

(03-012) - Adaptation of the EN 45554 standard for calculating the Repair Index of hairdryers

Torca-Adell, Laura ¹; Blanco-Espeleta, Eduardo ²; Bovea, D. María ¹

¹ Universitat Jaume I, ² Universitat Politècnica de València

The European regulatory framework for sustainable products promotes repairability as a strategy for extending lifespan. The EN 45554 standard provides general guidelines for assessing the ability to repair, reuse, and upgrade energy-related products. The aim of this study is to adapt this standard to the product category of hairdryers and apply it to a sample of eight existing hairdryers. To achieve this, a repair matrix (MR) is defined that allows the calculation of the repair index (IR). As a preliminary step, it is necessary to define the priority parts with their failure probabilities and define, for each parameter considered in the standard, its weight and scale. The results allow for the establishment of proposals to improve the repairability of this product category.

Keywords: Repairability; Circular Economy; ErP; Design for Repair; Repair Matrix; Repair Index

Adaptación de la norma EN 45554 para calcular el Índice de Reparación de secadores

El marco normativo europeo en materia de productos sostenibles promueve la reparabilidad como estrategia de extensión de vida útil. La norma EN 45554 proporciona pautas generales para evaluar la capacidad de reparar, reutilizar y actualizar productos relacionados con la energía. El objetivo de este estudio consiste en adaptar esta norma a la categoría de productos de secadores de pelo y aplicarla a una muestra de ocho secadores existentes. Para ello, se define una matriz de reparación (MR) que permite el cálculo del índice de reparación (IR). Como paso previo, es necesario definir los componentes prioritarios con sus probabilidades de fallo y definir, para cada parámetro considerado en la norma, su peso y escala. Los resultados permiten establecer propuestas de mejora de la reparabilidad de esta categoría de productos.

Palabras clave: Reparabilidad; Economía Circular; PrE; Diseño para Reparación; Matriz de Reparación; Índice de Reparación

Correspondencia: María D. Bovea (bovea@uji.es) Laura Torca-Adell (torca@uji.es)

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital de la Comunitat Valenciana (España) FPI (CIACIF/2021/106) y FPI (CIACIF/2021/141), la financiación para realizar este estudio



1. Introducción

El desarrollo sostenible y la economía circular se han identificado como uno de los mayores retos de la Unión Europea a nivel de política medioambiental. El marco normativo en materia de productos sostenibles promueve la reparabilidad como estrategia de extensión de vida útil, especialmente en los Productos relacionados con la Energía (ErP) (Directiva 2009/125/EC).

Desde la aprobación del Plan de Acción para la Economía Circular (European Commission, 2021), se han establecido medidas en términos de durabilidad, reutilización, capacidad de actualización y reparabilidad de los productos. Estas medidas buscan reducir el consumo de recursos y la generación de residuos, en línea con los objetivos de la Directiva 2019/771/UE, (2019) y los principios de economía circular (The Ellen Macarthur Foundation, 2013).

En los últimos años se han publicado varios estudios para evaluar la reparabilidad de los productos, en línea con la normativa europea vigente. Estos estudios incluyen métodos como Repair Matrix – RM (Blanco-Espeleta et al., 2024) basado en la norma EN 45554, (2020), iFixit (Flipsen et al., 2016; Jeff Suovanen, 2023), AsMeR (Bracquené et al., 2018), Sistema de Puntuación de Reparación (RSS) (Cordella et al., 2021); y regulaciones nacionales como el Índice de Reparabilidad Francés (FRI) (Ministère de la Transition écologique, 2021) y el Índice de Reparabilidad de Bélgica, que se espera implementar a partir de 2026 utilizando el mismo método de cálculo que el índice francés (Right to Repair, 2024).

En este contexto el objetivo del estudio es evaluar el nivel de reparabilidad de pequeños aparatos eléctricos y electrónicos, con un enfoque específico en la categoría de secadores de pelo. Esta categoría es identificada por la European Commission (2021) como una de las categorías de pequeño electrodoméstico que más frecuentemente se estropea, con una vida media de 6 años (Pérez-Belis et al., 2017).

