

03-029

APPLICABILITY OF PARAMETERS FOR EXTENDING THE USEFUL LIFE OF ECO-DESIGN TOOLS AND METHODS IN CONCEPTS.

Royo, Marta ⁽¹⁾; Chulvi, Vicente ⁽¹⁾; Mulet, Elena ⁽¹⁾; Ruiz-Pastor, Laura ⁽¹⁾; Bort-Martínez, Marina ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universitat Jaume I, Dep. Enginyeria Mecànica i Construcció

Extending the useful life of products is one of the principles promoted by the circular economy. By extending it, resource loops are slowed down and products are used for a longer period of time. This suggests that early consideration and evaluation of extended lifetimes in design can be helpful. The following paper analyses 11 eco-design tools and methods to determine the applicability of these tools and methods by analysing the useful life extension parameters that they contain that can be applied to concepts. Applicability is understood as the combination of the following aspects: the number of useful life extension parameters that require or not interpretation and the number of parameters that need information that is contained or not contained in design concepts. Finally, a qualitative ranking is proposed to help select the most appropriate method or tool. CE Designer, ecodesign PILOT and the Circular Design tool of Moreno et al. are the ones that present a better applicability and a higher number of parameters than the rest.

Keywords: Useful life extension; conceptual design; concept evaluation; eco-design tools and methods.

APLICABILIDAD DE LOS PARÁMETROS PARA ALARGAR LA VIDA DE USO DE HERRAMIENTAS Y MÉTODOS DE ECODISEÑO EN CONCEPTOS.

Prolongar la extensión de la vida de uso de los productos es uno de los principios fomentados por la economía circular. Extendiéndola se consigue ralentizar los bucles de recursos lo que hace que se utilicen los productos durante más tiempo. Por tanto, considerar y evaluar en fases iniciales del diseño la extensión de la vida de uso puede ser de gran ayuda.

La siguiente comunicación analiza 11 herramientas y métodos de ecodiseño para determinar la aplicabilidad de las mismas analizando los parámetros que contienen relacionados con alargar la vida de uso que se pueden aplicar a conceptos. Se entiende por aplicabilidad la combinación de los siguientes aspectos: la cantidad de parámetros de alargar la vida de uso que requieren o no interpretación y la cantidad de parámetros que necesitan información que está contenida o no en conceptos de diseño. Finalmente se propone una clasificación cualitativa que ayuda a seleccionar el método o herramienta más apropiado. CE Designer, ecodesign PILOT y la herramienta de Diseño Circular de Moreno et al. son las que presentan una mejor aplicabilidad y un mayor número de parámetros que el resto.

Palabras claves: Extensión de la vida de uso; diseño conceptual; evaluación conceptos; herramientas y métodos de ecodiseño.

Correspondencia: Marta Royo royo@uji.es Vicente Chulvi Ramos
chulvi@uji.es

Agradecimientos: El proyecto ha sido financiado con el proyecto de la Universitat Jaume I con código UJI-A2019-10. (Obtención de necesidades cambiantes del usuario en fases conceptuales de diseño como herramienta para extender la vida útil de los productos).



1. Introducción

1.1. La extensión de la vida de uso en los productos

La Economía Circular tiene por objeto mantener el valor añadido de los productos durante el mayor tiempo posible y reducir al mínimo los desechos facilitando las acciones de reciclaje, remanufactura y reutilización (Evans & Bocken, 2014). El escenario ideal en cuanto a sostenibilidad consiste en cerrar el círculo ralentizando el bucle, extendiendo la vida del producto haciendo que sea útil el máximo tiempo posible, todo lo contrario, a la obsolescencia programada (Bocken et al., 2016)

La Comisión Europea (2017) destacó la importancia del ecodiseño en la aplicación del Plan de Acción de Economía Circular (European Commission, 2015). El ecodiseño es una metodología que trata de conceptualizar y generar nuevas ideas de productos (González-García et al., 2012), que observa los factores clave para cumplir los requisitos de sostenibilidad ambiental de la manera más eficiente y apropiada posible (Tukker et al., 2001).

Existe un número significativo de trabajos que han identificado herramientas que apoyan el proceso de integración de aspectos medioambientales dentro del proceso de diseño (Bocken et al., 2011; Bovea & Pérez-Belis, 2012; Charter & Tischner, 2017). Para Bovea y Pérez-Belis (2012) la integración de los aspectos ambientales en las primeras etapas del proceso de diseño, junto con un enfoque multicriterio que permita equilibrar los requisitos ambientales con otros requisitos tradicionales, son dos de los factores clave para el éxito del diseño sostenible.

1.2. Estudio previo de la extensión de vida útil en herramientas y métodos de ecodiseño

Trabajos recientes que analizan herramientas y métodos de ecodiseño muestran que existen muy pocas que consideran la extensión de la vida de uso y son aplicables a nivel conceptual (Royo et al., 2020; Ruiz-Pastor et al., 2019).

