

03-023

MEASUREMENT OF THE LEVEL OF THE REPARABILITY OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC DEVICES. REVIEW AND APPLICATION IN CASE OF STUDY.

Blanco Espeleta, Eduardo ⁽¹⁾; Pérez-Belis, Victoria ⁽²⁾; Bovea Edo, M^a Dolores ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Universitat Jaume I, ⁽²⁾ PRINS: Centro de Investigación en Dirección de Proyectos, Innovación y Sostenibilidad. Universitat Politècnica de València

Extending the life span of products through their repair is one of the strategies promoted in the circular economy context. Different initiatives have been developed at European level aimed at establishing the level of reparability of electrical and electronic equipment. The purpose of this study is to carry out a review of the existing methods, both quantitative and qualitative, able of calculating a Reparability Index for this type of products. This will allow comparing the evaluation criteria considered by each method, as well as the way disassembly times are estimated, the rating scales, etc. As a case study, it is proposed the application of the different methods analysed to several models belonging to the same product category: drip coffee makers.

Keywords: Repair; circular economy; disassembly; index.

MEDICIÓN DEL NIVEL DE LA REPARABILIDAD DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS. REVISIÓN Y APLICACIÓN A CASO DE ESTUDIO.

Alargar la vida útil de los productos mediante su reparación, es una de las estrategias que se fomentan en el contexto de la economía circular. Aplicado al sector de aparatos eléctricos y electrónicos, son varias las iniciativas que se han desarrollado a nivel europeo orientadas a establecer el nivel de reparabilidad de estos productos. El objeto de este estudio es realizar una revisión de los métodos existentes, tanto cualitativos como cuantitativos, aplicables al cálculo de un Índice de Reparabilidad de este tipo de productos. Ello va a permitir comparar los criterios de evaluación considerados por cada método, así como la forma de estimar tiempos de desensamblaje, las escalas de valoración, etc. Como caso de estudio, se propone su aplicación de los diferentes métodos analizados, a varios modelos de una misma categoría de productos: cafeteras de goteo.

Palabras claves: Reparación; economía circular; desensamblaje; index.

Correspondencia: Victoria Pérez-Belis vicprebe@dpi.upv.es; bovea@uji.es

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital (Generalitat Valenciana) la financiación del estudio mediante el proyecto de I+D+i desarrollado por grupos de investigación emergentes (GV/2020/172).



1. Introducción

En el marco de la economía circular, son varias las iniciativas y propuestas legislativas desarrolladas en los últimos años con el fin de instaurar patrones de producción y de consumo sostenibles en los que se priorice un uso más eficaz y sostenible de recursos. The Ellen McArthur Foundation (2013) desarrolló unos principios de economía circular, y la Comisión Europea estableció en 2015 y ha actualizado en 2020, un Plan de acción de economía circular (COM 614, 2015; COM 98, 2020) como eje principal del Pacto Verde Europeo (COM 640, 2019).

Desde el punto de vista de diseño sostenible de productos, este marco normativo fomenta la durabilidad, reutilización, actualización y reparabilidad de los productos. Para ello, la Comisión Europea aprobó en noviembre de 2020 el “derecho a reparar”, que potencia la reutilización y la reparación de productos, proponiendo esquemas de reparaciones sistemáticas y rentables, ofreciendo garantías para las piezas de recambio o mejorando el acceso a la información sobre la reparación y el mantenimiento de los aparatos.

Este progreso e intensificación de la reparación a nivel legislativo se alinea con las tendencias observadas en el comportamiento del consumidor, en el que, en lo referente a sus hábitos de reparación, el 77% de consumidores europeos encuestados (European Commission, 2014) preferiría reparar los dispositivos que no funcionaban en lugar de adquirir nuevos, siendo la dificultad para repararlos o su excesivo coste los principales motivos para no hacerlo. Además se observa que cada vez es mayor el número de consumidores dispuestos a reparar sus propios aparatos en el hogar (Hielscher & Jaeger-Erben, 2021), mostrándose a su vez dispuestos a adquirir productos si se encuentran etiquetados como más duraderos y reparables (Cerulli-Harms et al., 2018).

Sin embargo, para poder determinar el nivel de reparabilidad de un producto y que éste sea comunicado de forma efectiva al consumidor, es necesario disponer de métodos que lo evalúen de forma uniforme, clara y fiable mediante la aplicación de criterios específicos, adaptables a las diferentes categorías de productos existentes. Por ello, en los últimos años, son numerosos los métodos de evaluación de la reparabilidad desarrollados (Bracquené et al., 2018; Dender & Rifer, 2015; Peeters et al., 2018; Sanfelix, Cordella y Alfieri, 2019) aplicados a productos como televisiones (Sanfelix, Cordella & Alfieri, 2019), lavadoras y lavavajillas (Tecchio, Ardente & Mathieux, 2016), portátiles (Peeters et al., 2018) o pantallas planas (Vanegas et al., 2016).

