su introducción en el ciclo de vida, evitar errores, y agilizar el análisis.

Para facilitar la lectura de los datos, no se han incluido todos los resultados y algunas gráficas han sido recortadas para poder destacar la información más relevante. En el anexo 3 pueden consultarse los resultados y el inventario de los análisis de forma ampliada.

Versatis D100 SP Trío

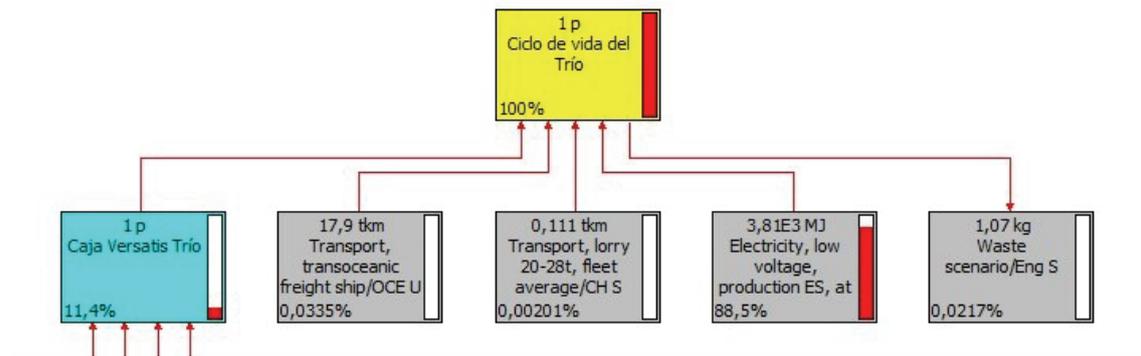


Figura 29-Detalle del árbol del ciclo de vida del trío

La contaminación del ciclo de vida considerado asciende a un total de 74,691 Pt (ver anexo 3).

La etapa que más impacto tiene es el uso del producto, ya que el consumo de electricidad en esta fase representa el 88,5% del impacto total. Le sigue la fabricación de los componentes, que representa el 11,4%. El resto de etapas (transporte y tratamiento final) tienen un impacto despreciable, que ni siquiera alcanza el 0,1%.

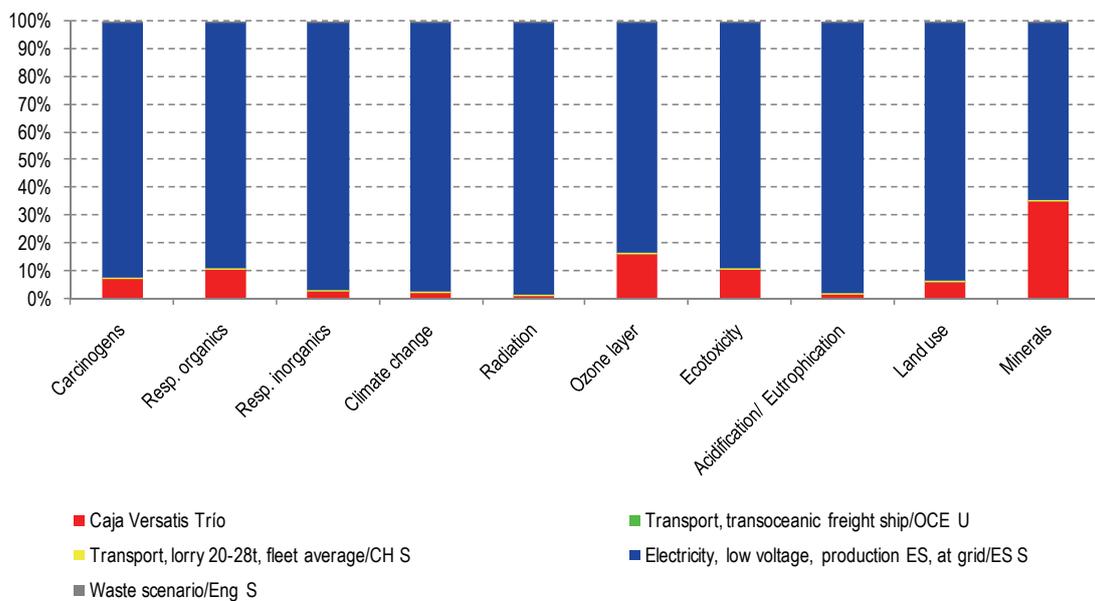


Figura 30-Characterización del ciclo de vida del trío

4. Caso práctico

El gráfico de caracterización muestra que el consumo eléctrico durante la utilización del aparato es la etapa del ciclo de vida con mayor repercusión en todas las categorías de impacto analizadas.

La etapa de producción tiene su mayor repercusión en el impacto sobre materias primas minerales. Posteriormente se analizará de dónde procede la causa de este impacto.

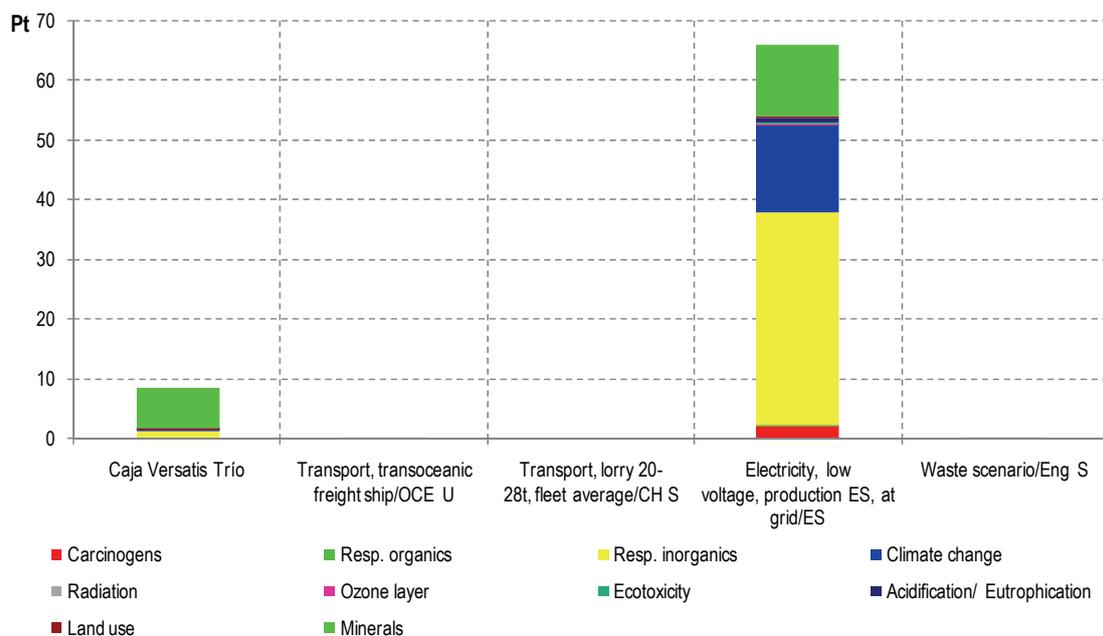


Figura 31-Puntuación única del ciclo de vida del trío

En el gráfico de puntuación única se observa que la etapa con mayor impacto es la de uso, afectando principalmente a la generación de partículas inorgánicas inhalables con un valor de 35,496 Pt, al cambio climático con 15,025 Pt y a la disminución de materias primas con 12,128 Pt.

El impacto de la fabricación de los componentes está causado principalmente por la disminución de recursos naturales, concretamente de minerales, con un valor en de 6,672 Pt en la categoría.

A pesar de no ser la etapa que más contamina, se considera interesante analizar de forma más concreta la fabricación de los componentes.

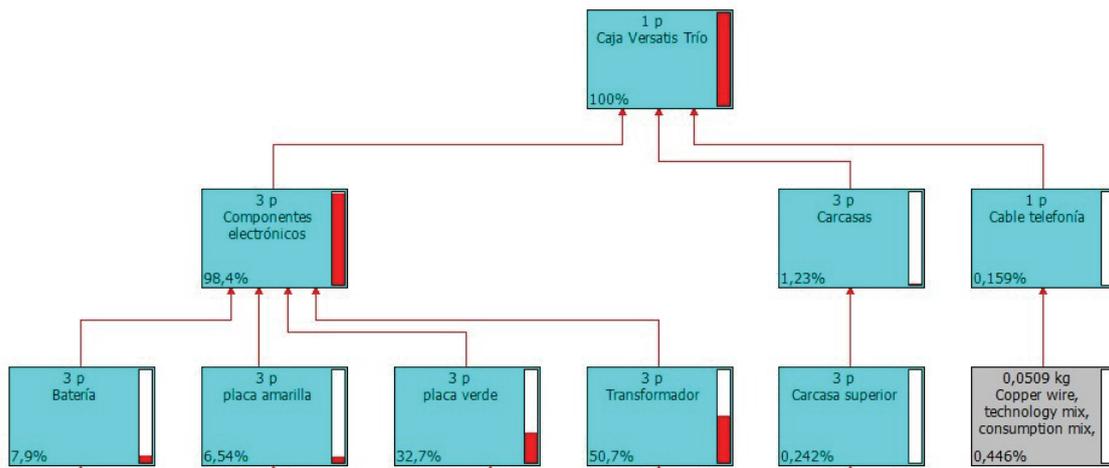


Figura 32-Detalle del árbol de la Caja Versatis Trio

Las partes que más impacto tienen del conjunto son los componentes electrónicos, y de éstos, el transformador, que causa el 50,7% del impacto de todas las piezas.

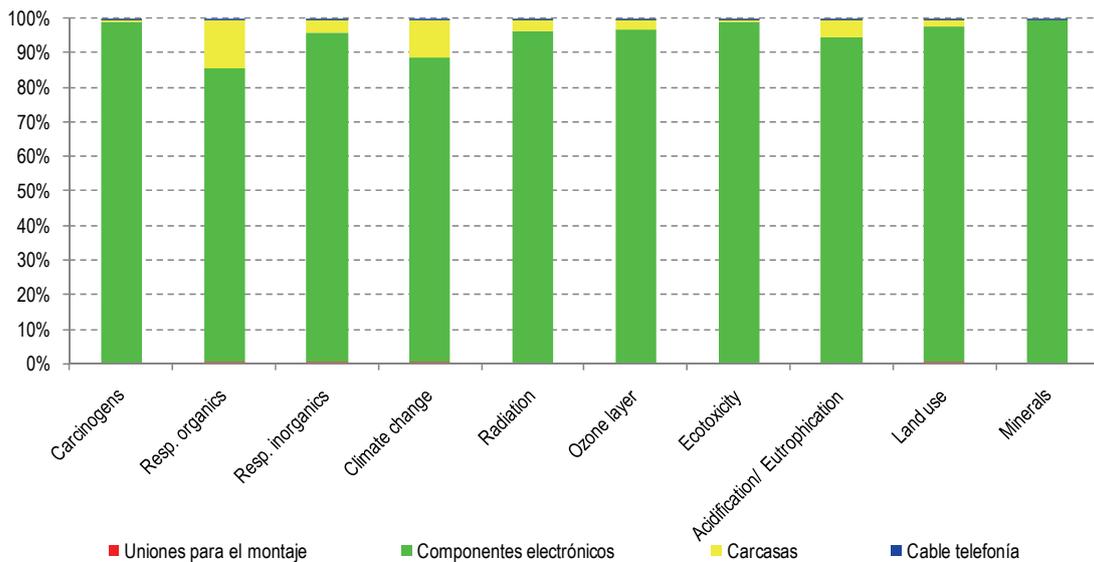


Figura 33- Caracterización de la Caja Versatis Trio

Todas las categorías de impacto se ven afectadas por la fabricación de los componentes electrónicos, siendo la única causa destacable (proporción superior al 98%) del impacto por el uso de sustancias cancerígenas, de la ecotoxicidad, y de la utilización de materias primas minerales.