Royo et al. (2020) concluye con una selección de 12 herramientas, de 63 iniciales, que tienen en cuenta la extensión de la vida de uso y son aplicables a conceptos. Para establecer si consideraban la extensión de la vida de uso se analizó si alguno de sus parámetros estaba relacionado con alguna estrategia de diseño para la extensión de la vida de uso (ralentizar los flujos) según la clasificación de Mesa et al. (2018). Para comprobar si eran aplicables a conceptos se valoró si alguno de sus parámetros podía ser valorado a nivel conceptual.

Las 12 herramientas y métodos seleccionados fueron los siguientes: CE Designer constituye una herramienta cualitativa, que permite una fácil integración de estrategias de circularidad en el proceso de desarrollo de productos y servicios (CE Designer, 2019); Circular Economy Toolkit, fue desarrollado para apoyar a las empresas en la transición a una economía circular, ayudarles a crear valor, reducir el uso de materiales, diseñar para una vida útil más larga del producto mientras son eficientes en los recursos e identificar oportunidades para el producto a través de su ciclo de vida. Permite medir el potencial de mejora del concepto en dichas categorías (Evans & Bocken, 2014); DFE Matrix, que ayuda a establecer criterios de alta prioridad EHS (medio ambiente, salud y seguridad). Estos criterios se utilizan desde la concepción del producto, pasando por el prototipo y la fabricación (Johnson & Gay, 1995); Ecoconcept Spiderweb, puede utilizarse para una estimación que permita decidir entre alternativas de diseño. Para cada solución se realiza una evaluación cualitativa de los criterios y se obtiene un perfil medioambiental para cada solución que reúne hasta ocho criterios de evaluación generales en una sola herramienta (Tischner & Deutschland, 2000); EcoDesign Checklist, es una lista de preguntas que sirve de apoyo al análisis del impacto de un producto en el medio ambiente (Tischner & Deutschland, 2000); Ecodesign PILOT, es una herramienta de desarrollo de productos que apoya el proceso de toma de decisiones en el diseño de

productos y contribuye a encontrar las medidas de Ecodiseño adecuadas para mejorar las propiedades ambientales de un producto determinado (Wimmer & Züst, 1999); Fast Five Phillips, se utiliza para juzgar y comparar diferentes conceptos de productos con respecto a un producto de referencia. Se eligen cinco criterios: energía, reciclabilidad, contenido de residuos peligrosos, durabilidad/ reparabilidad/valor y formas alternativas de prestar servicio (Meinders, 1997); LiDS Wheel es una herramienta que ofrece al diseñador una visión general del potencial de mejora medioambiental. La herramienta utiliza ocho estrategias de mejora ambiental: selección de materiales de bajo impacto, reducción del uso de materiales, optimización de técnicas de producción, optimización del sistema de distribución, reducción del impacto durante el uso, optimización de la vida útil inicial, optimización del sistema de fin de vida útil y desarrollo de nuevos conceptos (Brezet & van Hemel, 1997); Spidermap, la herramienta puede utilizarse en las primeras fases del proceso de diseño cuando aún no se dispone de información detallada. Las directrices pueden traducirse en un mapa de araña para obtener una herramienta más detallada que se utilice en el proceso de diseño. Las palabras se colocan a lo largo de los ejes para mostrar un aumento de la circularidad, es decir, describiendo los aspectos que probablemente ayuden a una utilización y recuperación óptima de los recursos (Van der Berg & Bakker, 2015); mediante Design Abacus (Bhamra & Lofthouse, 2007) los diseñadores pueden evaluar un producto con criterios específicos, bajo una serie de áreas: ciclo de vida (fabricación, uso, fin de vida, embalaje); social (necesidad, enriquecimiento social); otros (coste, calidad, estética); Eco-compass (Fussler & James, 1996) condensan información medioambiental en un mapa visual que puede comparar los méritos medioambientales de las nuevas opciones de diseño con el diseño original y Ten Golden Rules, ayudan a los diseñadores de productos a integrar las demandas medioambientales en el proceso de desarrollo del producto (Luttropp & Lagerstedt, 2006).

1.3. Aplicabilidad de los parámetros de las herramientas y métodos de ecodiseño

Implementar en fases iniciales del diseño diferentes herramientas y métodos de ecodiseño supone cierta dificultad (Rossi, Germani & Zamagni, 2016). Otro problema es la compatibilidad de técnicas de eco-diseño en el proceso de desarrollo de nuevos productos (Knight & Jenkins, 2009).

Rossi, Germani y Zamagni (2016) analizan herramientas tipo diagrama (DFE Matrix, Spider Diagram o Ecodesign web) y tipo Checklist y Guidelines (Philips Fast Five, Ten Golden Rules o EcoDesign Pilot) encontrando una serie de puntos débiles: la necesidad de experiencia para realizar estimaciones arbitrarias de los usuarios y para interpretar las indicaciones generales y los resultados. Sus conclusiones generales apuntan hacia el uso de herramientas de ecodiseño customizadas y simplificadas entre otras estrategias.