Con el objetivo de conocer los diferentes métodos disponibles y sus criterios específicos, esta comunicación presenta en primer lugar, una breve revisión de los mismos y una comparativa de sus criterios y sistemas de evaluación. Finalmente, se selecciona uno de ellos y se aplica a una muestra representativa de cafeteras de goteo, categoría de producto sobre la cual no ha sido realizada ninguna evaluación de reparabilidad en la bibliografía.

2. Revisión de métodos

Tras una búsqueda bibliográfica relativa a la implementación del derecho a reparar, se han identificado los métodos que evalúan el nivel de reparabilidad de los productos que se

muestran en la Tabla 1. Además, se ha identificado la norma UNE-EN 45554 (2020) como marco para el desarrollo de métodos.

Tabla 1: Métodos de evaluación de la reparabilidad.

Referencia	Caso de estudio	nº productos	Método
Bracquené et al. (2018)	Lavadora	1	AsMe
	Aspiradora	1	AsMe
Bracquené (2019)	Aspiradora	4	AsMe, iFixit, ONR 192 102 (2014)*
Flipsen, Bakker y van Bohemen (2016)	Linterna	12	i-Fixit
	Móvil	1	i-Fixit
	Móvil	8	Smartphone Reparability Scoring
longtimelabel.com/	Diferentes categorías	23	Longtime
Indice Réparabilité (2021)	Diferentes categorías	-	Indice Réparabilité

*No analizado, por no estar disponible la norma ONR 192 102 (2014) (Austria)

Se describen brevemente a continuación cada uno de los métodos identificados:

- **Assessment Matrix for ease of Repair (AsMeR)** (Bracquené et al., 2018) es un método semicuantitativo que se compone de 24 criterios ordenados en 5 etapas según el proceso de reparación (Identificación del producto, Diagnóstico de fallos, Desensamblaje y reensamblaje, Reparación y reemplazamiento y Restauración de las condiciones de trabajo), y tres etapas según el criterio de reparabilidad (Información suministrada, Diseño de Producto y Servicio). Para asignar la puntuación de un producto en cada aspecto evaluado, se dispone de rúbricas con 4 niveles (0-2-5-10), que facilitan la tarea. La puntuación máxima a obtener es de 164 puntos y el Índice de Reparabilidad se calcula como porcentaje de la máxima puntuación, y se expresa en escala de 1-100 en porcentaje. En lo referente al cálculo de tiempos de desensamblaje, utiliza el método “*ease of Disassembly Metric*” (eDIM) (Peeters et al., 2018).
- **Repair Scoring System (RSS)** (Cordella, Alfieri & Sanfelix et al., 2019) ha sido desarrollado por la Comisión Europea. Es un método semicuantitativo para evaluar la capacidad de reparación y actualización de los productos teniendo en cuenta sus componentes prioritarios, los parámetros clave para la reparación o actualización y el marco de puntuación de los mismos. Los componentes prioritarios se definen sobre la base de un grupo de productos y teniendo en cuenta su frecuencia de averías o actualizaciones, la importancia de los componentes y otra información cualitativa. Se realiza una valoración del producto con una evaluación basada en parámetros técnicos (desmontaje, profundidad, secuencia, herramientas, tiempo de desmontaje, etc.), dejando al margen parámetros económicos.

La evaluación se lleva a cabo mediante los 12 parámetros que se aplican a las N partes prioritarias de un producto y al conjunto. Las puntuaciones e índices obtenidos son números comprendidos entre 0-1. En lo que se refiere al cálculo de tiempos de desensamblaje, utiliza el método eDIM (Peeters et al., 2018).

- **Sistema de puntuación i-Fixit** (Flipsen, Bakker & van Bohemen, 2016) es un método semicuantitativo que permite obtener un índice de reparabilidad, a través del análisis de 20 criterios, que hacen referencia a aspectos de pre-desensamblaje, desensamblaje y post-desensamblaje. Cada criterio se puntúa en una escala de [0-1-2]. Para facilitar la

asignación de la puntuación, se dispone de una rúbrica. Finalmente, se hace la suma de todas las calificaciones y se expresa el índice de reparabilidad en una escala de 0 a 10 puntos.