Las categorías más afectadas por la producción de las carcasas poliméricas son la generación de partículas orgánicas, el cambio climático y la acidificación y eutrofización de las aguas.

4. Caso práctico

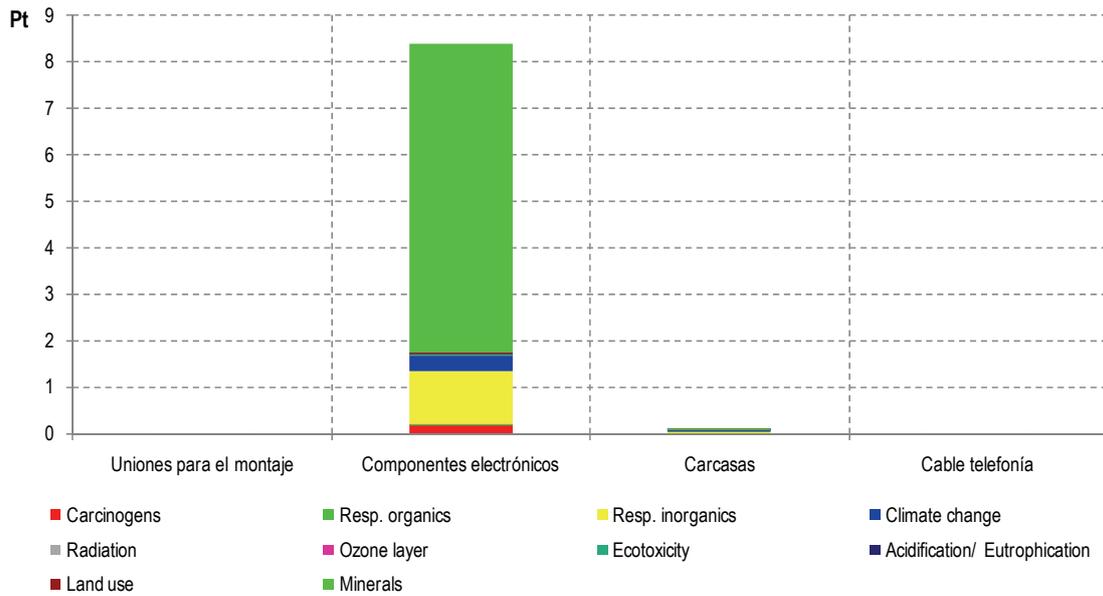


Figura 34-Puntuación única de la Caja Versatis Trío

En el gráfico de puntuación única queda evidenciado que el único impacto destacable de los procesos de fabricación es el debido a los componentes electrónicos. Éstos generan un impacto de 6,645 Pt en la disminución de materias primas, de 1,146 Pt en partículas inhalables inorgánicas, y de 0,352 Pt en el cambio climático.

Versatis D100 SP Mono

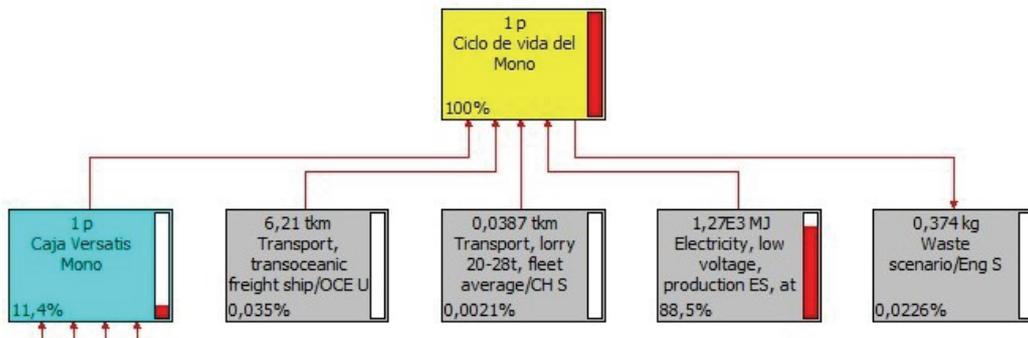


Figura 35- Detalle del árbol del ciclo de vida del mono

La contaminación del ciclo de vida del conjunto 2 es de 24,907 Pt (ver anexo).

La etapa de mayor impacto es la de utilización del producto, representando el 88,5% del impacto total. La fabricación supone un 11,4 %, mientras que el impacto del transporte y del tratamiento final se considera despreciable ya que no suma el 0,1%.

Mientras el impacto producido por la etapa de fabricación y por el uso mantienen las mismas proporciones que para el conjunto 1, las etapas de transporte y fin de vida aumentan ligeramente su proporción (esto supone la disminución del porcentaje de otros elementos, con un impacto demasiado pequeño para visualizarlos en el árbol).

De la misma forma que antes, se analiza más detalladamente la etapa de fabricación del producto.

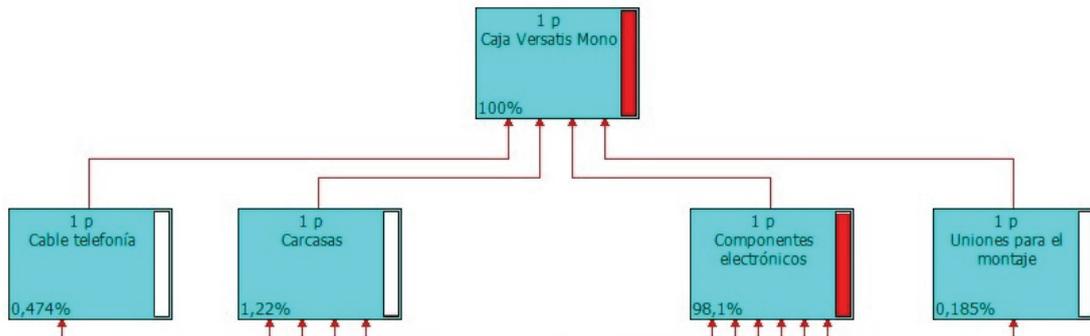


Figura 36-Detalle del árbol de la Caja Versatis Mono

Las partes que más impacto causan son los componentes electrónicos, concretamente el transformador, con un impacto del 50,5%.

Como es lógico debido a la composición del conjunto 2, el cable de telefonía aumenta su relevancia respecto al conjunto 1.

También se ha realizado una comparativa entre los ciclos de vida de los dos conjuntos, obteniendo la siguiente gráfica de puntuación única.

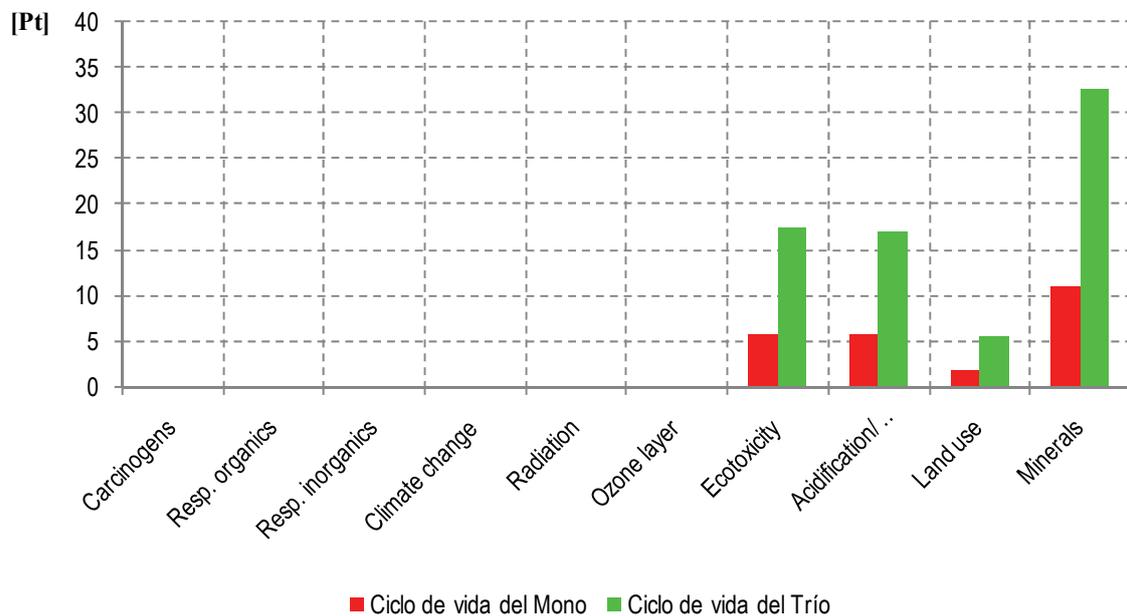


Figura 37-Comparativa en puntuación única de los ciclos de vida

Como ya se ha comentado antes, el consumo del conjunto 1 es mayor que el del 2

Para evaluar mejor los resultados, se ha decidido comparar el impacto por terminal. Es decir, el impacto del conjunto 1 se ha dividido por 3, mientras que el del conjunto 2 se ha conservado.

4. Caso práctico

<i>Categoría de impacto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Ciclo de vida del Trío</i>	<i>Ciclo de vida del Mono</i>
Carcinogens	DALY	0,00000728	0,00000728
Resp. organics	DALY	0,00000005	0,00000005
Resp. inorganics	DALY	0,00010355	0,00010356
Climate change	DALY	0,00004355	0,00004356
Radiation	DALY	0,00000010	0,00000010
Ozone layer	DALY	0,00000001	0,00000001
Ecotoxicity	PAF*m2yr	5,83995299	5,84049095
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	5,69100847	5,69170134
Land use	PDF*m2yr	1,88656296	1,88678274
Minerals	MJ surplus	10,88830408	10,90167254

Tabla 10-Impacto por terminal

Como puede verse, el impacto por terminal del ciclo de vida del conjunto 1 (Trío) es menor al del conjunto 2 (Mono) en algunas categorías. Esto es debido a que ambos conjuntos sólo tienen un cable de telefonía, y se observan variaciones en las categorías de impacto en las que este componente influye. Sin embargo, y con todo ello el impacto del cable es despreciable respecto al total en ambos casos, por lo que las diferencias encontradas también son despreciables.

De haberse tenido en cuenta el embalaje de los productos y las diferencias entre las distintas bases, las desigualdades entre los impactos por terminal de los dos conjuntos se habrían visto acentuadas, debido a la variación de las proporciones de los materiales.

Para los dos conjuntos, los impactos de transporte son despreciables. Esto es debido a que, a pesar de recorrer largas distancias, en un mismo viaje se transportan numerosas unidades, por lo que el impacto causado se reparte entre ellas. El impacto de la etapa de gestión final también es despreciable. El hecho de que la mayoría de las piezas estén fabricadas con plásticos reciclables y de que los componentes peligrosos se traten adecuadamente, contribuye a generar un impacto bajo.