Knight y Jenkins (2009) identifican aquellas categorías de herramientas o métodos más preferibles por un grupo de expertos siendo las checklists las mejor valoradas. Econcept Spiderweb se sitúa en los lugares más bajos de la escala de valoración. Las conclusiones de los autores obtenidas de la aplicación de las diferentes herramientas y métodos son "que la LiDS Wheel y otras herramientas estratégicas suelen quedar anuladas por las especificaciones del cliente", que algunas herramientas son más apropiadas que otras (dependerá de las prioridades que considere de ciertas características frente a otras). También que las "Ten Golden Rules" representan el sentido común: "lo hacemos de todos modos", carecen de especificidad y necesitan más detalles y, por último, que las listas de comprobación deben ser fáciles de seguir. En general el grupo analizado destaca necesidad de mejorar la facilidad de uso, la complejidad y el impacto de los recursos (es decir, el tiempo del personal), también la necesidad de formación y desarrollo del personal, lo que debería aliviar las preocupaciones en estos ámbitos.

Si bien se ha identificado qué parámetros de alargar la vida de uso contienen las distintas herramientas y métodos analizados y cuáles tienen al menos uno que se pueda aplicar a

conceptos, no se conoce qué herramientas tienen más cantidad y variedad de parámetros que se pueden aplicar a conceptos y cuántos se pueden aplicar más fácilmente.

2. Objetivos

La propuesta se desarrolla en el marco de un proyecto de investigación que pretende potenciar la ideación de conceptos de productos que alargan más su vida de uso. Específicamente, el presente trabajo contempla como objetivo analizar, para las 11 herramientas y métodos seleccionados, la variedad de estrategias de alargar el tiempo de uso que contemplan y la aplicabilidad para valorar cuánto alargan el tiempo de uso en conceptos. Entendiendo por aplicabilidad la combinación de los siguientes aspectos: la cantidad de parámetros de alargar la vida de uso que requieren o no interpretación; y la cantidad de parámetros que necesitan información que está contenida o no en conceptos de diseño. Ello, ayudará a los diseñadores a encontrar la herramienta o método de los 11 seleccionados más apropiado para valorar o comparar en la fase conceptual propuestas que alarguen más su vida de uso.

3. Metodología

La siguiente investigación documental se ha dividido en cuatro partes. En la primera se ha revisado y actualizado el trabajo previo de Royo et al. (2020) para seleccionar las herramientas y métodos objeto del análisis. En segundo lugar, se ha revisado también la relación entre los parámetros y las estrategias de diseño para alargar la vida de uso del estudio anterior y se ha establecido una codificación para los mismos. En tercer lugar, se han clasificado los parámetros relacionados con la extensión de la vida de uso (PEX) según su aplicación y se han establecido los criterios para valorar la aplicabilidad. Por último, se ha establecido una comparativa de las 11 herramientas y métodos mediante matrices de doble entrada teniendo en cuenta el análisis de los parámetros estableciendo criterios tales como: la cantidad de parámetros que consideran la extensión de la vida de uso, la variedad de estrategias relacionadas con la extensión de la vida de uso que contemplan o la aplicabilidad de los mismos.

3.1. Selección de las 11 herramientas y métodos para el análisis

El estudio de Royo et al. (2020) concluyó con una selección de 12 herramientas que consideran la extensión de la vida de uso y son aplicables a conceptos. Un refinamiento posterior eliminó dos de las herramientas Design Abacus y Eco-COMPASS debido a que en la primera los requisitos los introduce opcionalmente el diseñador para evaluar y en la segunda no se encuentran parámetros que hagan referencia a la extensión de la vida de uso. También se actualizó la lista con otra que no había sido considerada inicialmente, Circular Economy Tool de Moreno, Ponte y Charnley (2017). Esta herramienta ayuda a los diseñadores de productos a evitar la incertidumbre de qué conceptos de diseño cumplen con los aspectos de la economía circular. Finalmente, y para este trabajo se han seleccionado 11 herramientas y métodos: CE Designer, Circular Economy Toolkit, DFE Matrix, Ecoconcept Spiderweb, EcoDesign Checklist, Ecodesign PILOT, Fast Five Phillips, LiDS Wheel, Spidermap, Ten Golden Rules y Circular Economy Tool de Moreno, Ponte y Charnley (2017).

3.2. Análisis de los parámetros que consideran la extensión de la vida de uso en las 11 herramientas y métodos

De cada herramienta o método se ha identificado y analizado la siguiente información:

- Número de parámetros totales que analiza (**PT**). Se considera parámetro a cada una de las variables que contempla la herramienta o método para evaluar cualquier

aspecto (Royo et al., 2020). Para calcular el número de parámetros totales se tendrá en cuenta el total de parámetros que considera.

- Número de parámetros que hacen referencia a la extensión de la vida de uso (**PEX**). Se analiza, para cada parámetro, si se corresponde con estrategias de diseño para alargar o extender la vida de uso tal y como la define Mesa et al. (2018). Para clasificar estos parámetros se ha aplicado un refinamiento a los resultados de Royo et al. (2020).
- Número de parámetros PEX que consideran más de una estrategia. Se indicará el número de parámetros en cada herramienta que plantean dos estrategias juntas o tres.