- **UNE-EN 45554: Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación** (UNE-EN 45554, 2020) presenta métodos para evaluar la capacidad de los productos relacionados con la energía de ser reparados, reutilizados o actualizados y se centra en las partes de los productos susceptibles de fallar, necesitar reemplazo o que puedan ser reutilizadas. Establece 14 criterios que hacen referencia al producto, a la información y apoyo de reparación y actualización, a la gestión de datos y restablecimiento del producto. Los criterios deben ser adaptados a categorías de productos específicas. La puntuación se expresa en una escala de 0 a 10 puntos.
- **Índice de Réparabilité** (2021) es aplicable en Francia, y es el primer índice desarrollado a nivel estatal por un país europeo. Desde el 1 de enero de 2021, el índice de reparabilidad es obligatorio para 5 categorías de productos: ordenador portátil, lavadora, cortacésped, teléfono móvil y televisor. Para cada producto perteneciente a estas categorías, el fabricante debe calcular el índice de reparabilidad mediante las plantillas Excel desarrolladas específicamente para cada una de ellas. La puntuación se basa en 5 criterios adaptados a los diferentes grupos de productos: documentación proporcionada por el fabricante (instrucciones de uso, recomendaciones de uso y mantenimiento, esquemas, etc.), desmontaje del producto, disponibilidad de repuestos, precio de las piezas de repuesto más caras en comparación con el precio inicial del producto, y finalmente otros aspectos concretos como la asistencia remota o reinicio del equipo. La puntuación se expresa en una escala de 0 a 10 puntos.
- **Longtime label** (2019) es una etiqueta independiente, desarrollada en Francia por una entidad privada (Ethikis), empezando su aplicación en octubre de 2019. Hasta la fecha, ha certificado 23 productos pertenecientes a las categorías de pequeño aparato eléctrico y electrónico (licuadoras, batidoras, exprimidoras, etc.), horno, calefactor eléctrico y detecta-metales. Evalúa el nivel de reparabilidad de los productos en base a 41 criterios agrupados en tres bloques temáticos: diseño para durar (diseño, tipo de piezas, documentación y escalabilidad), reparabilidad (desmontaje, documentación, piezas y servicio postventa), y garantías superiores (garantía y consejos de uso y mantenimiento). La valoración final no es numérica, sino que se limita a la concesión del etiquetado.

A continuación, en la Tabla 2 se muestran los criterios aplicados en cada uno de los métodos.

Tabla 2: Criterios establecidos en cada método de evaluación de la reparabilidad.

Assessment Matrix for ease of Repair (AsMeR)	Repair Scoring System (RSS)	i-Fixit	UNE-EN 45554	Indice Réparabilité	Etiqueta Longtime
<ul style="list-style-type: none"> - Facilidad de identificación - Accesibilidad de identificación - Robustez de identificación - Disponibilidad de soporte de identificación - Accesibilidad del soporte de identificación - Instrucciones para la identificación de problemas - contenido - Producto diseñado para una fácil detección de fallos - Disponibilidad de soporte de diagnóstico de fallos - Accesibilidad del soporte de diagnóstico de fallos - Instrucciones de desmontaje- contenido - Producto diseñado para facilitar el desmontaje - Herramientas necesarias para el desmontaje - Disponibilidad de soporte técnico para desmontaje y montaje - Accesibilidad del soporte técnico para el desmontaje y montaje - Información para repuestos - Información para impresión 3D de repuestos - Diseño modular del producto - Diseño estandarizado - Suministro de repuestos - contenido - Suministro de repuestos - disponibilidad - Suministro de repuestos - coste - Instrucciones para el reacondicionamiento del producto - Producto diseñado para facilitar la restauración a las condiciones de trabajo después de la reparación 	<ul style="list-style-type: none"> - Desmontaje, profundidad, secuencia - Sujeciones - Herramientas - Tiempo de desmontaje - Apoyo e interfaces - Tipo de disponibilidad de la información - Repuestos - Software y firmware - Seguridad, habilidades y ambiente de trabajo - Transferencia y eliminación de datos - Restablecimiento de contraseña - Garantía comercial 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación del problema - Disponibilidad de una guía de reparación - Problemas de garantía - Conocimientos técnicos - Disponibilidad de repuestos - Coste de repuestos - Cantidad de herramientas necesarias - Tipos de herramientas utilizadas - Componentes críticos que tienden a fallar - Acciones de reparaciones necesarias - Número de tornillos - Extracción de sujeciones - Visibilidad de tornillos y otras sujeciones - Identificación de los componentes/partes - Riesgo de lesiones - Cuestiones ambientales en el fin de su vida - Fragilidad o robustez de componentes - Organización interna de componentes - Claridad de reparación - Estado después de la reparación 	<ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de desmontaje - Sujeciones y conectores - Herramientas - Entorno de trabajo - Nivel de habilidad - Apoyo de diagnóstico e interfaces - Clasificación de la disponibilidad de las partes de repuesto por grupo objetivo - Clasificación de las interfaces de las partes de repuesto - Clasificación de la disponibilidad de las partes de repuestos por duración de la disponibilidad - Clasificación de la disponibilidad de la información por la exhaustividad - Clasificación de la información disponible por grupos objetivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de la documentación técnica y otra documentación relacionada con las instrucciones de uso y mantenimiento - Facilidad de desmontaje de piezas - Herramientas necesarias - Partes de características de las sujeciones - Compromiso de disponibilidad durante el tiempo de piezas de repuesto - piezas rotas / mal funcionamiento - Plazo de entrega de piezas - Plazo de entrega de piezas - Relación entre el precio de las piezas y el precio del producto - Accesibilidad del contador de uso para los consumidores - Asistencia remota gratuita - Posibilidad de resetear software 	<ul style="list-style-type: none"> - Estado del arte - Soluciones técnicas - Producción - No uso - Tecnología no probada - Plan de confiabilidad - Subconjunto - Piezas consumibles y accesorios - Elementos de seguridad - Partes vulnerables - Piezas de fuente externa - Estudio y tasa de reprobadón - Número de identificación - Software - Aderezo del producto - Acceso a salas funcionales - Acceso a salas prioritarias - Conectores de subconjunto (piezas internas) - Baterías - Herramientas de desmontaje - Diagrama de despiece - Diagrama de despiece - Código de avería - Manual de reparación - Paquetes de diagnóstico de fallos - Nomenclatura - Tiempo de actividad - Tiempo de suministro - Precio de las piezas de repuesto - Precio de los gastos de envío - Contacto del servicio posventa - Apoyo - Política de reparación - Red de servicios posventa - Tiempo de garantía - Condiciones de garantía (más allá del período legal) - Renuncia de garantía - Cesión de garantía - Embalaje original - Información de uso proporcionada - Información de uso proporcionada