Todos los impactos de la etapa de uso son los correspondientes a la generación de energía eléctrica, ya que el producto no utiliza consumibles y no se han tenido en cuenta reparaciones de ningún tipo.

Las categorías más perjudiciales de estos productos son la utilización de recursos minerales, la ecotoxicidad, la acidificación y eutrofización de las aguas y la contaminación por ocupación del terreno.

Cabe destacar que estos resultados pueden verse alterados si se modifica el escenario de uso. Por ejemplo, se ha encontrado información sobre el consumo de teléfonos inalámbricos con potencias de 2W con la batería completamente cargada y de 3W en estado de carga. Estos datos no se han considerado en el trabajo ya que no proceden de fuentes científicas (revistas de alto impacto).

5. PROPUESTAS DE MEJORA

Dado el gran impacto que tiene el consumo energético durante la etapa del ciclo de vida, las mejoras más representativas serán las que se realicen en este sentido.

El desarrollo de fuentes de energía sostenibles queda fuera del alcance de este trabajo, de modo que los posibles cambios han de centrarse en reducir el consumo energético del aparato. Este hecho puede lograrse mediante la investigación y desarrollo de las siguientes propuestas:

- Utilizar baterías más eficientes, con procesos de carga y descarga de mayor rendimiento, y materiales altamente conductivos para reducir las pérdidas energéticas por efecto Joule.
- Rediseñar el aparato para que trabaje con intensidades menores que disminuyan las pérdidas por efecto Joule, lo que implicará emplear tensiones más elevadas en el caso de mantener la potencia de funcionamiento.
- Emplear fuentes de alimentación (transformadores) con mayor eficiencia. Instalar electrónica de autodesconexión para que el terminal reduzca su consumo mientras la batería permanezca cargada.
- Eliminar acciones innecesarias del teléfono, como la continua visualización de datos por pantalla o la emisión de sonido al pulsar las teclas.
- Debido a la baja potencia del producto, es factible instalar una fuente autónoma de alimentación, como los cargadores solares fotovoltaicos ya presentes en pequeños aparatos eléctricos y electrónicos, como lámparas, calculadoras o juguetes.
- Mejorar la eficiencia de los componentes en general.

También pueden realizarse otro tipo de mejoras no centradas en la etapa de uso:

- Rediseñar el aparato y reducir sus dimensiones con la finalidad de utilizar menos materias primas y materiales menos contaminantes.
- Utilizar métodos de fabricación alternativos que produzcan menos impacto que los actuales.
- Rediseñar las piezas del producto de modo que las distintas etapas en la producción y el montaje tengan el menor impacto posible.
- Rediseñar las bases para optimizar la cantidad de material o simplificar el producto con una única base de carga.

6. CONCLUSIONES

Revisando los objetivos pretendidos en este trabajo, la primera conclusión general es que se han alcanzado, a saber:

- Se ha realizado una revisión de la legislación y la normativa relacionada con el ACV (Cap. 3.1), encontrando legislación generada en la CE traspuesta posteriormente a los distintos países de la UE que trata los RAEE, sobre la eficiencia de los AEE, y a los productores responsabilizándolos del mercado adecuado y en algunos casos de la logística inversa de los RAEE
- Se ha calculado el porcentaje de reciclabilidad obteniendo el valor de 55.4 %, que supera el mínimo del 50% establecido por el RD 208/2005
- De la investigación sobre la problemática ambiental causada por los productos objeto del trabajo (Cap. 4.4), se concluye que es el consumo energético en la etapa de uso el factor que causa mayor impacto con el 88.5 % del total, seguido por el proceso de producción con el 11.4 %.
- Se ha empleado el programa SimaPro para el procesado de la información, desglosando y ordenando los datos que permiten obtener y entender el impacto del ciclo de vida. Dichos resultados se muestran en el Cap. 4.4

7. PRESUPUESTO

En este apartado se determina el coste que alcanzaría el proyecto realizado, de no ser un trabajo meramente académico.

El presupuesto se estructura en tres categorías:

- Costes de Recursos Humanos
- Costes de recursos Materiales
- Otros

Coste de recursos humanos

En esta categoría se contabiliza el coste de la mano de obra. Se han empleado dos tipos de recursos:

- Alumno: recibe un salario de 40 €/hora.
- Director del proyecto: recibe un salario de 60 €/hora.

Los salarios se han establecido realizando una analogía con una situación laboral real, en la que la actividad del alumno se equipara a la de un consultor junior, y la del director de proyecto a la de un consultor senior.

<i>Recursos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Horas</i>	<i>Precio (€/hora)</i>	<i>Coste (€)</i>
Alumno	1	260	40	10400
Director del proyecto	2	50	60	3000
Total				13400

Tabla 11-Coste de recursos humanos

El coste de recursos humanos asciende a **trece mil cuatrocientos euros**

Coste de recursos materiales

En esta categoría se contabiliza el coste de los elementos materiales y de las herramientas informáticas utilizadas.

Se ha considerado una amortización lineal tanto del ordenador como de las licencias necesitadas.

La licencia del Simapro permite su instalación en varios ordenadores y el acceso por varios usuarios al mismo tiempo. Se determina que el programa puede usarse por 20 personas al unísono (20 licencias), durante el periodo lectivo docente (calcularlo), 10 horas al día, durante 2 años, ya que la licencia es bianual.

Se considera que las herramientas necesarias para el desmontaje del producto tienen un tiempo de amortización y uso único.

7. Presupuesto

<i>Recursos</i>	<i>Precio [€]</i>	<i>Tiempo de amortización [años]</i>	<i>Usuarios que disponen de su uso</i>	<i>Uso</i>	<i>Coste [€]</i>
Ordenador	800	5	1	240	21,57
Licencia de Microsoft Office	80	3	1	210	3,15
Licencia de Windows	120	3	1	240	5,39
Licencia de SimaPro	1330	2	20	10	0,19
Destornillador	4	1	1	1	4
Soldador	7,50	1	1	1	7,50
Total					41,80

Tabla 12-Coste de recursos materiales

El coste de recursos materiales asciende a **veinticuatro con sesenta y cinco euros**

Otros costes

En esta categoría se consideran los gastos energéticos, teléfono, conexión a internet, material de oficina, climatización, etc.

Se ha estipulado un coste de 2 €/hora, catalogados como gastos suplementarios o gastos de oficina.

<i>Recursos</i>	<i>Horas</i>	<i>Precio (€/hora)</i>	<i>Coste (€)</i>
Gastos suplementarios	260	2	520
Total			520

Tabla 13-Otros costes

El coste de gastos suplementarios asciende a **.quinientos veinte euros**.

Presupuesto global

El presupuesto global se compone de la suma de los tres presupuestos anteriores.

<i>Recursos</i>	<i>Coste [€]</i>
Recursos humanos	13400
Recursos materiales	41,80
Gastos suplementarios	520
Total	13961,80

Tabla 14- Presupuesto global

En este resultado ya se incluyen los impuestos indirectos, dado que están incluidos en los presupuestos parciales.

El coste total de la realización del trabajo asciende a **trece mil novecientos sesenta y uno con ochenta euros**.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR (Agencia Europea del Medio Ambiente) *UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices 2006*
- AENOR (Agencia Europea del Medio Ambiente) *UNE-EN ISO 14040:2006. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia 2006*
- AIDO, *Análisis del ciclo de vida para un diseñador*
- BOE (Boletín oficial del Estado) *Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.*
- BOE (Boletín oficial del Estado) *Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.*
- Carretero Peña, Antonio. *Aspectos ambientales. Identificación y evaluación.* 2007
- CMT <http://www.cmt.es/> (Consultada el 20 de Abril)
- DISTANCE.TO <http://es.distance.to/> (Consultada el 10 de Abril de 2014)
- DOE (Diario Oficial Europeo) *Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos*
- DOE (Diario Oficial Europeo) *Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), modificada en su artículo 9 por la Directiva 2003/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de diciembre de 2003.*
- DOE (Diario Oficial Europeo) *Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía*
- DOE (Diario Oficial Europeo) *Reglamento (CE) n° 1275/2008 de la Comisión, de 17 de diciembre de 2008, por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos preparado y desactivado, así como en el modo preparado en red, de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina*
- DOE (Diario Oficial Europeo) *Reglamento (UE) n° 801/2013 de la Comisión de 22 de agosto de 2013 por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 1275/2008 en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos preparado y desactivado de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina, y por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 642/2009 con respecto a los requisitos de diseño ecológico aplicables a las televisiones*
- ECOTIC <http://www.ecotic.es/es> (Consultada el 3 de Abril)
- EUROSTAT <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/> (Consultada el 4 de Abril de 2014)
- Fiksel, J. *Ingeniería de diseño medioambiental.* DfE. McGraw-Hill. Madrid, 1996
<http://www.euromundoglobal.com/noticia/198121/Ciencia-y-Tecnologia/Los-telefonos-inalambricos-ya-casi-igualan-en-numero-al-telefono-fijo-tradicional.html> (Consultada el 9 de Abril de 2014)

8. Bibliografía

-
- Huabo Duan, T. Reed Miller, Jeremy Gregory, y Randolph Kirchain. *Quantitative Characterization of Domestic and Transboundary Flows of Used Electronics Analysis of Generation, Collection, and Export in the United States* .2013
 - IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) <http://www.idae.es/> (Consultada el 15 de Abril de 2014)
 - Infante Velarde, J. *Los teléfonos inalámbricos ya casi igualan en número, al teléfono fijo tradicional*. Disponible en Internet.
 - Lennart Y. Ljungberg *Materials selection and design for development of sustainable products*. Materials and Design 28 Pag 466–479. 2007
 - MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) <http://www.magrama.gob.es/es/> (Consultada en 9 de Abril de 2014)
 - Oladele Osibanjo, Innocent Chidi Nnorom. *Material flows of mobile phones and accessories in Nigeria: Environmental implications and sound end-of-life management options*. Environmental Impact Assessment Review 28 Pag 198–213. 2008
 - Pre consultants Simapro 7.3.3. 2014
 - R. Hischer, P. Wäger, J. Gauglhofer. *Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE)*. Environmental Impact Assessment Review 25 Pags 525– 539. 2005
 - SRL-GATECH (Georgia Institute of Technology Systems Realization Laboratory). ME 4171 - Environmentally Conscious Design and Manufacture. <http://srl.gatech.edu> (Consultado el 15 de mayo de 2014)
 - Stavros E. Daniel, Costas P. Pappis, y Theodore G. Voutsinas *Applying life cycle inventory to reverse supply chains*. Resources, Conservation and Recycling 37 Pag 251- 281. 2003
 - WRAP, *Environmental assessment of consumer electronic products*. 2009.