3.3. Clasificación de los parámetros PEX y aplicabilidad de las herramientas y métodos de ecodiseño

Se han establecido una serie de criterios para clasificar los parámetros PEX según su aplicabilidad (tabla 1). El primero si el desarrollo de un concepto básico contiene la información solicitada por el parámetro y el segundo, si el parámetro analizado requiere o no de explicación. Por tanto, se definen los siguientes tipos:

Tabla 1: Criterios para la clasificación de parámetros PEX

	Necesita interpretación (el parámetro)	
Desarrollo conceptual (concepto)	No	Sí
Si	ADS	NID
Depende	ADD	NIS
No	N	

- **ADS.** Este parámetro no necesita interpretación y se encuentra en un concepto básico. Son parámetros que permiten evaluar o comparar el concepto sin ningún problema. Un ejemplo de este tipo de parámetro sería, por ejemplo, “Sistemas complejos, difíciles de entender” – “Sistemas sencillos, fácil de entender”, intuitivamente el diseñador conceptualmente intenta expresar sistemas entendibles y sencillos, así como funcionales. Otro ejemplo, “Alcance un diseño del producto eterno (sin caducidad) (Tiene el producto un diseño sin afectaciones de moda y/o puede ser adaptado a las tendencias de moda predominantes)”, el diseñador/a adaptará el producto al público y a la tendencia actual desde fases iniciales del diseño.
- **ADD.** Este tipo de parámetros son aquellos que tampoco necesitan interpretación como los anteriores pero las características que evalúan o comparan pueden encontrarse o no en un concepto tipo. Los motivos principales por los que se pueden encontrar o no son: el nivel de experiencia que tenga el diseñador, si tiene más experiencia considerará a nivel conceptual más detalles en el desarrollo de las ideas, y del tipo de producto, no es lo mismo desarrollar un producto tecnológico que un mueble, por ejemplo.

Ejemplos de este tipo de parámetros son, “Facilidad para acceder a cambios o reparaciones”, “capacidad de actualización”, o “minimizar los elementos de conexión”, entre otros.

- **NID.** Este parámetro sí que necesita interpretación, es decir, la pregunta en sí puede llevar a confusión porque se puede interpretar o entender de varias maneras, pero la información se encuentra en el concepto. Esto ocurre cuando las preguntas son muy vagas o amplias, ejemplos como “fácil de actualizar (reparabilidad)” o bien “¿reparabilidad? ¿mantenimiento?. Cuando pueden interpretarse de diversas maneras, por ejemplo, “Ningún componente, conector, módulo a unión son estándar”,

es decir, ¿se refiere a los módulos o a las piezas que se utilizan para ensamblarlos, o a todos?. O cuando el parámetro es difícil de entender, por ejemplo, “Asegure una estructura que se explique por sí sola o proporcione las instrucciones para reparar el producto”. También se considera dentro de este apartado a aquellos parámetros que preguntan varias cuestiones juntas, algunas entendibles y otras no.

- **NIS.** Este parámetro necesita interpretación y las características que evalúan o comparan pueden encontrarse o no en un concepto tipo. Los motivos principales por los que se pueden encontrar o no son como lo explicado en el tipo NID: dependen del nivel de experiencia que tenga el diseñador y del tipo de producto.
- **N.** Estos parámetros son aquellos que independientemente de que la información solicitada sea o no interpretable no está contenida en un concepto. Ejemplo de este tipo de parámetro son aquellos que solicitan información difícil de definir en un concepto básico. Por ejemplo, de los acabados superficiales (“Asegure una resistencia a corrosión”), del tiempo de vida del concepto (“El producto tiene una larga vida de uso”), de la resistencia de los componentes (“Dificultad para encontrar fallos o Diseñe el producto para una larga vida en servicio”) o bien del coste de la reparación (“Coste de reparación más elevado que el coste del producto”).

Una vez obtenidos los datos se pasará a analizar en profundidad la aplicabilidad de los parámetros. Para cada parámetro de cada herramienta o método se clasificarán los parámetros según su aplicabilidad: ADS, ADD, NIS, NID y N (tabla 1) y la estrategia relacionada.

Finalmente se calcula la aplicabilidad de las 11 herramientas y métodos de ecodiseño mediante el análisis de sus parámetros PEX. Para ello se ha establecido un ratio según el tipo de parámetro PEX (tabla 2).

Tabla 2: Ratios de aplicabilidad de los parámetros PEX considerados

	APLICABILIDAD DEL PARÁMETRO	
	Necesita interpretación (el parámetro)	
Desarrollo conceptual (concepto)	No	Sí
Si	ADS (100,00%)	NID (50,00%)
Depende	ADD (50,00%)	NIS (25,00%)
No	N (0,00%)	

Por tanto, para calcular la aplicabilidad de cada herramienta o método (APL) se contabilizarán el número de parámetros de cada tipo (ADS/ADD/NID/NIS/N) y se calculará el porcentaje de aplicación teniendo en cuenta el número de parámetros totales y aplicando el ratio establecido según la ecuación (1).

$$APL = ((ADS*1 + NID*0.5 + ADD*0.5 + NIS*0.25 + N*0) / n^{\circ} PEX \text{ totales}) * 100 \quad (1)$$

Una vez calculada la aplicabilidad (APL) para cada una de las herramientas o métodos se clasificará en una escala de 4 rangos tal y como se indica en la tabla 3. En este caso cuanto mayor sea el número de parámetros que contiene la herramienta o método y mayor sea la aplicabilidad de la misma mejor valorada estará.