Para lograr este objetivo, se realiza una interpretación de la matriz *Repair Matrix* (RM) propuesta por Blanco-Espeleta et al., (2024), con el propósito de adaptarla al caso de estudio de los secadores. Como paso previo, es necesario definir los componentes prioritarios con sus probabilidades de fallo y definir, para cada parámetro considerado, su peso y escala. Posteriormente, esta nueva matriz se aplicará a ocho secadores existentes y se calcularán sus índices de reparación individuales. A partir de estos resultados, se establecerán requisitos y recomendaciones de diseño para mejorar la reparabilidad en esta categoría de producto.

2. Metodología

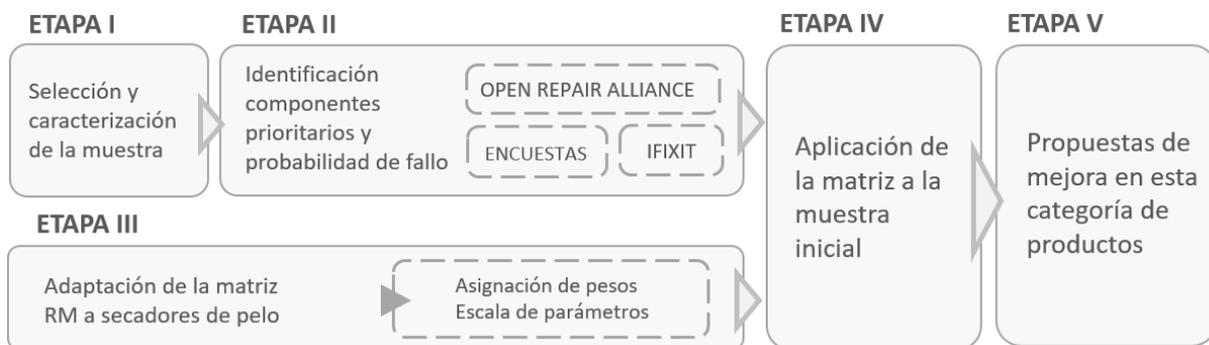
Para alcanzar el objetivo establecido en este estudio, se ha seguido la metodología presentada en la Figura 1, cuyas etapas son:

- **Etapla I. Selección y caracterización de la muestra.** Se seleccionó la muestra representativa de secadores de pelo disponibles en el mercado. Se llevó a cabo una caracterización de ellos, analizando un total de 8 secadores de pelo considerando aspectos como el número de componentes, tipo de herramientas utilizadas, cantidad de tornillos, embellecedores, elementos no desmontables, entre otros. Se registró, además, la secuencia de desensamblaje de cada uno de ellos.
- **Etapla II. Identificación de los componentes prioritarios y probabilidad de fallo.** En esta etapa se definieron los componentes prioritarios y su probabilidad de fallo. Esta evaluación se basó en datos recopilados a partir de encuestas realizadas a profesionales

y particulares, bases de datos de Open Repair Alliance (2022) y la página web de iFixit (2023).

- **Etapa III. Adaptación de la matriz RM a secadores de pelo.** En este apartado, se adaptó la matriz RM (Blanco-Espeleta et al., 2024) para el cálculo del índice de reparabilidad de la categoría de producto de secadores de pelo, incorporando los parámetros obtenidos en la Etapa II.
- **Etapa IV. Aplicación de la matriz a la muestra inicial (caso aplicación).** La matriz RM adaptada se aplicó a la muestra inicial de secadores de pelo para evaluar su nivel de reparabilidad. Para cada secador analizado, se calculó su Índice de Reparabilidad (*Repairability Index*, RI).
- **Etapa V. Propuestas de mejora en esta categoría de productos.** Los resultados obtenidos en la etapa anterior permitieron identificar áreas de mejora y establecer propuestas para mejorar la reparabilidad de esta categoría de producto.

Figura 1. Metodología



3. Resultados.

3.1 Selección y caracterización de la muestra (Etapa I).

Como primer paso de este estudio, se seleccionó una muestra representativa de secadores de pelo, incluyendo secadores domésticos, profesionales y de viaje. Éstos ababan potencias de entre 1000 W y 2500 W y peso entre 500 g y 1500 g, tal y como se observa en la Tabla 1.