9. ANEXOS

9.1 Anexo 1. Datos introducidos en el programa informático.

SimaPro 7.3 fases del producto Fecha: 23/05/2014 Período: 12:15:28
 Proyecto TFG_Laura_S_teléfono

Montaje:

Nombre: Auricular (imán)

Materiales/Ensamblajes: Magnetite, at plant/GLO S 0,0021 kg

Procesos: Sheet rolling, copper/RER U 0,0021 kg

Montaje:

Nombre: Batería

Materiales/Ensamblajes: Battery, NiMH, rechargeable, prismatic, at plant/GLO S 0,0182kg

Montaje:

Nombre: Botonera

Materiales/Ensamblajes: Polyurethane, flexible foam, at plant/RER S 0,016398 kg

Procesos: Injection moulding/RER S 0,016398 kg

Montaje:

Nombre: Cable

Materiales/Ensamblajes: Polyvinylchloride, emulsion polymerised, at plant/RER S 0,007869 kg

Copper wire, technology mix, consumption mix, at plant, cross section 1 mm² EU-15 S
 0,01152 kg

Procesos: Extrusion, plastic film/RER S 0,007869 kg

Montaje:

Nombre: Cable telefonía

Materiales/Ensamblajes: Polyvinylchloride, emulsion polymerised, at plant/RER S
 0,009022 kg

Copper wire, technology mix, consumption mix, at plant, cross section 1 mm² EU-15 S
 0,016354 kg

9. Anexos

Procesos: Extrusion, plastic film/RER S0,009022 kg

Montaje:

Nombre: Caja Versatis Mono

Materiales/Ensamblajes:

Cable telefonía	1	p	
Carcasas	1	p	
Componentes electrónicos	1	p	
Uniones para el montaje	1	p	

Montaje:

Nombre: Caja Versatis Trío

Materiales/Ensamblajes:

Uniones para el montaje	3	p	
Componentes electrónicos	3	p	
Carcasas	3	p	
Cable telefonía	1	p	

Montaje:

Nombre: Carcasa delantera

Materiales/Ensamblajes: Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S
0,014084 kg

Procesos: Injection moulding/RER S 0,014084 kg

Montaje:

Nombre: Carcasa inferior

Materiales/Ensamblajes: Polystyrene, high impact, HIPS, at plant/RER S 0,027163
kg

Procesos: Injection moulding/RER S 0,027163 kg

Montaje:

Nombre: Carcasa superior

Materiales/Ensamblajes: Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S
0,024145 kg

Procesos: Injection moulding/RER S 0,024145 kg

Montaje:

Nombre: Carcasa trasera

Materiales/Ensamblajes: Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S
0,019618 kg

Procesos: Injection moulding/RER S 0,019618 kg

Montaje:

Nombre: Carcasas

Materiales/Ensamblajes

Botonera	1	p	
Carcasa delantera	1	p	
Carcasa inferior1		p	
Carcasa superior	1	p	
Carcasa trasera	1	p	
Tapa batería	1	p	
ventana	1	p	

Ciclo de vida:

Nombre: Ciclo de vida del Mono

Montaje: Caja Versatis Mono 1 p

Procesos

Transport, transoceanic freight ship/OCE U	5,9985	tkm
Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	0,0387	tkm
Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	352,59	kWh

Escenario de residuos/disposición: Waste scenario/Eng S

Ciclo de vida:

Nombre: Ciclo de vida del Trío

Montaje:: Caja Versatis Trío 1 p

9. Anexos

Procesos:

Transport, transoceanic freight ship/OCE U	17,2205	tkm
Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	0,1111	tkm
Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	1057,77	kWh

Escenario de residuos/disposición: Waste scenario/Eng S

Montaje:

Nombre: Componentes electrónicos

Materiales/Ensamblajes:

Auricular (imán)	1	p
Batería 1		p
Cable 1		p
Pantalla1		p
placa amarilla	1	p
placa verde	1	p
Transformador	1	p

Montaje:

Nombre: Pantalla

Materiales/Ensamblajes: Backlight, LCD screen, at plant/GLO S 0,00335 kg

Montaje:

Nombre: placa amarilla

Materiales/Ensamblajes: Printed wiring board, mixed mounted, unspec., solder mix, at plant/GLO S 0,0044 kg

Montaje:

Nombre: placa blanca

Materiales/Ensamblajes: Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S 0,001911 kg

Procesos. Injection moulding/RER S 0,001911 kg

Montaje:

Nombre: placa verde

Materiales/Ensamblajes: Printed wiring board, mixed mounted, unspec., solder mix, at plant/GLO S 0,022 kg

Montaje:

Nombre: Tapa batería

Materiales/Ensamblaje: Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S 0,009356 kg

Procesos: Injection moulding/RER S 0,009356 kg

Montaje:

Nombre: Tornillería

Materiales/Ensamblajes: Steel, low-alloyed, at plant/RER S 0,002214 kg

Procesos: Turning, steel, conventional, average/RER S 0,002214 kg

Montaje:

Nombre: Transformador

Materiales/Ensamblajes: Transformer, low voltage use, at plant/GLO U 0,1609 kg

Montaje:

Nombre: Uniones para el montaje

Materiales/Ensamblajes:

placa blanca 1 p

Tornillería 1 p

Montaje:

Nombre: ventana

Materiales/Ensamblajes: Polymethyl methacrylate (PMMA) beads, production mix, at plant RER 0,003611 kg

Procesos: Calendering, rigid sheets/RER S 0,003611 kg

9.2 Anexo 2. Inventarios.

Sólo se han incluido las 50 referencias con más impacto.

Inventario del ciclo de vida del Mono

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Caja Versats Mono	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	Waste scenario/Eng S
1	Radon-222	Aire	Bq	72 606 944	1278888.55	4998.337	379.7836	71320283.3	2393.815
2	Noble gases, radioactive, unspecified	Aire	Bq	37 229 362	675950.35	2685.898	167.2459	36549479.4	1079.440
3	Hydrogen-3, Tritium	Agua	Bq	1 677 114	30318.21	119.614	7.4959	1646620.0	48.333
4	Hydrogen-3, Tritium	Aire	Bq	23 503	405.33	1.599	0.0938	23095.7	0.610
5	Radium-226	Agua	Bq	6 369	115.34	0.519	0.0429	6252.9	0.216
6	Krypton-85m	Aire	Bq	4 739	4736.21	0.005	0.0025	3.1	0.015
7	Radioactive species, Nuclides, unspecified	Agua	Bq	3 763	68.55	0.272	0.0170	3694.1	0.109
8	Carbon-14	Aire	Bq	3 738	70.12	0.275	0.0220	3667.3	0.138
9	Heat, waste	Aire	MJ	2 536	79.27	0.889	0.1080	2454.1	1.253
10	Water, turbine use, unspecified natural origin	Crudo	m3	1 700	33.53	0.080	0.0084	1666.6	0.046
11	Thorium-230	Agua	Bq	1 382	24.34	0.095	0.0072	1357.8	0.046
12	Sodium	Suelo	mg	992	107.24	0.992	0.1366	883.2	0.087
13	Ammonium, ion	Aire	pg	987	986.74	x	x	x	x
14	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Aire	µg	981	22.78	0.054	0.0038	958.0	0.024
15	Transformation, to forest	Crudo	mm2	978	302.00	0.043	0.0563	659.4	16.693
16	Iron	Crudo	g	951	98.38	0.705	0.2206	851.6	0.180
17	Copper	Crudo	mg	941	940.67	x	x	x	x
18	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Aire	mg	929	18.65	0.178	0.0363	910.4	0.038
19	Ethyl acetate	Aire	mg	920	918.51	0.000	0.0032	1.2	0.004
20	Methyl ethyl ketone	Aire	mg	920	918.51	0.000	0.0032	1.2	0.004

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Caja Versatis Mono	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CHS	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ESS	Waste scenario/Eng S
21	Antimony	Suelo	ng	918	894.47	0.002	0.0034	23.8	0.064
22	Pd, Pt 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Crudo	µg	915	878.34	0.047	0.0075	36.4	0.006
23	Hexane	Aire	mg	904	16.45	0.501	0.0662	886.9	0.065
24	Methyl formate	Agua	ng	903	900.49	0.000	0.0032	2.5	0.004
25	Benzene, pentachloro-	Aire	ng	902	65.48	0.022	0.0258	682.6	154.343
26	Fluosilicic acid	Aire	µg	891	157.54	0.044	0.1086	733.1	0.081
27	Transformation, to shrub land, sclerophyllous	Crudo	mm2	889	279.26	0.034	0.0376	593.8	16.224
28	Magnesium	Suelo	mg	868	11.54	0.407	0.0389	856.4	0.036
29	Molybdenum	Agua	mg	868	191.93	0.054	0.0041	675.5	0.294
30	Xenon-133m	Aire	mBq	866	333.54	1.328	0.1395	530.1	0.861
31	Teflubenzuron	Suelo	ng	860	143.21	0.029	0.0255	716.3	0.055
32	2-Aminopropanol	Aire	pg	839	262.09	1.324	0.2267	575.6	0.070
33	Transformation, to industrial area, built up	Crudo	mm2	829	164.55	0.088	0.0260	664.0	0.186
34	Chlorinated solvents, unspecified	Agua	µg	827	617.02	0.006	0.0033	209.0	0.532
35	Methyl acetate	Agua	pg	826	306.08	1.327	0.2257	518.2	0.065
36	Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore, in ground	Crudo	mg	793	46.14	0.009	0.0046	746.6	0.015

9. Anexos

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Caja Versatis Mono	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ESS	Waste scenario/Eng S
37	Phenol, pentachloro-	Aire	µg	793	18.81	0.077	0.0025	773.7	0.035
38	Napropamide	Suelo	ng	792	121.61	1.250	0.2172	669.2	0.075
39	Benzene	Aire	mg	788	33.64	0.880	0.0276	753.5	0.058
40	Potassium, ion	Agua	g	784	120.78	0.064	0.0041	662.1	0.617
41	Aluminium	Suelo	mg	783	14.78	0.503	0.0485	767.7	0.047
42	Tungsten	Aire	µg	751	13.23	0.052	0.0039	738.0	0.025
43	Cesium	Agua	µg	751	17.94	1.058	0.1228	731.8	0.102
44	Manganese-54	Agua	mBq	750	14.22	0.034	0.0094	735.6	0.055
45	Glyphosate	Suelo	µg	749	68.21	0.117	0.3191	680.3	0.220
46	Ethylene oxide	Aire	µg	749	721.86	0.016	0.0098	27.2	0.017
47	Bromine	Agua	mg	747	38.62	0.749	0.0883	677.3	29.931
48	Occupation, forest, intensive, short-cycle	Crudo	mm2a	731	379.77	0.282	0.0847	351.0	0.055
49	Occupation, traffic area, road network	Crudo	cm2a	725	136.38	1.066	0.5407	581.2	6.015
50	Cesium-137	Agua	Bq	725	13.21	0.052	0.0033	711.7	0.021