25th International Congress on Project Management and Engineering
Alcoi, 6th – 9th July 2021

– Soporte técnico para reacondicionamiento - accesibilidad					– Acceso a la información
--	--	--	--	--	---------------------------

3. Comparativa de métodos

Una vez descritos y analizados los criterios específicos de cada uno de los métodos, a modo de conclusión se establece la comparativa de sus características mostrada en la Tabla 3.

Tabla 3: Comparativa de métodos de evaluación

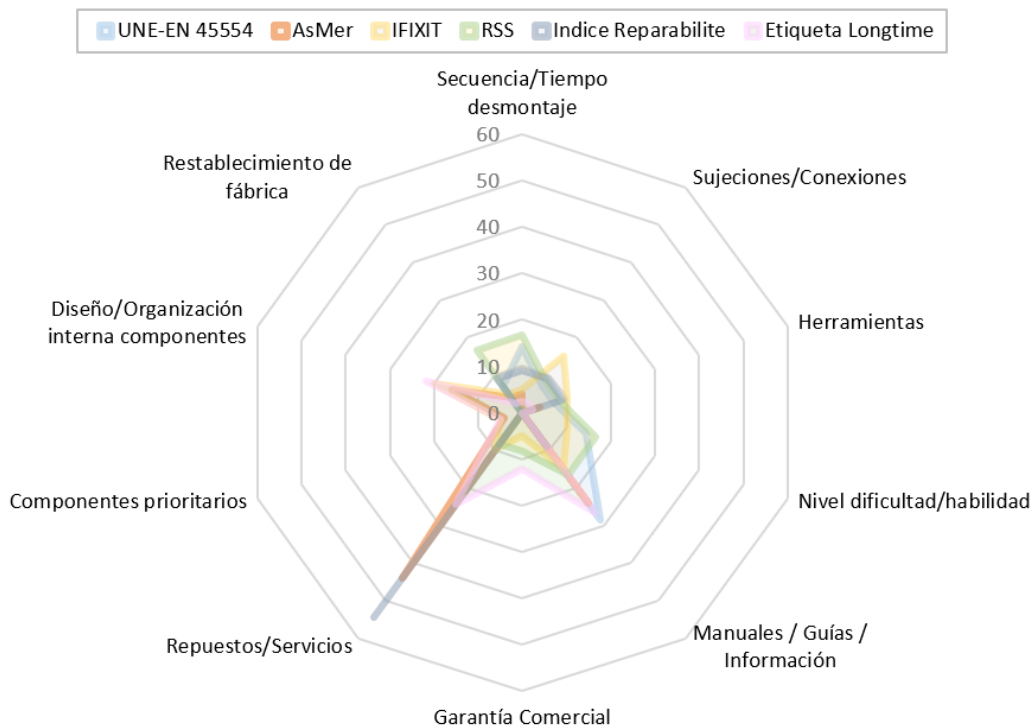
Características	AsMer	i-Fixit	RSS	UNE-EN 45554	Indice Réparabilité	Etiqueta Longtime
Número de criterios	24	20	12	14	12	41
Adaptable a categoría de producto	No	No	Sí	Sí	Sí	No
Rango de puntuación	%	0 - 10	0 - (6+6xN)*	0 - 10	0 - 10	-
Unidad de puntuación	%	Ptos.	Ptos.	Ptos.	Ptos.	-

*N = nº de partes prioritarias

Puesto que dependiendo del método difiere tanto el número como la temática de los criterios, se ha establecido un conjunto de 10 categorías técnicas comunes con el fin compararlos: Secuencia/tiempo desmontaje, Sujeciones/conexiones, Herramientas, Nivel de dificultad/habilidad, Manuales/guías/información, Garantía comercial, Repuestos/servicios, Componentes prioritarios, Diseño/organización interna de componentes y Restablecimiento de fábrica.

Los criterios de cada método se han clasificado de acuerdo a estas categorías, y el resultado se ha representado en el diagrama de la Figura 1. De esta forma, es posible identificar las áreas en las que se centra cada método, la distribución de criterios, o fortalezas y posibles mejoras de cada uno de ellos, entre otros.