Cada uno de ellos se desensambló, analizando aspectos como el número de componentes, el tipo y número de herramienta empleadas, así como el tipo y número de uniones. Se observaron diferentes configuraciones externas y direcciones de apertura, además de diferentes configuraciones internas de componentes.

Tabla 1. Muestra representativa.



3.2 Identificación de componentes prioritarios y probabilidad de fallo (Etapa II).

En esta etapa del estudio se identificaron los principales fallos en los secadores de pelo, con el fin de seleccionar los componentes prioritarios para su reparación y sus probabilidades de fallo. Para ello, se recopiló información a partir de:

- Encuestas realizadas a profesionales y particulares (Torca-Adell & Bovea, 2023). Se realizaron dos encuestas: una dirigida a usuarios profesionales ($n = 50$) y otra a usuarios particulares ($n = 384$). En estas encuestas, se preguntó a los participantes que clasificaran los componentes más susceptibles a fallar, desde los más comunes hasta los menos comunes. También se les preguntó por el número de secadores que presentaron fallos y los signos que indicaban el fallo.
- Bases de datos de Open Repair Alliance (2022). Esta plataforma ofrece acceso a cinco bases de datos de reparación (Repair Café International, Anstifung, Repair Café Wales y Fixit Clinic) que contienen información sobre 300 secadores de pelo reparados. De ellos se extrajeron datos como los componentes prioritarios, los signos que revelaban el fallo, el éxito de las reparaciones (con una tasa de 63% de reparaciones exitosas) y las barreras de reparación encontradas al reparar.
- Web iFixit/secadores (Sam Goldheart, 2024). Esta web ofrece tanto guías de reparación paso a paso específicas de secadores, como información relativa a los componentes más susceptibles de fallar, guías de reemplazo, preguntas de apoyo y una sección de herramientas comunes para trabajar durante las operaciones de reparación. A partir de ella, se analizó la información y se identificaron los componentes con mayor probabilidad de fallo.

Los resultados obtenidos en cada una de las fuentes anteriores se agruparon y pusieron en común. En la Figura 2, se muestran los doce componentes comunes identificados, junto con los porcentajes de fallo asociados a cada uno de ellos. La definición de la línea de corte se establece según las indicaciones de Bracquené et al. (2021), en los componentes de mayor probabilidad de fallo que acumulan el 70% total de fallos. Por lo tanto, los componentes prioritarios identificados fueron cinco: motor (21%), resistencia (19%), cables interiores (13%), el hélice (10%) y cable de alimentación (10%).

Figura 2. Porcentaje de reparaciones registradas (Fuente: Encuestas, Open Repair Alliance, iFixit)



Nota: Cable (CBL), Hélice (HLC), Carcasa (CRC), Interruptor (INT), Resistencia (RES), Motor (MTR), Fusible (FUS), Cable de alimentación (CBL ALIM), Rejilla (RJL), Bimetal (BMT), Botones (BTN), Ionizador (ION), Diodo (DIO).

3.3 Adaptación de la matriz RM a secadores de pelo (Etapa III).

Una vez identificados los componentes prioritarios y su tasa de fallo, se llevó a cabo la adaptación de la matriz RM a los secadores de pelo. Para ello fue necesario identificar los aspectos que se encuentran enmarcados en la Figura 3, y que se describen a continuación.