Inventario del ciclo de vida del Trío

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Caja Versatis Trío	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	Waste scenario/Eng S
1	Noble gases, radioactive, unspecified	Aire	Bq	111 685 634	2 026 202	7 711	480	109 648 438	2 802
2	Hydrogen-3, Tritium	Agua	Bq	5 031 018	90 668	343	22	4 939 860	126
3	Radon-222	Aire	kBq	217 816	3 834	14	1.09	213 961	6.324
4	Hydrogen-3, Tritium	Aire	Bq	70 508	1 214	4.59	0.269	69 287	1.573
5	Radium-226	Agua	Bq	19 104	343	1.491	0.123	18 759	0.573
6	Radioactive species, Nuclides, unspecified	Agua	Bq	11 289	205	0.782	0.049	11 082	0.284
7	Carbon-14	Aire	Bq	11 213	210	0.79	0.063	11 002	0.367
8	Krypton-85m	Aire	Bq	8 662	8 653	0.013	0.007	9 194	0.042
9	Heat, waste	Aire	MJ	7 606	237	2.552	0.31	7 362	3.639
10	Water, turbine use, unspecified natural origin	Crudo	m3	5 101	101	0.23	0.024	5 000	0.124
11	Thorium-230	Agua	Bq	4 147	73	0.273	0.021	4 073	0.12
12	Cesium-137	Agua	Bq	2 175	40	0.15	0.009	2 135	0.055
13	Uranium alpha	Agua	Bq	1 751	31	0.115	0.009	1 720	0.051
14	Radon-220	Aire	Bq	1 075	12	0.044	0.002	1 063	0.009
15	Beryllium	Aire	µg	985	163	0.053	0.006	821	0.043
16	Plutonium-alpha	Agua	µBq	985	985	x	x	x	x
17	Bromine	Aire	mg	983	8. 8 9452	0.032	0.001	974	0.09
18	COD, Chemical Oxygen Demand	Agua	g	961	355	0.681	0.061	515	90
19	Sodium chloride	Crudo	g	960	593	0.044	0.073	364	3.587
20	Nitrobenzene	Agua	ng	957	270	0.273	0.073	686	0.059

9. Anexos

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Caja Versatis Trio	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	Waste scenario/Eng S
21	Copper	Suelo	mg	944	10	0.008	0.003	934	0.008
22	Phosphorus	Crudo	mg	940	485	0.262	0.035	455	0.125
23	Hydrogen	Aire	mg	936	357	0.13	0.019	579	1.164
24	Transformation, to industrial area, vegetation	Crudo	mm2	935	105	0.134	0.079	829	0.528
25	Strontium-90	Agua	Bq	933	281	1.128	0.038	651	0.23
26	Uranium-235	Aire	mBq	932	18	0.061	0.005	914	0.027
27	Diethyl ether	Aire	µg	921	921	x	x	x	x
28	Silver	Aire	µg	906	19	0.059	0.004	887	0.026
29	Aluminium	Agua	g	890	109	0.053	0.004	770	10
30	Toluene	Aire	mg	879	22	1.312	0.205	855	0.242
31	Heat, waste	Agua	MJ	878	12	0.064	0.006	852	13
32	VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Agua	mg	877	32	1.068	0.124	843	0.102
33	Acenaphthylene	Agua	ng	876	21	1.182	0.137	854	0.111
34	Niobium-95	Agua	mBq	869	4.767	0.016	0.002	864	0.012
35	m-Xylene	Agua	ng	864	601	0.021	0.037	262	0.029
36	Vanadium	Aire	mg	862	29	0.078	0.007	833	0.019
37	Cobalt	Suelo	µg	855	7.223	0.017	0.001	848	0.012
38	Ethane, 1,2-dichloro-	Agua	µg	842	104	0.067	0.007	738	0.032
39	Chlorothalonil	Suelo	µg	841	136	0.027	0.024	705	0.048
40	Zirconium-95	Agua	µBq	837	259	0.638	0.564	573	3.203

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Caja Versatis Trío	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	Waste scenario/Eng S
41	Energy, from gas, natural	Crudo	kJ	825	825	x	x	x	
42	Wood, primary forest, standing	Crudo	mm3	811	421	0.299	0.09	389	0.055
43	Ethylene diamine	Aire	ng	809	129	0.03	0.093	680	0.056
44	Antimony	Agua	mg	804	296	0.024	0.005	503	5.243
45	Hypochlorite	Agua	mg	796	4.789	0.019	0.001	792	0.004
46	Occupation, industrial area, built up	Crudo	cm2a	792	158	0.11	0.034	634	0.2004
47	Magnesium	Aire	mg	786	38	0.048	0.005	747	0.507
48	Cobalt	Crudo	mg	776	776	0.00003	0.0001	0.049	0.0001
49	Cerium-141	Agua	µBq	767	238	0.585	0.517	525	2.936
50	Iodine-131	Agua	mBq	765	11	0.038	0.005	754	0.031

9.3 Anexo 3. Caracterización, puntuación única y árboles.

Tablas

<i>Categoría de impacto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Total</i>	<i>Uniones para el montaje</i>	<i>Componentes electrónicos</i>	<i>Carcasas</i>	<i>Cable telefonía</i>
Carcinogens	DALY	0,000000573	0,000000000721	0,000000566	0,0000000058	0,00000000468
Resp. organics	DALY	0,000000006	0,000000000022	0,000000005	0,0000000008	0,00000000079
Resp. inorganics	DALY	0,000003390	0,000000010614	0,000003232	0,0000001389	0,000000008208
Climate change	DALY	0,000001133	0,000000004396	0,000000994	0,0000001267	0,000000008024
Radiation	DALY	0,000000002	0,000000000003	0,000000002	0,0000000001	0,00000000010
Ozone layer	DALY	0,000000002	0,000000000002	0,000000002	0,0000000001	0,000000000001
Ecotoxicity	PAF*m2yr	0,643719981	0,001293911840	0,635551533	0,0064797555	0,000394780693
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	0,136474404	0,000277897116	0,128291305	0,0073081230	0,000597078918
Land use	PDF*m2yr	0,122924886	0,000389002661	0,119482608	0,0028314733	0,000221802573
Minerals	MJ surplus	3,877550045	0,005841863176	3,848018025	0,00372838	0,019961773202

Tabla 15-Caracterización Caja Versatis Mono.

<i>Categoría de impacto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Total</i>	<i>Uniones para el montaje</i>	<i>Componentes electrónicos</i>	<i>Carcasas</i>	<i>Cable telefonía</i>
Total	Pt	2,8499	0,0052605	2,7962566	0,0348263	0,0135128
Carcinogens	Pt	0,0677	0,0000852	0,0668614	0,0006898	0,0000553
Resp. organics	Pt	0,0007	0,0000026	0,0006011	0,0000976	0,0000094
Resp. inorganics	Pt	0,4007	0,0012545	0,3820607	0,0164197	0,0009701
Climate change	Pt	0,1339	0,0005195	0,1175018	0,0149773	0,0009484
Radiation	Pt	0,0002	0,0000003	0,0002036	0,0000077	0,0000012
Ozone layer	Pt	0,0002	0,0000002	0,0002236	0,0000071	0,0000002
Ecotoxicity	Pt	0,0029	0,0000058	0,0028346	0,0000289	0,0000018
Acidification/ Eutrophication	Pt	0,0061	0,0000124	0,0057218	0,0003259	0,0000266
Land use	Pt	0,0055	0,0000173	0,0053289	0,0001263	0,0000099
Minerals	Pt	2,2319	0,0033626	2,2149192	0,0021461	0,0114900

Tabla 16-Puntuación única Caja Versatis Mono

Categoría de impacto	Unidad	Total	Caja Versatis Mono	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	Waste scenario/Eng S
Carcinogens	DALY	0.00000728	0.000000573	0.0000000048	0.0000000006	0.00000670	0.0000000019
Resp. organics	DALY	0.00000005	0.000000006	0.0000000008	0.0000000001	0.00000005	0.0000000001
Resp. inorganics	DALY	0.00010356	0.000003390	0.00000005369	0.0000000205	0.00010011	0.0000000036
Climate change	DALY	0.00004356	0.000001133	0.00000001288	0.00000000150	0.00004237	0.0000000398
Radiation	DALY	0.00000010	0.000000002	0.00000000001	0.00000000000	0.00000010	0.0000000000
Ozone layer	DALY	0.00000001	0.000000002	0.00000000001	0.00000000000	0.00000001	0.0000000000
Ecotoxicity	PAF*m2yr	5.84049095	0.643719981	0.00347317370	0.00041671076	5.19214612	0.0007349723
Acidification/Eutrophication	PDF*m2yr	5.69170134	0.136474404	0.00584758231	0.00037173325	5.54854283	0.0004647930
Land use	PDF*m2yr	1.88678274	0.122924886	0.00075242772	0.00011508301	1.76237842	0.0006119247
Minerals	MJ surplus	10.90167254	3.877550045	0.00030732854	0.00012327488	7.02333558	0.0003563072

Tabla 18- Caracterización del ciclo de vida del mono

Categoría de impacto	Unidad	Total	Caja Versatis Trio	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES	Waste scenario/Eng S
Total	Pt	74.691	8.5225	0.024180	0.0015026	66.1269	0.01620
Carcinogens	Pt	2.580	0.2030	0.000164	0.0000205	2.3761	0.00064
Resp. organics	Pt	0.019	0.0021	0.000026	0.0000045	0.0170	0.00003
Resp. inorganics	Pt	36.716	1.2002	0.018218	0.0006966	35.4960	0.00118
Climate change	Pt	15.443	0.3999	0.004369	0.0005091	15.0247	0.01366
Radiation	Pt	0.035	0.0006	0.000002	0.0000002	0.0342	0.00000
Ozone layer	Pt	0.004	0.0007	0.000002	0.0000003	0.0035	0.00000
Ecotoxicity	Pt	0.078	0.0086	0.000044	0.0000053	0.0695	0.00001
Acidification/Eutrophication	Pt	0.761	0.0182	0.000749	0.0000476	0.7424	0.00006
Land use	Pt	0.252	0.0164	0.000096	0.0000147	0.2358	0.00008
Minerals	Pt	18.802	6.6728	0.000508	0.0002037	12.1279	0.00054

Tabla 17- Puntuación única del ciclo de vida del trio

<i>Categoría de impacto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Total</i>	<i>Uniones para el montaje</i>	<i>Componentes electrónicos</i>	<i>Carcasas</i>	<i>Cable telefonía</i>
Carcinogens	DALY	0.000001717	0.000000002163	0.000001697	0.0000000175	0.00000000047
Resp. organics	DALY	0.000000018	0.000000000066	0.000000015	0.0000000025	0.00000000008
Resp. inorganics	DALY	0.000010154	0.0000000031841	0.000009697	0.0000004168	0.000000000821
Climate change	DALY	0.0000003384	0.0000000013187	0.000002982	0.00000003802	0.000000000802
Radiation	DALY	0.0000000005	0.000000000008	0.000000005	0.0000000002	0.000000000001
Ozone layer	DALY	0.000000006	0.000000000005	0.000000006	0.0000000002	0.000000000000
Ecotoxicity	PAF*m2yr	1.930370381	0.003881735521	1.906654598	0.0194392666	0.00039478069
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	0.408229054	0.000833691349	0.384873915	0.0219243691	0.00059707892
Land use	PDF*m2yr	0.368331053	0.001167007982	0.358447823	0.0084944199	0.00022180257
Minerals	MJ surplus	11.592726588	0.017525589527	11.544054075	0.0111851511	0.01996177320