Figura 1: Criterios de reparabilidad considerados por cada método.



Del análisis comparativo, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- AsMeR. Se observa una tendencia a considerar la disponibilidad de repuestos y del servicio técnico, pero no evalúa la secuencia de desmontaje, el tipo de uniones o conectores del producto ni el entorno de trabajo en el que efectuar una reparación o actualización. Tampoco considera el nivel de habilidad o conocimientos del usuario para efectuar la reparación o actualización.
- i-Fixit. Es el único que contempla cuestiones ambientales en su fin de vida, sin embargo, no tiene en cuenta el entorno de trabajo en el que efectuar una reparación o actualización ni el tiempo de desensamblaje.
- RSS. No contiene ningún criterio exclusivamente enfocado a la evaluación de si el diseño ha tenido en cuenta los componentes prioritarios. No incorpora criterios enfocados a la detección de fallos ni evalúa el diseño u organización interna del producto.
- UNE-EN 45554. Se observa que su aplicación implica considerar los componentes prioritarios, sin embargo, no contiene ningún criterio exclusivamente enfocado a la evaluación de si el diseño ha considerado los componentes prioritarios. No incorpora criterios enfocados a la detección de fallos, ni evalúa el tiempo de desensamblaje ni el diseño u organización interna del producto.
- El *Índice de Reparabilidad*. Se adapta a cada categoría específica de producto. Por ello, los criterios consideran los componentes prioritarios concretos de cada una de ellas. Sin embargo, no contempla el entorno de trabajo, ni evalúa el tiempo de desensamblaje, el nivel de dificultad del producto o los aspectos relacionados con la garantía comercial.
- Etiqueta Longtime. Aunque sí que considera en gran medida la disponibilidad de información y manuales, así como el diseño y la organización interna de componentes, no evalúa el entorno de trabajo, la dificultad del producto o el tiempo de desensamblaje.

4. Caso de estudio

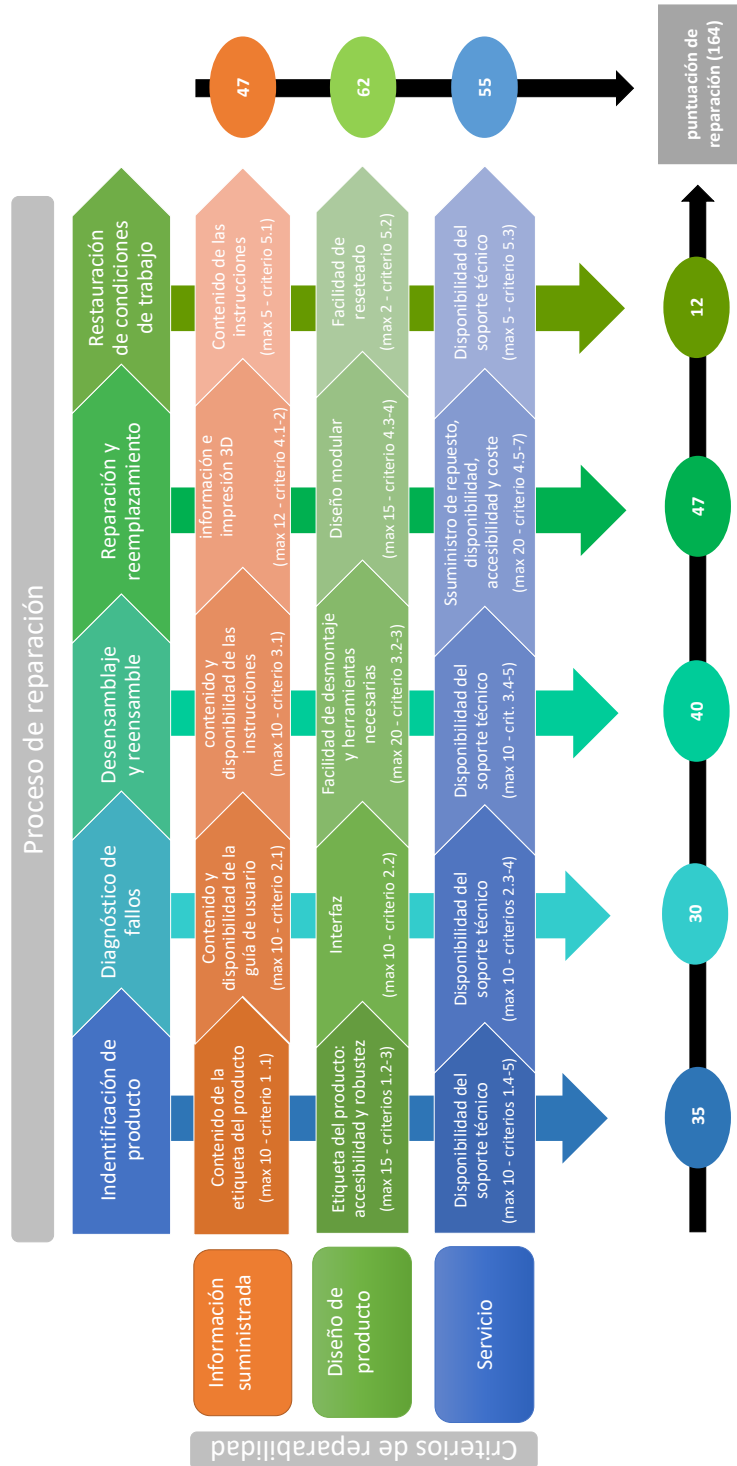
Este apartado incluye la aplicación de uno de los métodos descritos anteriormente a la muestra representativa de cafeteras de goteo mostradas en la Tabla 4. El objetivo es calcular el índice de reparabilidad de cada una de ellas e identificar los aspectos de diseño que podrían mejorar el diseño de estos aparatos desde la perspectiva de su reparabilidad.