3.4. Comparativa de las 11 herramientas y métodos mediante matrices de doble entrada

Por último, y para permitir clasificar las herramientas y métodos analizados y compararlos entre ellos se generarán dos matrices de doble entrada. Los criterios de las matrices son los siguientes:

- La primera matriz de clasificación (tabla 3) utiliza el número de parámetros PEX como dato de entrada para la fila. Éste parámetro queda dividido en 4 niveles, siendo el 1 el peor (menor cantidad de parámetros PEX) y el 4 el mejor. Los niveles quedan definidos de la siguiente manera: nivel 1 si tiene hasta un 25% de parámetros PEX, nivel 2 si tiene más de un 25% y hasta el 50%, nivel 3 si va entre el 50 y el 75% y nivel 4 si tiene más de un 75% de PEX. Las columnas de esta matriz se corresponden con la cantidad de categorías de alargar el tiempo de vida a las que pertenecen los parámetros PEX. Como los parámetros se han clasificado en las 6 categorías de Mesa et al. (2018) la matriz se ha dividido en 6 columnas. Así, si la herramienta o método tiene más variedad de estrategias de alargar la vida, tendrá más puntuación. La puntuación de cada celda es el producto entre el valor de la fila y el de la columna, siendo 1 el mínimo valor y 24 el máximo.

Tabla 3: Matriz de doble entrada 1 (núm. parámetros frente variedad estrategias)

			Variedad estrategias					
			6 tipos	5 tipos	4 tipos	3 tipos	2 tipos	1 tipos
			6	5	4	3	2	1
Nº de parámetros PEX	[1,a]	1	6	5	4	3	2	1
	[a,b]	2	12	10	8	6	4	2
	[b,c]	3	18	15	12	9	6	3
	[c,n]	4	24	20	16	12	8	4

- La segunda matriz de clasificación (tabla 4) utiliza de nuevo el número de parámetros PEX en las filas. Las columnas se corresponden con el nivel de aplicabilidad obtenido de aplicar la ecuación (1) que se divide en 4 niveles, siendo el nivel 1, entre un 0 y 25% de aplicabilidad, el peor y; el nivel 4, entre un 75% y un 100% de aplicabilidad, el mejor. La puntuación de cada celda varía en esta matriz entre 1 y 24.

Tabla 4: Matriz de doble entrada 2 (núm. parámetros frente aplicabilidad de la herramienta)

			Aplicabilidad de la herramienta o método			
			[100 - 75%]	[75 - 50%]	[50 - 25%]	[25 - 0%]
			4	3	2	1
Nº de parámetros PEX	[1,a]	1	4	3	2	1
	[a,b]	2	8	6	4	2
	[b,c]	3	12	9	6	3
	[c,n]	4	16	12	8	4

4. Resultados y Discusión

4.1 Análisis de los parámetros que consideran la extensión de la vida de uso en las 11 herramientas y métodos

La tabla 5 muestra los resultados del análisis descrito en los tres primeros apartados de la metodología. Como indican los resultados la cantidad de parámetros PEX frente a los PT que contiene cualquier herramienta o método es bastante menor.

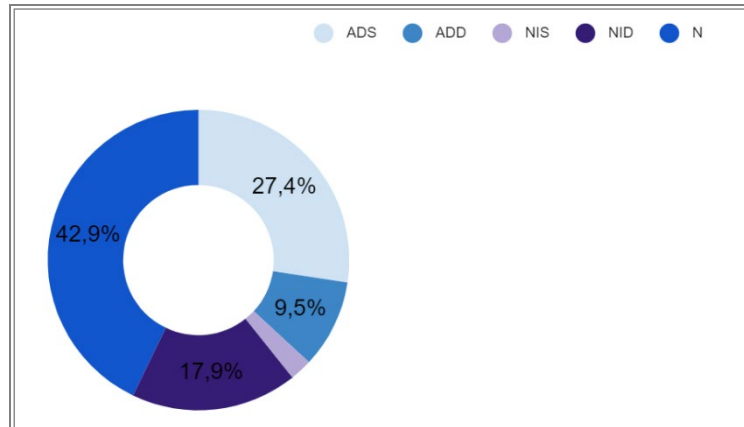
Tabla 5: Resultados del análisis de los parámetros PEX