Figura 3. RM adaptada para secadores de pelo

P _i	W _{p_i}	Sc	W _{pp_i}	W _{pp_i}					S _i	
				Motor	Resistencia	Cables internos	Hélice	Cable de alimentación		
#1 Profundidad de la secuencia de desmontaje	5,6%	Tiempo de desmontaje de la pieza i (Di)		S _{1,1}	S _{1,2}	S _{1,3}	S _{1,4}	S _{1,5}	S ₁	
		Tiempo de desmontaje de la pieza i (Dref)								
#2 Tipo de fijación	19,4%	Reutilizable	10						S ₂	
		Extraíble	5	S _{2,1}	S _{2,2}	S _{2,3}	S _{2,4}	S _{2,5}		
		No extraíble y no reutilizable	0							
#3 Herramientas necesarias	16,7%	Sin herramientas	10						S ₃	
		Uso general común	7,5							
		Herramientas específicas de grupos de productos	5	S _{3,1}	S _{3,2}	S _{3,3}	S _{3,4}	S _{3,5}		
		Herramientas propias	2,5							
		No viable con ninguna herramienta existente	0							
#4 Entorno de trabajo	11,1%	Hogar / sin requisitos	10						S ₄	
		Taller especializado	5	S _{4,1}	S _{4,2}	S _{4,3}	S _{4,4}	S _{4,5}		
		Entorno de producción	0							
#5 Nivel de habilidad	2,8%	Aprendiz	10						S ₅	
		Generalista	7,5							
		Profesional	5	S _{5,1}	S _{5,12}	S _{5,13}	S _{5,4}	S _{5,5}		
		Fabricante	2,5							
		Inviabile con cualquier habilidad	0							
#6 Soporte de diagnóstico e interfaces	8,3%	Interfaz visualmente intuitiva	10						S ₆	
		Interfaz codificada con tabla de referencia pública	7,5							
		Interfaz de hardware y software de acceso público	5	S _{6,1}	S _{6,2}	S _{6,3}	S _{6,4}	S _{6,5}		
		Interfaz propietaria	2,5							
#7 Disponibilidad de piezas de recambio	6,0%	Inviabile con cualquier tipo de interfaz	0						S ₇	
		Disponible públicamente	10							
		Disponible para proveedores independientes	7,5							
		Disponible para proveedores	5	S _{7,1}	S _{7,2}	S _{7,3}	S _{7,4}	S _{7,5}		
		Disponible para el fabricante	2,5							
#8 Interfaz de piezas de recambio	5,1%	Pieza no disponible	0						S ₈	
		Pieza estándar con interfaz estándar	10							
		Pieza exclusiva con interfaz estándar	5	S _{8,1}	S _{8,2}	S _{8,3}	S _{8,4}	S _{8,5}		
		Pieza exclusiva con interfaz no estándar	0							
#9 Duración de la disponibilidad de piezas de recambio	5,1%	Disponibilidad a largo plazo	10						S ₉	
		Disponibilidad a medio plazo	6,6	S _{9,1}	S _{9,2}	S _{9,3}	S _{9,4}	S _{9,5}		
		Disponibilidad a corto plazo	3,3							
		Sin información sobre la duración de la disponibilidad	0							
#10 Coste de las piezas de recambio	6,0%	El precio medio al consumo de la pieza i es inferior o igual al 5% del precio de catálogo	10						S ₁₀	
		El precio medio de consumo de la pieza i está entre el 5% y el 10% del precio de catálogo (10% incluido)	6,6	S _{10,1}	S _{10,2}	S _{10,3}	S _{10,4}	S _{10,5}		
		El precio medio de consumo de la pieza i se sitúa entre el 10% y el 20% del precio de catálogo del producto (20% incluido)	3,3							
		No disponible	0							
		Información completa disponible	10							
#11 Tipo de información	6,9%	Información básica disponible	5			S ₁₁			S ₁₁	
		No hay información disponible	0							
		Disponible públicamente	10							
#12 Información disponible	6,9%	Disponible para proveedores independientes	6,6			S ₁₂			S ₁₂	
		Disponible para proveedores	3,3							
		Disponible para el fabricante	0							
		Opciones de devolución exhaustivas	10							
#13 Opciones de devolución	0,0%	Opciones básicas de devolución	5			S ₁₃			S ₁₃	
		Sin opción de devolución	0							
		Datos integrados no almacenados	10							
#14 Gestión de la información	0,0%	Bajo pedido	5			S ₁₄			S ₁₄	
		No disponible	0							
		Reinicio integrado	10							
#15 Tipo de reinicio	0,0%	Reinicio externo	6,6			S ₁₅			S ₁₅	
		Reinicio del servicio	3,3							
		Sin reinicio	0							
	100%			S ₁	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	RI
				RI ₁	RI ₁	RI ₂	RI ₃	RI ₄	RI ₅	

- **Componentes prioritarios y probabilidad de fallo** (pp_i y Wpp_i).

Según los datos obtenidos en la Etapa II, se calcula el peso de los componentes prioritarios, como el porcentaje relativo de fallo de los mismos, tal y como muestra la Tabla 2.