Tabla 4: Muestra de cafeteras de goteo



El método de reparabilidad seleccionado es el método AsMeR, por su facilidad de aplicación (los criterios están ordenados y agrupados en función del proceso de reparación, de la información suministrada, diseño de producto y servicio) y por la aplicación de herramientas cuantitativas para el cálculo de los tiempos de desensamblaje mediante el método eDIM. El desglose de aspectos y criterios que considera, se muestra en la Figura 2.

Figura 2: Descripción general de la metodología de evaluación (adaptado de Bracquené et al., (2018)).



El método AsMeR requiere la identificación previa de los componentes prioritarios. Para ello, tras evaluar bases de datos de fallos de aparatos eléctricos y electrónicos, portales de Internet dedicados al fomento de la reparación de productos para usuarios (iFixit o RepairCafé) y aplicar la metodología de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), se obtienen que el listado de componentes de mayor a menor probabilidad de fallo es: fusible térmico, termostato, resistencia, interruptor, cable de alimentación, válvula y sistema antigoteo.

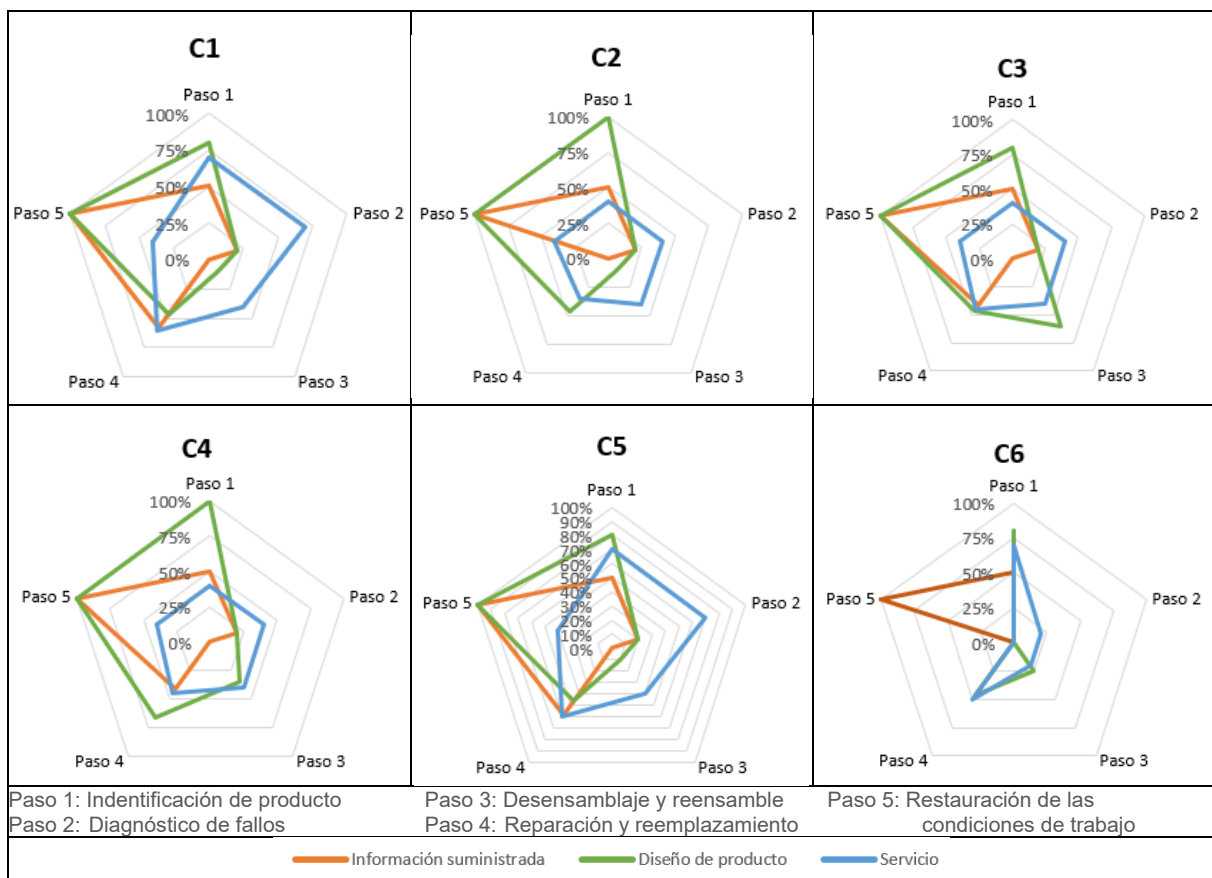
Además, como paso previo al cálculo del índice de reparabilidad, se requiere el cálculo del tiempo de desensamblaje y reensamblaje, total y parcial hasta los componentes prioritarios, mediante la aplicación del método eDIM (Peeters et al., 2018) como herramienta de medición de tiempos. El método eDIM evalúa la capacidad o facilidad con la que los componentes o ensamblajes se pueden quitar de los productos para facilitar la reparación, refabricación, reutilización o mejorar el reciclaje. Se trata de un método cuantitativo cuyo objetivo es calcular el tiempo de desensamblaje y reensamblaje, obteniendo como resultado la suma (tiempo total en segundos) de ambos procesos. El método se divide en dos fases, en primer lugar, la introducción de datos y, en segundo lugar, el cálculo de los tiempos. En este caso, el ensamblaje y desensamblaje se realiza por un diseñador familiarizado con el desmontaje de productos, obteniendo los tiempos concretos para cada proceso. Los resultados se muestran en la Tabla 5, tanto para el método eDIM (tiempo total y parcial para el fusible, como ejemplo), como para el Índice de Reparabilidad obtenido.