Tabla 19- Caracterización de la Caja Versatis Trío

<i>Categoría de impacto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Total</i>	<i>Uniones para el montaje</i>	<i>Componentes electrónicos</i>	<i>Carcasas</i>	<i>Cable telefonía</i>
Total	Pt	8.5225429	0.0157814	8.3887697	0.1044790	0.0135128
Carcinogens	Pt	0.2029644	0.0002557	0.2005841	0.0020693	0.0000553
Resp. organics	Pt	0.0021132	0.0000078	0.0018033	0.0002927	0.0000094
Resp. inorganics	Pt	1.2001747	0.0037635	1.1461821	0.0492590	0.0009701
Climate change	Pt	0.3999443	0.0015586	0.3525053	0.0449320	0.0009484
Radiation	Pt	0.0006361	0.0000010	0.0006108	0.0000231	0.0000012
Ozone layer	Pt	0.0006928	0.0000005	0.0006707	0.0000214	0.0000002
Ecotoxicity	Pt	0.0086095	0.0000173	0.0085037	0.0000867	0.0000018
Acidification/ Eutrophication	Pt	0.0182070	0.0000372	0.0171654	0.0009778	0.0000266
Land use	Pt	0.0164276	0.0000520	0.0159868	0.0003789	0.0000099
Minerals	Pt	6.6727734	0.0100877	6.6447575	0.0064382	0.0114900

Tabla 20- Puntuación única de la Caja Versatis Trío

Categoría de impacto	Unidad	Total	Caja Versatis Trío	Transport, transoceanic freight ship/OCEU	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES S	Waste scenario/Eng S
Carcinogens	DALY	0.00002183	0.00000172	0.00000000139	0.000000000174	0.00002010	0.000000005408
Resp. organics	DALY	0.00000016	0.00000002	0.00000000022	0.000000000038	0.00000014	0.000000000239
Resp. inorganics	DALY	0.00031064	0.00001015	0.00000015414	0.000000005894	0.00030032	0.000000009997
Climate change	DALY	0.00013066	0.00000338	0.00000003697	0.000000004307	0.00012712	0.000000115555
Radiation	DALY	0.00000029	0.00000001	0.00000000002	0.000000000002	0.00000029	0.000000000009
Ozone layer	DALY	0.00000004	0.00000001	0.00000000002	0.000000000003	0.00000003	0.000000000003
Ecotoxicity	PAF*m2yr	17.51985896	1.93037038	0.00997079066	0.001196293686	15.57643835	0.001883146058
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	17.07302542	0.40822905	0.01678724535	0.001067172196	16.64562849	0.001313462506
Land use	PDF*m2yr	5.65968889	0.36833105	0.00216007029	0.000330380435	5.28713526	0.001732131443
Minerals	MJ surplus	32.66491224	11.59272659	0.00088227908	0.000353897667	21.07000674	0.000942738177

Tabla 21-Puntuación única de la Caja Versatis Trío

Categoría de impacto	Unidad	Total	Caja Versatis Trío	Transport, transoceanic freight ship/OCE U	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH S	Electricity, low voltage, production ES, at grid/ES	Waste scenario/Eng S
Total	Pt	74.691	8.5225	0.024180	0.0015026	66.1269	0.01620
Carcinogens	Pt	2.580	0.2030	0.000164	0.0000205	2.3761	0.00064
Resp. organics	Pt	0.019	0.0021	0.000026	0.0000045	0.0170	0.00003
Resp. inorganics	Pt	36.716	1.2002	0.018218	0.0006966	35.4960	0.00118
Climate change	Pt	15.443	0.3999	0.004369	0.0005091	15.0247	0.01366
Radiation	Pt	0.035	0.0006	0.000002	0.0000002	0.0342	0.00000
Ozone layer	Pt	0.004	0.0007	0.000002	0.0000003	0.0035	0.00000
Ecotoxicity	Pt	0.078	0.0086	0.000044	0.0000053	0.0695	0.00001
Acidification/ Eutrophication	Pt	0.761	0.0182	0.000749	0.0000476	0.7424	0.00006
Land use	Pt	0.252	0.0164	0.000096	0.0000147	0.2358	0.00008
Minerals	Pt	18.802	6.6728	0.000508	0.0002037	12.1279	0.00054

Tabla 22-Puntuación única del ciclo de vida del trío

<i>Categoría de impacto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Caja Versatis Mono</i>	<i>Caja Versati Trío</i>
Carcinogens	DALY	0,000000573	0,000001717
Resp. organics	DALY	0,000000006	0,000000018
Resp. inorganics	DALY	0,000003390	0,000010154
Climate change	DALY	0,000001133	0,000003384
Radiation	DALY	0,000000002	0,000000005
Ozone layer	DALY	0,000000002	0,000000006
Ecotoxicity	PAF*m2yr	0,643719981	1,930370381
Acidification / Eutrophication	PDF*m2yr	0,136474404	0,408229054
Land use	PDF*m2yr	0,122924886	0,368331052
Minerals	MJ surplus	3,877550046	11,592726591

Tabla 23-Comparación en puntuación única de las cajas

<i>Categoría de impacto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Caja Versatis Mono</i>	<i>Caja Versatis Trío</i>
Carcinogens	DALY	0,00000728	0,00002183
Resp. organics	DALY	0,00000005	0,00000016
Resp. inorganics	DALY	0,00010356	0,00031064
Climate change	DALY	0,00004356	0,00013066
Radiation	DALY	0,00000010	0,00000029
Ozone layer	DALY	0,00000001	0,00000004
Ecotoxicity	PAF*m2yr	5,84049095	17,51985896
Acidification / Eutrophication	PDF*m2yr	5,69170134	17,07302542
Land use	PDF*m2yr	1,88678274	5,65968889
Minerals	MJ surplus	10,90167254	32,66491224