- **Tabla 2. Conversión: Porcentaje total de fallo a factor de ponderación.**

Componente	% fallo	Wpp_i
Motor (MTR)	21%	29%
Resistencia (RES)	19%	27%
Cables internos (CBL)	13%	18%
Hélice (HLC)	10%	14%
Cable de alimentación (CBL ALIM)	10%	13%
	70%	100%

- **Parámetros y sus porcentajes de ponderación** (p_j y Wp_j) – Etapa III

Para definir los porcentajes de ponderación de los catorce parámetros que hay en la matriz, se realizaron encuestas por correo electrónico a centros asociados a Repair Café (2024) nivel europeo.

Se contactó con 92 asociaciones que organizan 240 eventos de Repair Café en su área geográfica. Se obtuvieron respuesta de 35 Repair Café pertenecientes a los siguientes países: España, Reino Unido, Canadá, Nueva Zelanda, Italia, Bélgica, Francia, Suecia y Estados Unidos. Esto representa una tasa de respuestas de 39%.

En la Tabla 3 se muestran los niveles de importancia obtenidos para cada parámetro, a partir del análisis de las respuestas obtenidas.

Tabla 3. Porcentajes de ponderación para los parámetros

	Parámetro (j)	Wp_j
#1	Profundidad de la secuencia de desmontaje	5.56%
#2	Tipo de unión	19.44%
#3	Herramientas necesarias	16.67%
#4	Entorno de trabajo	11.11%
#5	Nivel de destreza	2.78%
#6	Soporte de diagnóstico e interfaces	8.33%
#7	Disponibilidad de piezas de recambio	6.00%
#8	Interfaz de piezas de recambio	5.11%
#9	Duración de la disponibilidad de piezas de recambio	5.11%
#10	Precio de las piezas de recambio	6.00%
#11	Tipo de información	6.94%
#12	Disponibilidad de la información	6.94%
#13	Opciones de devolución	0.00%
#14	Gestión de datos	0.00%
#15	Tipo de reinicio	0.00%

- **Escala (Sc) – Etapa III**

Para determinar los valores de la escala de cada parámetro (A, B, C y/o D y/o E), se empleó un procedimiento similar al empleado por Blanco-Espeleta et al. (2024). Este implicó la selección de una escala del 0 al 10, adaptándola en función del número de opciones disponibles para cada parámetro. Por lo que, para los parámetros de tres niveles, se asignó una puntuación de 0, 5 y 10; para aquellos con cuatro niveles, se asignó una puntuación de 0, 3.3, 6.6 y 10; y para los parámetros con cinco niveles, se asignó los valores de 0, 2.5, 5, 7.5 y 10.

Para la adaptación de la matriz RM a la categoría de secadores, se incluyó el parámetro del precio de las piezas de repuesto (#10), ya que se trata de una de las barreras que los usuarios enfrentan en su disposición a reparar según Dao et al., (2021) y Roskladka et al., (2023), además de ser una mejora que Blanco-Espeleta et al., (2024) propone en su matriz.

Una vez se obtuvieron los datos necesarios para adaptar la matriz RM a la categoría de producto de secadores de pelo, se obtuvo la matriz final adaptada mostrada en la Figura 3.

3.4 Caso de aplicación. Aplicación de la matriz RM a la muestra inicial (Etapa IV).

Como caso de aplicación, se calcularon los índices de reparabilidad de la muestra representativa de ocho secadores de pelo (Tabla 1), aplicando la matriz RM adaptada, según muestra la Figura 3.

Con el fin de completar el primer parámetro de la matriz (#1) y basándonos en los datos recopilados durante el proceso de desensamblaje de los ocho secadores, se calculó el tiempo de desmontaje de cada secador utilizando la herramienta cualitativa eDIM (Peeters et al., 2018). Los resultados de la misma se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tiempos eDIM para el primer parámetro (#1) de la matriz RM

	Di								Dref (s)
	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	
Motor	382.64	382.84	493.04	386.36	244.72	397.48	412.52	577.28	409.61
Resistencia	496.72	592.76	499.44	503.88	530.32	683.84	480.2	589.28	547.05
Cables internos	528.96	626.44	604.80	536.12	688.56	799.36	768.48	562.00	639.34
Hélice	201.24	243.40	202.96	142.92	158.16	185.88	124.24	240.12	187.36
Cable de alimentación	296.76	212.32	311.84	192.96	223.56	186.56	196.56	288.92	238.68

Asimismo, para completar el parámetro del coste de las piezas de repuesto (#10) añadido en la matriz inicial, se llevó a cabo una búsqueda de información. La Tabla 5 muestra el coste de las piezas de repuesto en relación con el coste del producto. De esta forma, se calculó el porcentaje de coste de los componentes prioritarios respecto al precio de cada secador.