Tabla 5. Tiempos de desensamblaje y ensamblaje e Índice de reparabilidad de cada cafetera

	eDIM						AsMeR
	Tiempo total (s)			Tiempo parcial (fusible)			Índice de reparabilidad
	Desensamblaje	Ensamblaje	Total	Desensamblaje	Ensamblaje	Total	
C1	109,14	113,54	222,68	42,88	45,48	88,36	46%
C2	230,46	256,46	486,92	128,12	148,32	276,44	37%
C3	165,72	196,32	362,04	88,8	89,52	178,32	46%
C4	143,48	157,88	301,36	74,12	106,8	180,92	46%
C5	167,48	165,88	333,36	115,7	108,7	224,4	46%
C6	317,94	379,14	697,08	96,12	117,72	213,84	34%

El Índice de Reparabilidad calculado para las cafeteras puede analizarse con mayor detenimiento si se distribuye entre los dos aspectos mostrados en la Figura 2: criterio de reparabilidad y proceso de reparación. La Figura 3 muestra los resultados desglosados para cada cafetera.

Figura 3: Índice de reparabilidad (AsMeR) distribuido por criterio de reparabilidad y proceso de reparación.



Se observa que los pasos 2 (Diagnóstico de fallos), 3 (Desensamblaje y reensamblaje) y 4 (Reparación y reemplazamiento), en general, obtienen menor puntuación, es decir, las cafeteras no han considerado en su diseño criterios relacionados con estos aspectos. Ninguna de las cafeteras supera una puntuación de reparabilidad mayor del 50%, no obstante, todas se encuentran por encima del 30% de la puntuación total, es decir su diseño integra mínimamente aspectos relacionados con la reparabilidad. Por lo general, estos criterios corresponden con el diseño de la cafetera, el servicio técnico proporcionado y finalmente la información disponible al respecto. El menor índice de reparabilidad lo presenta la cafetera 6 (34%), que también es la que ha requerido un mayor tiempo de desensamblaje al aplicar el método eDIM, ya que incorpora 34 uniones mediante tornillos y en su desensamblaje se han realizado 10 cambios de herramientas. Por otro lado, 4 de las cafeteras presentan exactamente el mismo índice de reparabilidad (46%). Dos de ellas pertenecen a la misma marca, por lo que existe una línea de diseño común, y la arquitectura del producto es similar en las dos restantes.

Analizando los datos obtenidos, en cuanto al cálculo de tiempos, los aspectos de mayor repercusión son el número de acciones a realizar en la secuencia de desensamblaje, el tipo de uniones, y el cambio de herramientas. Cuanto menor es el número de acciones requeridas, más accesibles se encuentran los componentes prioritarios. El uso de presillas de tipo 1, que

no requieren utilización de herramientas para la extracción de la pieza, disminuye notablemente el tiempo estimado, repercutiendo directamente en el índice de reparabilidad.

La aplicación de la herramienta eDIM supone además una mayor precisión en el cálculo de tiempos de ensamblaje y desensamblaje de las cafeteras, ya que considera de forma específica la secuencias (ensamblaje/desensamblaje) y la valoración de parámetros concretos como la visibilidad de componentes, el cambio de herramienta, el tipo de la herramienta, las diferentes manipulaciones, etc.