Tabla 24-Comparación en puntuación única de los ciclos de vida

Gráficas

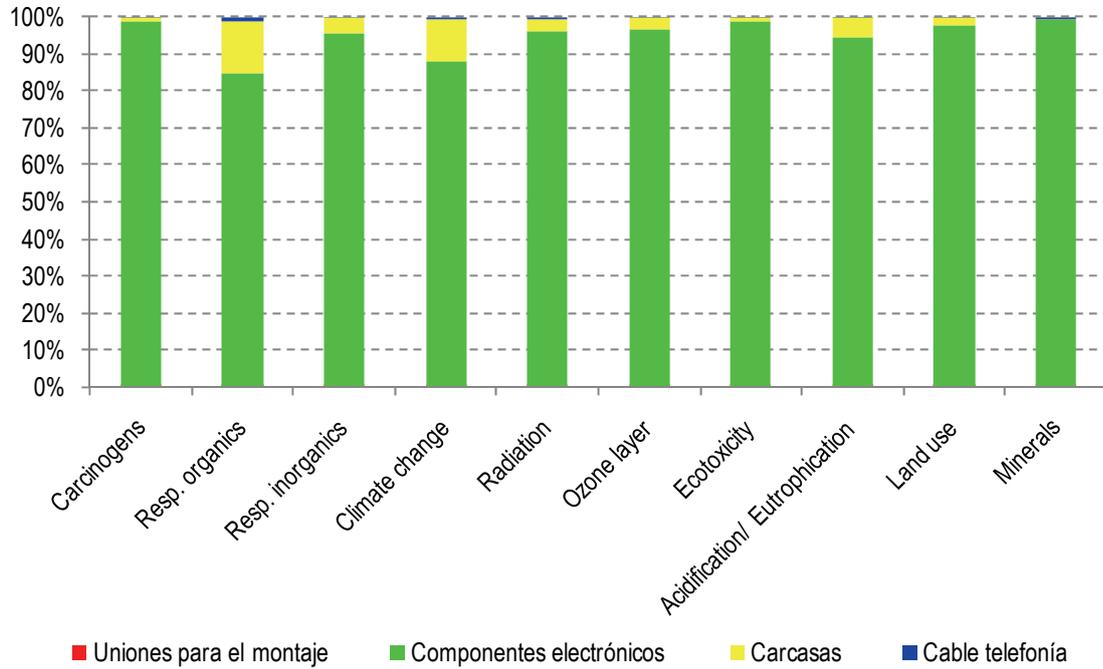


Figura 38-Caracteización de la Caja Versatis Mono

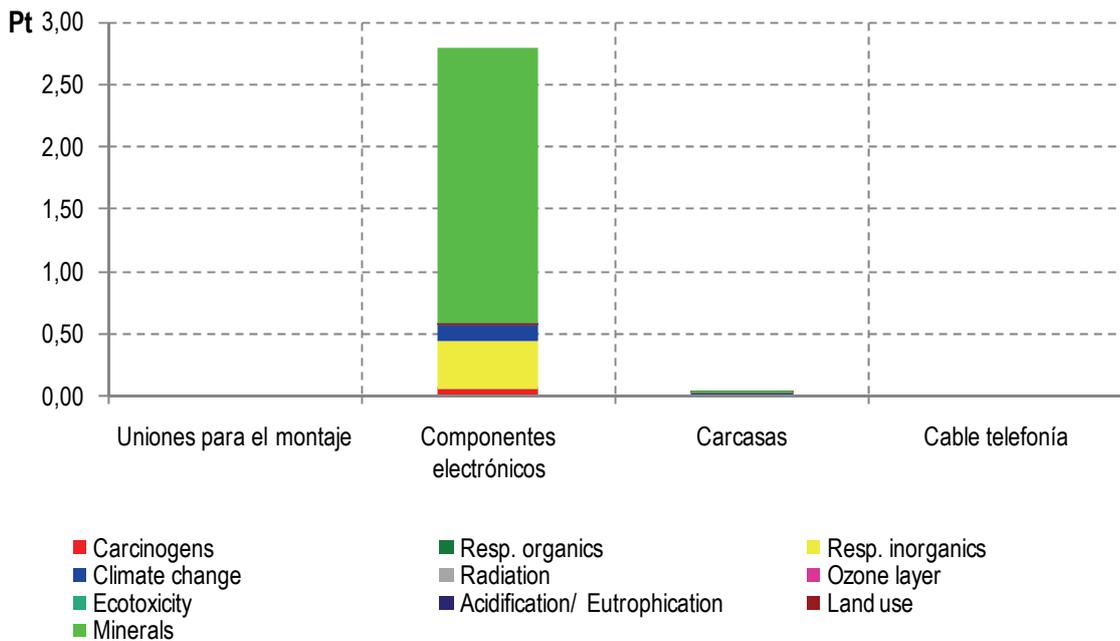


Figura 39-Puntuación única de la Caja Versatis Mono

9. Anexos

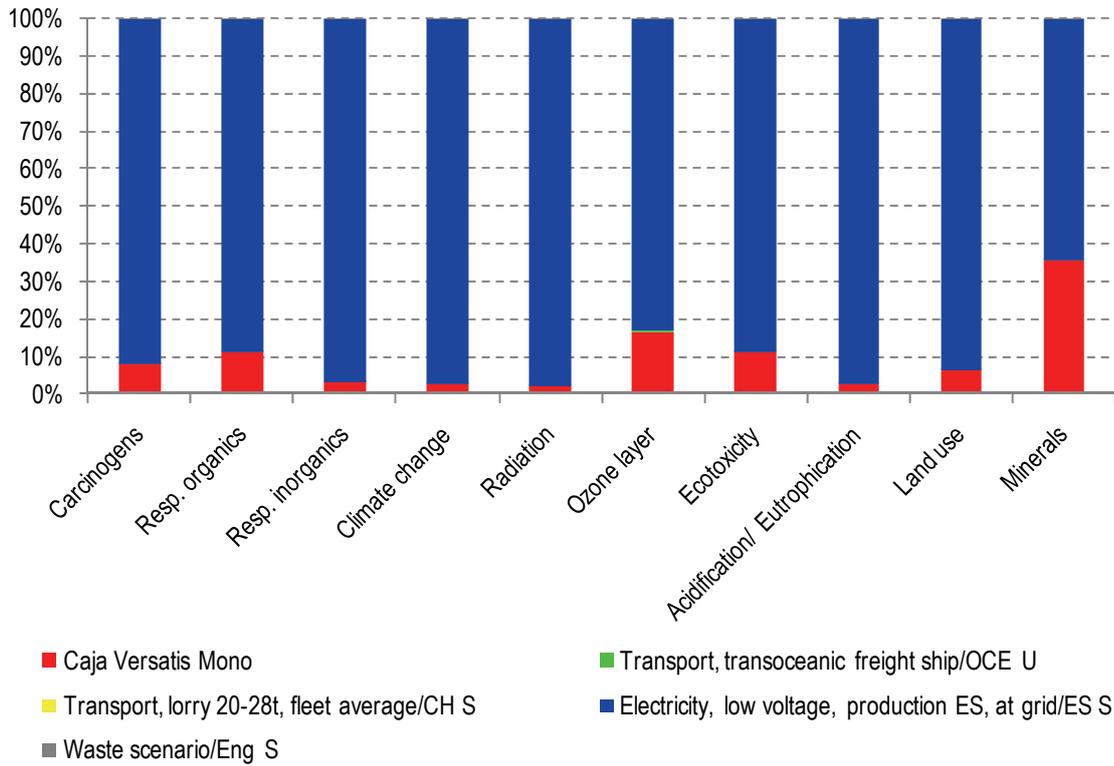


Figura 40- Caracterización del ciclo de vida del mono

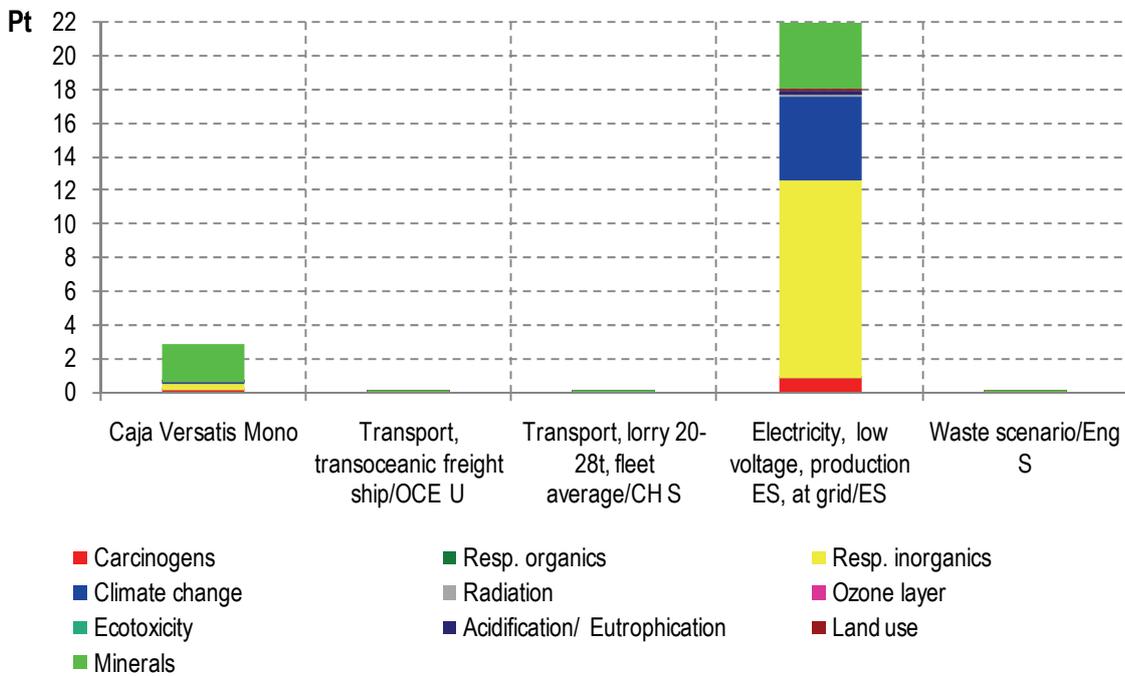


Figura 41- Puntuación única del ciclo de vida del mono

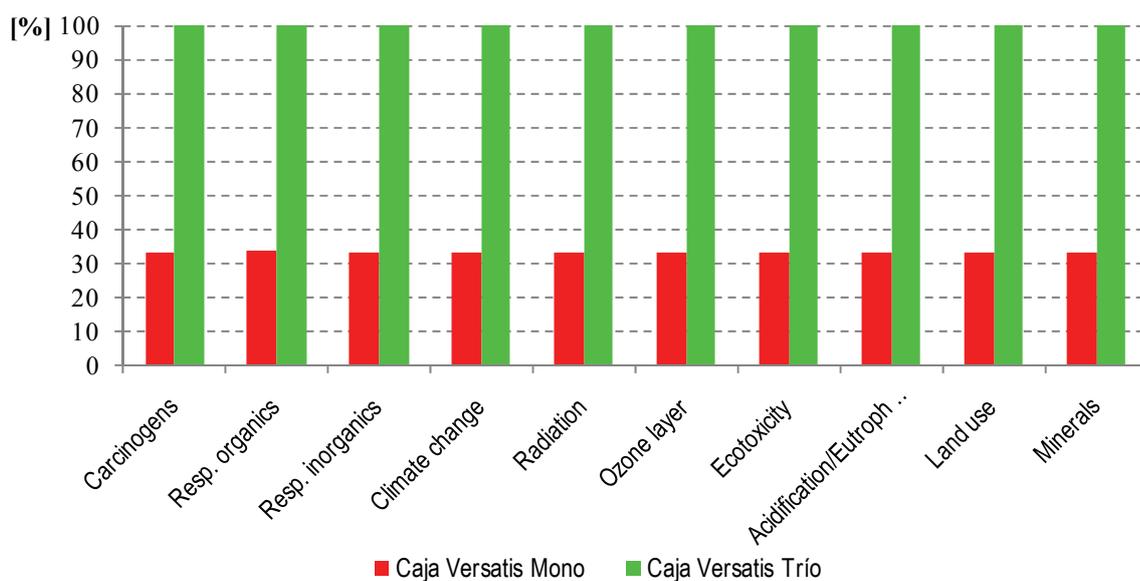


Figura 42- Caracterización comparativa de las cajas

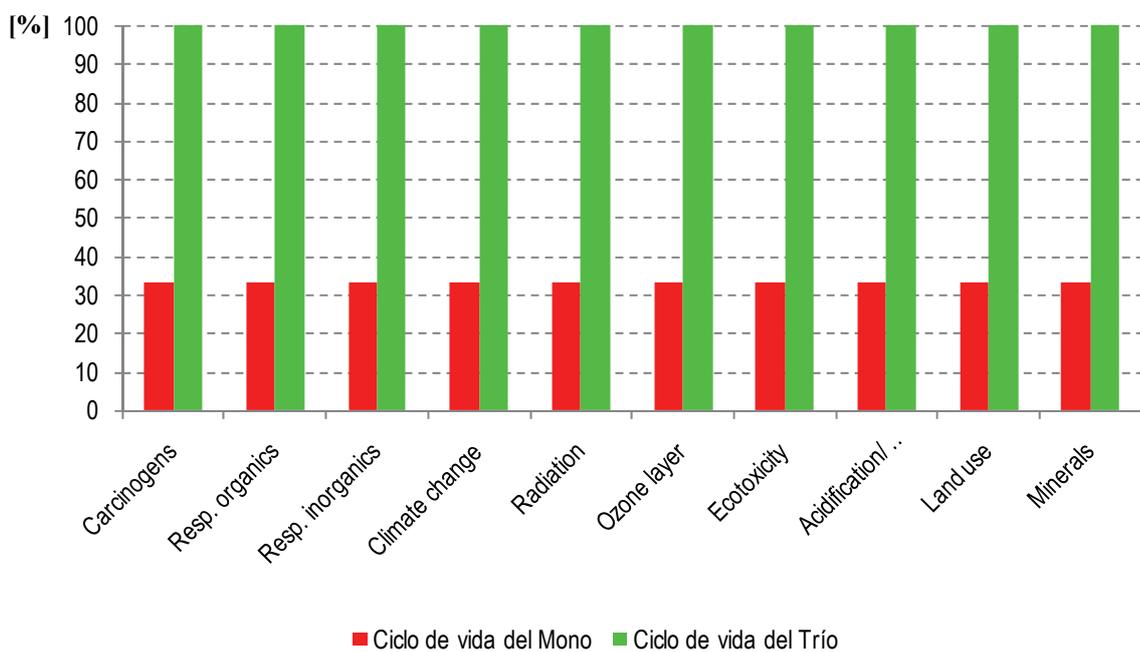


Figura 43- Caracterización comparativa de los ciclos de vida