HERRAMIENTAS QUE CONSIDERAN LA EXTENSIÓN DE LA VIDA DE USO Y PERMITEN VALORAR CONCEPTOS	Autores y referencias	Nº de parámetros totales que analiza (PT)	Nº de Parámetros extensión vida uso (PEX)	Estrategias consideradas por los parámetros (PEX) según Mesa et al. (2018)										Nº de parámetros (PEX) clasificados según su aplicación:				
				E1	E2	E3	E4	E5	E6	Nº de parámetros (PEX) que consideran:		Aplicación directa (AD)		Necesita interpretación (NI)		No se tiene en cuenta en el desarrollo conceptual (N)		
				2 estrategias	3 estrategias	A cualquier concepto (ADS)	Depende del grado de definición del concepto (ADD)	Es aplicable a nivel conceptual (NIS)	Depende del grado de definición del concepto (NID)									
Circular economy toolkit	Evans & Bocken (2014)	31	8	0	2	6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	4	
Spidermap	van der Berg & Bakker (2015)	20	3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	
CE Designer	https://www.katche.eu/knowledge-platform/tools-and-training-materials/katch_e-tools/ce-designer/	68	14	3	3	2	4	0	4	2	0	5	3	0	0	0	6	
LIDS Wheel	Brezet & van Hemel (1997)	33	5	2	1	1	1	0	0	0	0	3	0	0	1	1		
Econcept Spiderweb	Tischner et al. (2000)	8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Ten Golden Rules	Lutrop & Lagerstedt (2006)	16	6	0	2	3	3	0	1	3	0	0	1	0	1	4		
Ecodesign Pilot	Wimmer & Zust (2003). http://pilot.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ESPAÑOL/INDEX.HTM	216	23	3	8	10	2	0	0	0	0	6	1	0	2	14		
Fast Five Philips Awareness	Meinders (1997) Byggeth & Hochschorner (2006)	10	3	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1		
Ecodesign Checklist	Tischner et al. (2000)	38	6	1	1	3	1	0	0	0	0	2	0	0	2	2		
Circular Design Tool	Moreno et al. (2017)	46	11	4	2	2	2	0	1	0	0	5	1	1	2	2		
DFE Matrix	Johnson & Gay (1995)	52	4	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	3	1		
TOTALES		538	84	14	21	31	15	0	9	6	0	31		17		36		
												23	8	2	15			

Al analizar en los PEX las estrategias que consideran alargar la vida de uso, los resultados muestran que existen algunas poco consideradas (E6) o incluso inexistentes (E5). Respecto a la aplicabilidad de los resultados se han estimado también los porcentajes de cada tipo analizado en base a los resultados de la tabla 5 (figura 1). Un 42.9% (36 parámetros) son del tipo N por lo que casi la mitad de los PEX analizados no son aplicables a conceptos. De los 84 parámetros PEX, 15 son del tipo NID y suponen un 17,9% del total. Esto muestra que también existe un número de parámetros que, aunque la información que solicitan está contenida en el concepto son difíciles de interpretar. Reseñar también que el porcentaje de

PEX del tipo ADS es del 27,4% (23 de los 84 parámetros analizados) por lo que muestra que es una cantidad bastante baja y que debería aumentarse.

Figura 1: Porcentaje de parámetros según su aplicación



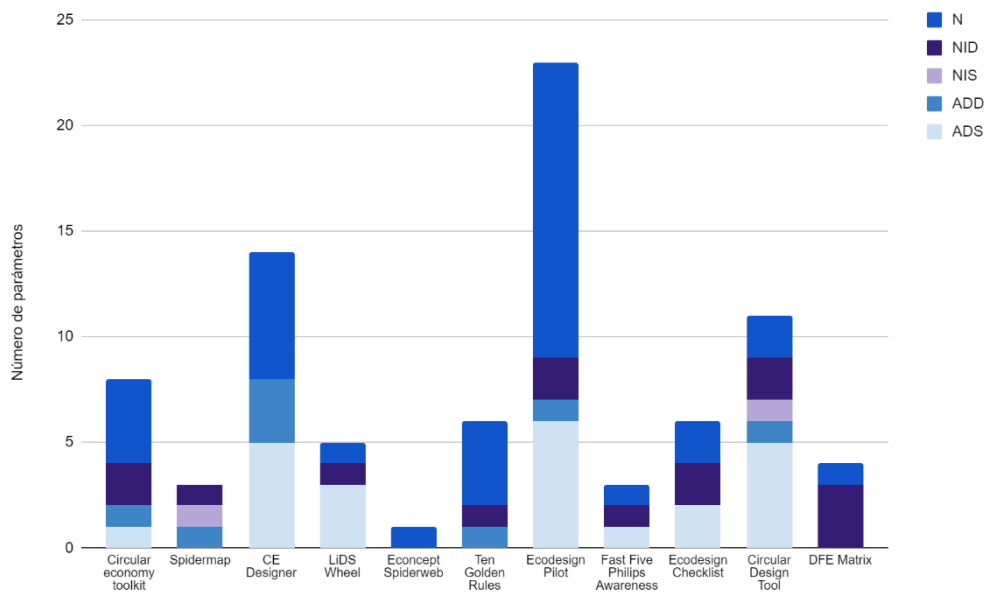
La tabla 6 muestra los parámetros que consideran alargar el tiempo de uso junto con su clasificación de aplicabilidad. La figura 2 muestra la cantidad de parámetros PEX clasificados según su aplicabilidad que contienen cada herramienta o método. La herramienta Ecodesign Pilot es la que tiene mayor número de PEX (23) seguida de CE Designer (14) y Circular Design Tool (11). Econcept Spiderweb (1), Spidermap (3) y Fast Five Philips Awareness (3) son las 3 herramientas que menos parámetros tienen. En cuanto a la cantidad de PEX tipo ADS, el gráfico muestra que las herramientas que mayor número contienen son Ecodesign Pilot (6) y CE Designer y Circular Design Tool con 5. Existen herramientas como Spidermap, Econcept Spiderweb, Ten Golden Rules o DFE Matrix que contienen un número muy bajo de parámetros PEX y además, ninguno es del tipo ADS.