Tabla 5. Precio de las piezas de repuesto

	Coste del producto	Motor	Resistencia	Cables internos	Hélice	Cable de alimentación
S01	35.00 €	2.00 € 6%	15.50 € 44%	0.15 € 0%	5.50 € 16%	9.40 € 27%
S02	41.65 €	21.50 € 52%	15.50 € 37%	0.15 € 0%	5.50 € 13%	9.40 € 23%
S03	36.00 €	21.50 € 60%	15.50 € 43%	0.15 € 0%	5.50 € 15%	9.40 € 26%
S04	16.00 €	2.00 € 13%	9.00 € 56%	0.15 € 1%	5.50 € 34%	9.40 € 59%
S05	34.90 €	21.50 € 61%	15.50 € 44%	0.15 € 0%	5.50 € 16%	9.40 € 27%
S06	25.00 €	2.00 € 5%	15.50 € 37%	0.15 € 0%	5.50 € 13%	9.40 € 23%
S07	19.90 €	2.00 € 6%	15.50 € 43%	0.15 € 0%	5.50 € 15%	9.40 € 26%
S08	24.99 €	2.00 € 13%	15.50 € 97%	0.15 € 1%	5.50 € 34%	9.40 € 59%

Finalmente, la Tabla 6 muestra el índice de reparabilidad por componente prioritario, por parámetro y el total de cada secador de pelo evaluado.

Tabla 6. Índices de reparabilidad de la muestra

	Índice de reparabilidad (IR) de componentes prioritarios					Índice de reparabilidad (IR) de los parámetros								IR secador de pelo
	Motor	Resistencia	Cables internos	Hélice	Cable de alimentación	Diseño de producto #1 - #3	Entorno de trabajo #4	Nivel de habilidad #5	Soporte de diagnóstico #6	Piezas de repuesto #7 - #10	Información #11 #12	Servicio #13 - #15		
S01	3.57	5.55	6.03	2.98	5.34	2.17	0.89	0.15	0.42	1.06	0.00	0.00	4.69	
S02	3.57	5.55	6.03	2.98	5.34	2.63	1.11	0.21	0.42	0.95	0.58	0.00	5.89	
S03	3.14	5.13	5.55	2.98	4.92	1.91	0.89	0.15	0.42	0.95	0.00	0.00	4.31	
S04	3.57	5.55	6.03	2.98	5.34	2.20	0.89	0.15	0.42	1.01	0.00	0.00	4.66	
S05	3.94	4.70	6.10	3.64	5.53	1.72	0.89	0.15	0.42	0.95	0.58	0.00	4.70	
S06	3.75	5.08	5.52	2.98	5.04	1.91	0.89	0.15	0.42	1.12	0.00	0.00	4.49	
S07	3.53	5.15	5.52	3.16	5.02	1.95	0.89	0.15	0.42	1.06	0.00	0.00	4.46	
S08	3.53	5.50	6.00	2.58	5.34	2.14	0.89	0.15	0.42	1.01	0.00	0.00	4.60	

Se observó que el secador S02 es el que tiene mejor índice de reparabilidad, mostrando una clara diferencia con los demás modelos de la muestra. Por el contrario, el secador S03 presentó la puntuación más baja.

Al analizar los componentes prioritarios, se observó que la resistencia obtuvo la puntuación más alta, mientras que la hélice fue el componente con el menor índice de reparabilidad. Esto se debe a que la resistencia presenta uniones de más de un uso, a diferencia de otros componentes. Por otro lado, la hélice presenta mayoritariamente conexiones de un solo uso, como resultado, contribuye a un índice de reparación más bajo que el resto de componentes.