9. Anexos

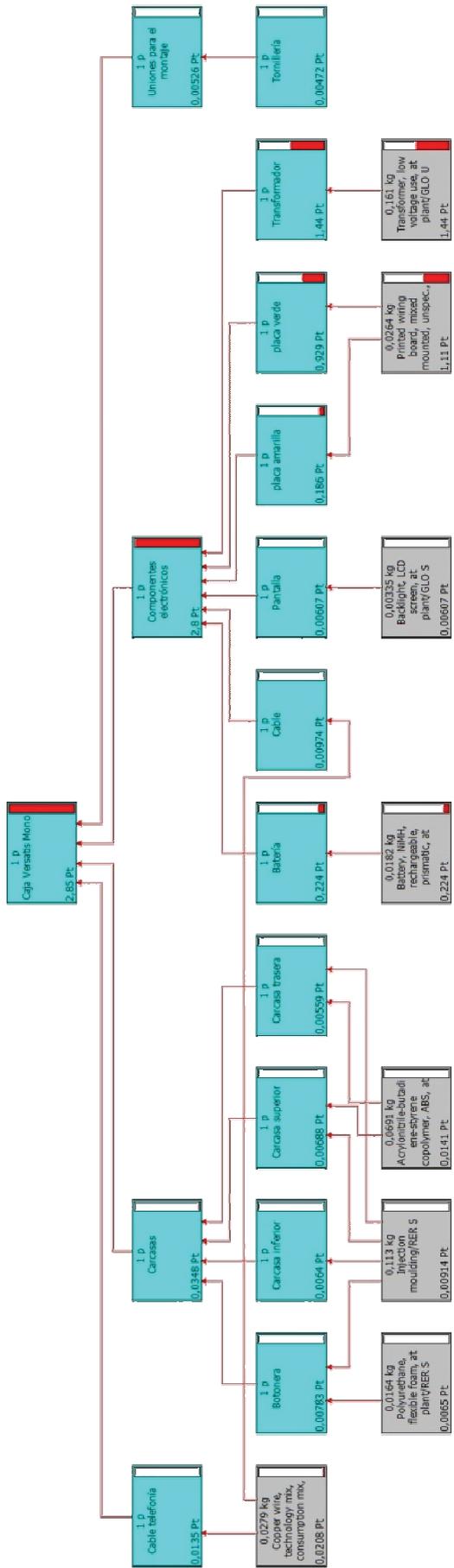


Figura 44—Árbol de la Caja Versatis Mono en puntuación única

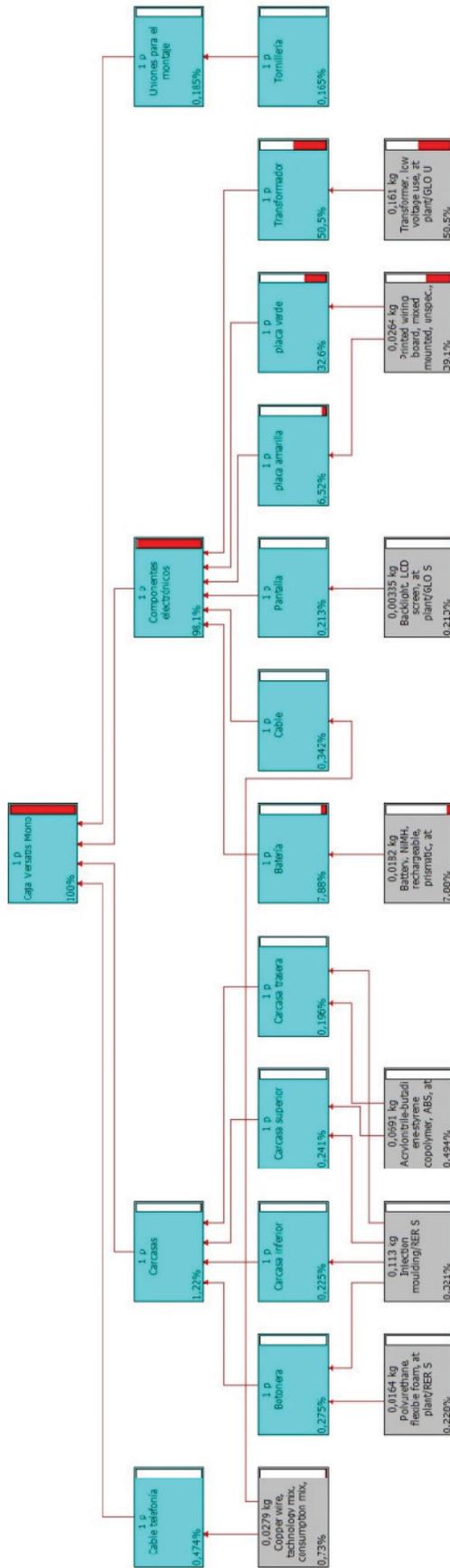


Figura 45—Árbol de la Caja Versatis Mono en tanto por ciento

9. Anexos

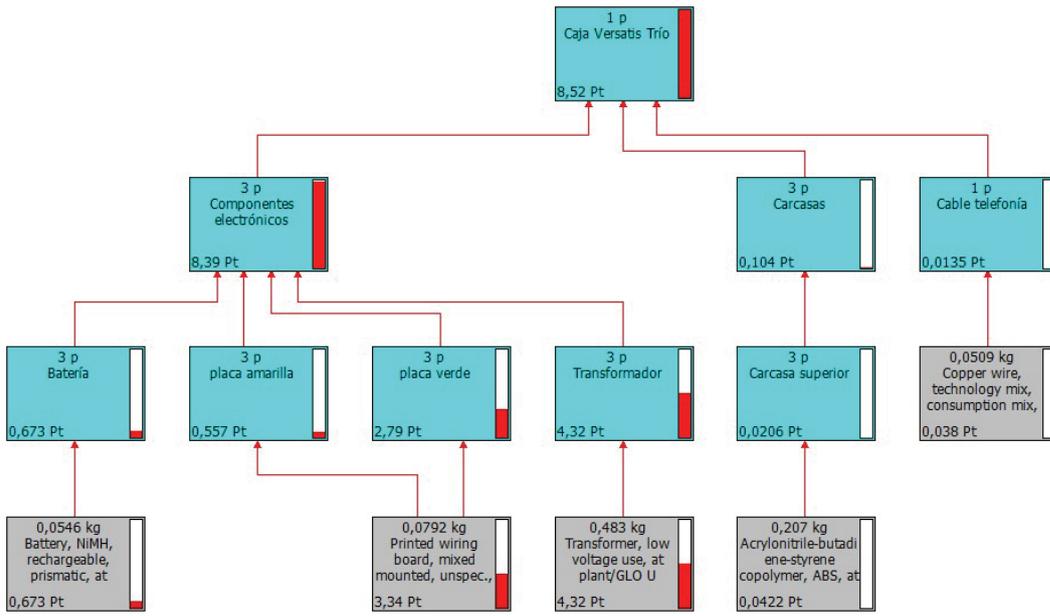


Figura 48-Árbol de la Caja Versatis Trio en puntuación única

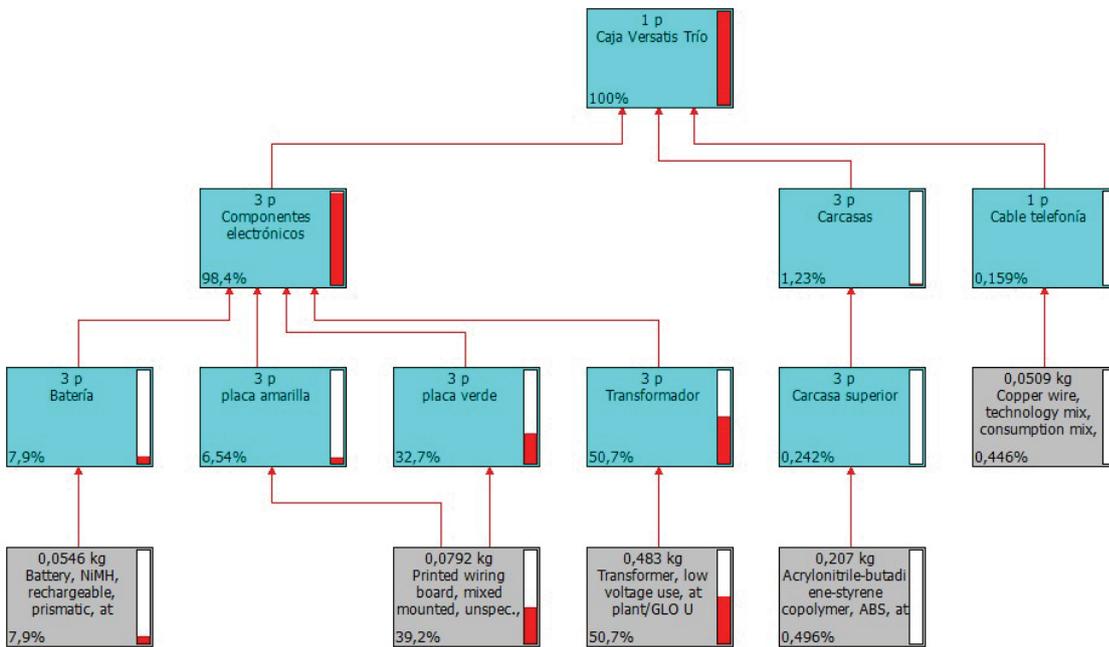


Figura 49-Árbol de la Caja Versatis Trio en tanto por ciento

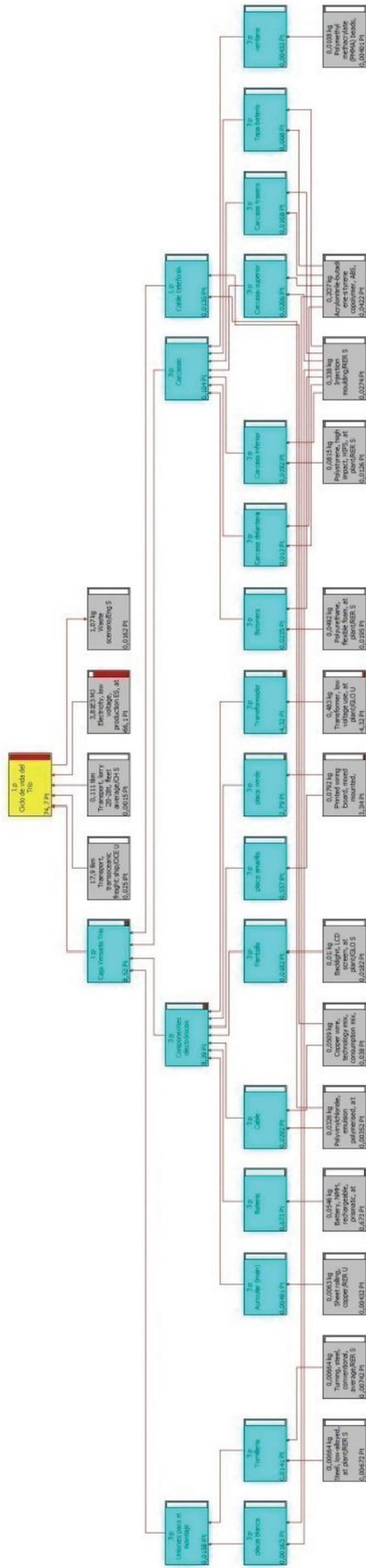


Figura 50-Árbol del ciclo de vida del Trío en puntuación única

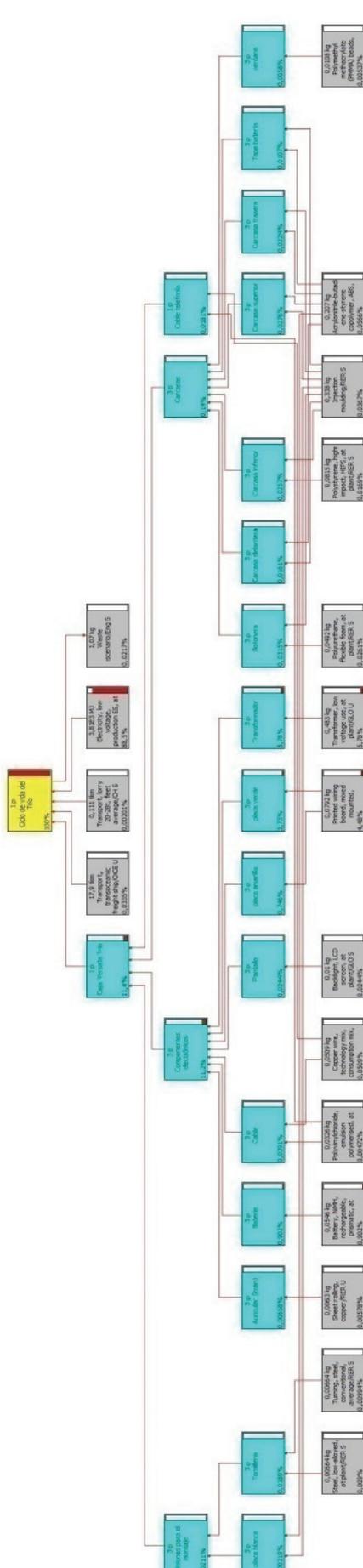


Figura 51-Árbol del ciclo de vida del Trío en tanto por ciento