Tabla 6: Análisis de los parámetros PEX según aplicabilidad

Herramienta	Estrategia	Parámetros PEX	
Circular economy toolkit	E3	Funcionamiento sencillo, fácil de entender	ADS
	E3	Fácil acceso al funcionamiento interno	ADD
	E3	Servicio de mantenimiento/repación adecuado que ya se ofrece (podría incluir la reparación, la revisión, las piezas de repuesto, el diagnóstico, la asistencia técnica, la instalación y la garantía)	NID
	E3	Los componentes, conectores, módulos o cables están normalizados	NID
	E2	Los fallos de los productos son frecuentes	N
	E2	El producto tiene una vida útil muy larga	N
	E3	El coste de la reparación es pequeño en comparación con el coste del producto	N
	E3	Fácil de encontrar el fallo	N
Spidermap	E6	Desmontaje (rápido/fácil/uso limitado y diversidad de elementos de fijación y herramientas/difícil)	ADD
	E4	A prueba de futuro (diseño atemporal/adaptable/durable/adaptado a las necesidades)	NIS
	E3	Mantenimiento (pronóstico de vida útil/repación y actualización/limpieza fácil/dificultad de mantenim.)	NID
CE Designer	E1	Fuerte relación producto-usuario	ADS
	E1	Diseño atemporal y personalizado	ADS
	E1	Facilidad de uso. El diseño de productos sencillos de utilizar favorece su buen uso y, contribuye a prolongar su vida útil.	ADS
	E4	Uso de soluciones modulares	ADS
	E3 E4	Arquitectura de product simplificada	ADS
	E4	Mejora estética y/o técnica	ADD
	E6	Facilitar el acceso y la detección de elementos de conexión	ADD
	E6	Minimizar los elementos de conexión	ADD
	E2	Materiales y componentes duraderos y resistentes al desgaste	N
	E2	Fiabilidad	N
	E3 E4	Fácil sustitución de componentes	N
	E2	Materiales y componentes duraderos y resistentes al desgaste	N
	E6	Elección de las herramientas necesarias para el desmontaje y el montaje	N
	E6	Elementos de conexión estándar	N
LIDS Wheel	E4	Estructura modular del producto	ADS
	E1	Diseño clásico	ADS
	E1	Usuario que cuida el producto	ADS
	E3	Fácil de mantener y reparar	NID