En cuanto a los parámetros evaluados, el diseño de producto obtiene una mayor calificación, seguido por las piezas de repuesto y el entorno de trabajo. Los secadores S02 y S06 destacan en estos parámetros. Por otro lado, se observa común la falta de soporte de diagnóstico y la falta de información. Finalmente, el último parámetro, que corresponde con las opciones de devolución, la gestión de información y el tipo de reinicio muestra un valor de cero debido a su factor de ponderación, según se indica en la Tabla 3.

3.4 Propuestas de mejora en esta categoría de productos (Etapa V).

A partir de los resultados obtenidos, se identificaron áreas de mejora en la categoría de producto analizada para aumentar la reparabilidad de la misma.

Para ello, fue necesario analizar los índices de reparabilidad obtenidos para los ocho secadores de pelo, junto con las puntuaciones obtenidas de los parámetros y componentes prioritarios que se muestran en la Tabla 6. A partir de esta evaluación, se identificaron los componentes y parámetros con las puntuaciones más bajas, los cuales se consideraron como puntos clave para implementar las mejoras.

En cuanto a los componentes, se proponen mejoras para la hélice, el motor y los cables internos. La propuesta fue utilizar uniones de más de un uso para facilitar el desmontaje y ensamblaje de casi cualquier componente dentro del secador, reemplazando las soldaduras con uniones snapfit. Por otro lado, se observa que tanto el motor como la hélice presentan puntuaciones bajas. Estos componentes suelen estar embebidos en la mayoría de los secadores, por lo que se propone una separación entre ellos de manera fácil y accesible. Se considera una unión que permita su montaje y desmontaje permitiendo ser reemplazados por separado sin tener que desmontar todo el dispositivo.

En cuando a los parámetros de la matriz, las propuestas de mejora incluyen asegurar la disponibilidad y accesibilidad de las piezas de repuesto para poder reemplazar al menos los componentes prioritarios. Esto podría incluir kits de reparación para las piezas más comúnmente reparadas. Por otro lado, una mejora en la documentación, proporcionando guías de reparación y secuencia de desmontaje. Por último, se propone mejorar el servicio proporcionado, ofreciendo soporte en línea o acceso a recursos adicionales como vídeos.

4. Conclusiones

Mediante una metodología organizada en varias etapas, este estudio se ha enfocado adaptar la matriz RM a la categoría específica de secadores de pelo. Se han calculado los índices de reparabilidad utilizando una muestra representativa de ocho secadores de pelo y se han planteado mejoras de diseño con el objetivo de aumentar la reparabilidad de los secadores de pelo. Estas mejoras incluyen tanto aspectos relacionados con los componentes prioritarios como mejoras en los parámetros de evaluación.

Con respecto a las etapas de la metodología se puede concluir que:

- Se han identificado tres categorías principales de secadores de pelo y se han observado las diferencias en la configuración externa y distribución de los componentes internos. Esto ha permitido la selección de una muestra representativa y la caracterización de la misma.
- Se han seleccionado los principales fallos mediante bases de datos y encuestas, llegando a cinco componentes prioritarios con sus correspondientes tasas de fallo.
- Se han definido los factores de ponderación de los parámetros además de la escala, permitiendo la adaptación de la matriz. Se incluye la información específica y porcentajes sobre el precio de las piezas de repuesto.
- Se han calculado los índices de reparabilidad de la muestra determinando previamente los tiempos de desmontaje mediante eDIM. Se han observado diferencias significativas en los índices de reparabilidad por componente y por parámetro evaluado.
- Se han identificado áreas de mejora basadas en los índices calculados.

Para futuros desarrollos, se plantea la implementación y evaluación de las mejoras propuestas, con el fin de validar su impacto en el índice de reparabilidad de los productos. Además, se considera realizar una comparación entre los métodos de reparabilidad existentes en términos de la importancia asignada a los distintos parámetros que evalúan el producto. Esto permitirá una representación más precisa de la reparabilidad de los pequeños aparatos eléctricos y electrónicos.