5. Conclusiones

Los diferentes métodos de evaluación de la reparabilidad disponibles consideran una serie de criterios que pueden agruparse en 10 categorías diferenciadas, como son secuencia de desmontaje, sujeciones/conexiones, herramientas, entorno de trabajo, nivel de dificultad/habilidad, manuales/guías/información, detección de fallos, repuestos/servicios, tiempo desensamblaje, componentes prioritarios, diseño/organización interna de componentes, restablecimiento de fábrica, y cuestiones ambientales de fin de vida. La consideración de criterios pertenecientes a cada una de estas categorías permite evaluar de forma completa la reparabilidad de un producto, siendo interesante una mayor integración de cuestiones ambientales relacionadas con el fin de vida en futuras herramientas de evaluación.

En cuanto a la aplicación del método AsMeR a la muestra de 6 cafeteras de goteo, se obtienen índices iguales para 4 de las cafeteras, debido a la similitud en la estructura del producto y en la utilización de uniones. Los tiempos de desensamblaje son similares a excepción de una de ellas, consecuencia de la utilización de un elevado número de uniones y de la utilización de diferentes herramientas.

Considerando las fases de desensamblaje/ensamblaje y las puntuaciones obtenidas, se observa que la utilización de un menor número de herramientas, o de herramientas básicas, es uno de los criterios más influyentes, junto a facilitar al usuario la identificación de componentes prioritarios y su accesibilidad. Se observa que la estimación de tiempos de ensamblaje y desensamblaje se encuentra estrechamente relacionado con el índice de reparabilidad obtenido, por lo que es necesario que este tipo de productos se diseñen considerando la rápida accesibilidad a los componentes prioritarios y la utilización de uniones estándar que faciliten dicha accesibilidad, bien para reparar o para sustituir los componentes.

6. Referencias

- Bracquené, E., Brusselaers, J., Dams, Y., Peeters, J., De Schepper, K., Dublou, J. & Dewulf, W., (2018). Repairability criteria for energy related products. Study in the BeNeLux context to evaluate the options to extend the product lifetime. Final Report. KU Leuven/Vito/Benelux.
- Bracquene, E., Peeters, J., De Schepper, K., Dublou, J. & Dewulf, W., (2019). Repairability evaluation for energy related products. *26th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference*. Procedia CIRP 80, (pp. 536-541).
- Cerulli-Harms, A., Suter, J., Landzaat, W., Duke, C., Diaz, A.R., Porsch, L., Peroz, T., Kettner, S., Thorun, C., Svatikova, K., Vermeulen, J., Smit, T., Dekeulenaer, F., Lucica, E., Rodriguez Diaz, A., Porsch, L., Peroz, T., Kettner, S., Thorun, C., Svatikova, K.,

- Vermeulen, J., Smit, T., Dekeulenaer, F. & Lucica, E. (2018). *Behavioural Study on Consumers' Engagement in the Circular Economy*, European Commission.
- COM 614, 2015. Closing the loop: an EU *Action Plan for the Circular Economy*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- COM 640, 2019. *The European Green Deal*. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- COM 98, 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.
- Cordella, M., Alfieri, F. & Sanfelix, J. (2019). *Analysis and development of a scoring system for repair and upgrade of products* - Final report. Joint Research Centre, Technical reports, European Commission.
- Dender, L. & Rifer, W. (2015). *iNEMI Repair and Recycling Metrics*. Project iNEMI Repair and Recycling Metrics Project End of Project Report 28.
- Ellen McArthur Foundation (2013). *Towards a circular economy*. The Ellen MacArthur Foundation, 2012. Towards a Circular Economy. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition.
- European Commission (2014). *Attitudes of Europeans Towards Resource Efficiency*. Flash Eurobarometer No 316.
- Flipsen, B., Bakker, C. & van Bohemen, G. (2016). Developing a Reparability Indicator for Electronic Products. *Electronics Goes Green 2016+*. Berlin.
- Hielscher, S. & Jaeger-Erben, M. (2021). From quick fixes to repair projects: Insights from a citizen science project. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123875, 1-11.
- Indice Réparabilité (2021). Plateforme d'information sur l'indice de réparabilité. <https://www.indicereparabilite.fr/>
- 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. Joint Research Centre, Technical reports, European Commission.
- Sanfelix, J., Cordella, M. & Alfieri, F. (2019). *Methods for the Assessment of the Reparability and Upgradability of Energy-related Products: Application to TVs*. Joint Research Centre, Technical reports, European Commission.
- Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F. (2016). *Analysis of durability, reusability and reparability. Application to washing machines and dishwashers*. Joint Research Centre, Technical reports, European Commission.
- UNE-EN 45554, 2020. Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía.
- Vanegas, P., Peeters, J.R., Cattrysse, D., Duflou, J.R., Tecchio, P., Mathieux, F. & Ardente, F. (2016). *Study for a method to assess the ease of disassembly of electrical and*

electronic equipment - Method development and application in a flat panel display case study. EUR 27921 EN. doi:10.2788/130925.

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