5. Referencias

- Blanco-Espeleta, E., Pérez-Belis, V., & Bovea, M. D. (2024). Repair index of energy-related products: Application to capsule coffee machines. *Sustainable Production and Consumption*, 46, 146–160. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.02.011>
- Bracquené, E., Brusselaers, J., Dams, Y., Peeters, J., De Schepper, K., Duflou, J., & Dewulf, W. (2018). Repairability criteria for energy related products. Study in the BeNeLux Context to Evaluate the Options to Extend the Product Life Time Final Report, June.
- Bracquené, E., Peeters, J., Alfieri, F., Sanfélix, J., Duflou, J., Dewulf, W., & Cordella, M. (2021). Analysis of evaluation systems for product repairability: A case study for washing machines. *Journal of Cleaner Production*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125122>
- Cordella, M., Alfieri, F., Clemm, C., & Berwald, A. (2021). Durability of smartphones: A technical analysis of reliability and repairability aspects. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125388. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125388>
- Dao, T., Cooper, T., & Watkins, M. (2021). Business innovation for product repairability: implications for future policies. In: 4th Conf. Prod. Lifetimes Environ, pp. 138–146. <https://doi.org/10.31880/10344/10205>
- Directiva 2019/771/UE. (2019) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de mayo de 2019 relativa a determinados aspectos de los contratos de compraventa de bienes, por la que se modifican el Reglamento (CE) 2017/2394 y la Directiva 2009/22/CE y se deroga la Directiva 1999/44/CE
- Directiva 2009/125/EC 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.
- EN 45554. (2020). Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía.
- European Commission (2020). A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Official Journal of the European Union.
- European Commission. (2021). Preparatory study for the ecodesign and energy Labelling Working Plan 2020-2024. Task 3 Preliminary analysis of product groups and horizontal initiatives - Hair dryers (draft). Official Journal of the European Union.
- European Commission (2022). Ecodesign and Energy Labelling Working Plan 2022-2024. Official Journal of the European Union.
- Flipsen, B., Bakker, C., & Van Bohemen, G. (2016). Developing a reparability indicator for electronic products. 2016 Electronics Goes Green 2016+, EGG 2016, 1–9. <https://doi.org/10.1109/EGG.2016.7829855>
- iFixit (2023) iFixit <https://www.ifixit.com/>
- Jeff Suovanen. (2023). How Is the iFixit Repairability Score Calculated? iFixit News. <https://www.ifixit.com/News/75533/how-ifixit-scores-repairability>
- Ministère de la Transition écologique. (2021). Instructions manual for the calculation of the repairability index of electrical and electronic equipments. <https://www.ecologie.gouv.fr/>
- Open Repair Alliance. (2022). ORA - Open Repair Alliance. <https://openrepair.org/>

Peeters, J. R., Tecchio, P., Ardente, F., Vanegas, P., Coughlan, D., & Duflou, J. R. (2018). eDIM: further development of the method to assess the ease of disassembly and reassembly of products - Application to notebook computers. <https://doi.org/10.2760/864982>

Pérez-Belis, V., Braulio-Gonzalo, M., Juan, P., & Bovea, M. D. (2017). Consumer attitude towards the repair and the second-hand purchase of small household electrical and electronic equipment. A Spanish case study. *Journal of Cleaner Production*, 158, 261–275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.143>

Repair Café (2023) Repair Café <https://www.repaircafe.org/es/>

Right to repair. (2024). The Belgian repairability index includes the price of spare parts: will the EU level up with this ambition? <https://repair.eu/ca/news/the-belgian-repairability-index-includes-the-price-of-spare-parts-will-the-eu-level-up-with-this-ambition/>

Roskladka, N., Jaegler, A., & Miragliotta, G. (2023). From “right to repair” to “willingness to repair”: Exploring consumer’s perspective to product lifecycle extension. *Journal of Cleaner Production*, 432: 139705. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139705>

Sam Goldheart. (2024). iFixit. Hair Dryer Repair. Repair guides and troubleshooting information for hair dryers. https://www.ifixit.com/Device/Hair_Dryer

The Ellen Macarthur Foundation. (2013). The Ellen Macarthur Foundation, 2013. Towards the Circular Economy.

Torca-Adell, L., & Bovea, M. D. (2023). Are the requirements of the right to repair aligned with consumer practices/perspectives? 27th International Congress on Project Management and Engineering (Donostia-San Sebastian), CIDIP 2023 - Proceedings. Proceedings from the International Congress on Project Management and Engineering, July, 715–725.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