	E2	Fiabilidad y durabilidad	N
Econcept Spiderweb	E2	Longevidad (mayor vida útil)	N
Ten Golden Rules	E3 E4	REGLA 5. Promueva la reparación y la actualización, especialmente de los productos que dependen del sistema. (por ejemplo, teléfonos móviles, ordenadores y reproductores de CD).	ADD
	E3 E4	REGLA 8. Organizar previamente la actualización, la reparación y el reciclaje mediante la capacidad de acceso, el etiquetado, los módulos, los puntos de ruptura	NID
	E2	REGLA 3. Utilizar características estructurales y materiales de alta calidad para minimizar el peso en los productos si tales opciones no interfieren con la flexibilidad necesaria, la resistencia al impacto u otras prioridades funcionales.	N
	E2	REGLA 7. Invertir en mejores materiales, tratamientos superficiales o disposiciones estructurales para proteger los productos de la suciedad, la corrosión y el desgaste, garantizando así un menor mantenimiento y una mayor vida útil del producto.	N
	E3 E4	REGLA 9. Promover la mejora, la reparación y el reciclaje utilizando pocos materiales, simples, reciclados, no mezclados y sin aleaciones.	N
	E6	E6. REGLA 10. Utilizar el menor número posible de elementos de unión y emplear tornillos, adhesivos, soldaduras, ajustes a presión, bloqueos geométricos, etc. en función del escenario del ciclo de vida.	N
	Ecodesign Pilot	E1	Producto de diseño para un fácil manejo
E4		Diseñar el producto para que se adapte de forma óptima a los distintos usuarios	ADS
E4		Diseñar el producto para su posible actualización	ADS
E1		Realice un diseño de producto atemporal	ADS
E1		Garantizar una alta valoración del producto	ADS
E3		Estandarizar los componentes y/o utilizar componentes estructurales idénticos para las diferentes variantes del producto	ADS
E3		Garantizar un fácil acceso a los componentes para su reparación y sustitución	ADD
E3		Diseñar el producto para facilitar su limpieza y/o minimizar la susceptibilidad a la suciedad	NID
E3		Garantizar una estructura autoexplicativa o proporcionar instrucciones para la reparación en el producto	NID
E2		Garantizar una alta fiabilidad del producto	N
E2		Garantizar una alta calidad funcional del producto y minimizar la influencia de posibles perturbaciones	N
E2		Diseñar el producto para su ajuste y adaptación en la fase de uso	N
E3		Concentrar el desgaste en los componentes reemplazables del producto	N
E3		Hacer que los signos de desgaste sean fácilmente visibles	N
E3		Indicar los intervalos de mantenimiento del producto	N
E3		Garantizar el mantenimiento con herramientas estándar	N
E2		Producto diseñado para una larga vida útil	N
E2		Realizar un diseño de producto robusto	N
E2		Garantizar que las superficies sean fáciles de usar	N
E2		Garantizar la resistencia a la corrosión	N
E2	Armonizar la vida útil de los componentes individuales	N	
E3	Garantizar la disponibilidad de piezas de repuesto	N	
E3	Garantizar la reelaboración de los componentes desgastados	N	
Fast Five Philips Awareness	E1	Fomentar el uso prolongado	ADS
	E3	Reparabilidad	NID
	E2	Durabilidad	N
Ecodesign Checklist	E4	Combinabilidad, adaptabilidad	ADS
	E1	Producto fácilmente comprensible para los usuarios	ADS
	E3	Reparabilidad, mantenibilidad	NID
	E3	Repelente de la suciedad, fácil de limpiar	NID
	E3	¿Ofertas de servicio preparadas?	N
	E2	Robustez, fiabilidad, no susceptible de desgaste	N
Circular Design Tool	E4	Estandarizar las piezas para que sean compatibles (modularidad)	ADS
	E4	Permitir la actualización y la flexibilidad para adaptarse	ADS
	E1	Adaptación a los deseos y necesidades de cada persona	ADS
	E1	Desarrollar el apego/la lealtad (experiencia, diseño significativo)	ADS
	E1	Basado en tendencias duraderas, nada de moda efímera (estética atemporal)	ADS
	E6	Facilidad de montaje/desmontaje	ADD
	E1	Aplicar los principios del poka-yoke para facilitar su uso	NIS
	E2	Garantizar la fiabilidad (calidad)	NID
	E3	Fomentar el mantenimiento (reparación/rehabilitación)	NID
	E3	Garantizar la disponibilidad de piezas de repuesto	N
E2	Aumentar la durabilidad (evitar la obsolescencia incorporada)	N	
DFE Matrix	E6	¿El producto o componente es fácilmente desmontable para su actualización?	NID
	E6	¿Se utilizan broches de presión, tuercas, tornillos del mismo tipo de cabeza u otros elementos de fijación extraíbles y se evitan los adhesivos o las soldaduras para unir las piezas a fin de facilitar su desmontaje, reparación, reutilización o reciclaje?	NID
	E3 E4	¿Este producto está diseñado para ser reparado y/o actualizado fácilmente en lugar de ser sustituido por completo?	NID
	E3	¿Hay piezas disponibles para la reparación de este producto o componente?	N

Figura 2: Cantidad de parámetros PEX según aplicabilidad por herramienta o método



4.2 Resultados de la comparativa de las 11 herramientas y métodos mediante matrices de doble entrada

Una vez que se conoce el número máximo de parámetros PEX considerados por alguna herramienta o método se pasa a definir los rangos de la matriz 1 (tabla 7). Por tanto y según los valores obtenidos en la tabla 5 se obtiene la valoración de cada herramienta y método para posteriormente situarse en la posición correspondiente en la tabla de resultados (tabla 7). Los resultados muestran que Ecodesign Pilot es la herramienta que tiene mayor número de parámetros, pero con poca variedad de estrategias mientras que Circular Design Tool y CE Designer presentan un poco más de variedad, pero con un número más pequeño de PEX. El resto de herramientas y métodos se sitúan en zonas con un número de parámetros bajo por lo que no serían muy útiles para valorar conceptos.

Tabla 7: Clasificación de las 11 herramientas y métodos según criterios matriz 1

		Variedad estrategias					
		6 tipos	5 tipos	4 tipos	3 tipos	2 tipos	1 tipo
		6	5	4	3	2	1
Número de parámetros	[1, 6]	1		LIDS Wheel Ten Golden Rules Ecodesign Checklist	Spidermap Fast Five Philips Awareness DFE Matrix		Econcept Spiderweb
	[7, 12]	2	Circular design tool			Circular Economy toolkit	
	[13, 18]	3	CE Designer				
	[19, 24]	4		Ecodesign PILOT			

La matriz 2 (tabla 8) se basa en los criterios siguientes, número de parámetros según los rangos definidos en la matriz 1 y en diferentes rangos de aplicabilidad. Para ello se ha calculado el porcentaje para cada una de las herramientas según la ecuación (1) y se han

situado en el rango correspondiente. En este caso Econcept Spiderweb, Ten Golden Rules y DFE Matrix son descartadas por su poca aplicabilidad y bajo número de parámetros PEX. Circular Design Tool sería la herramienta con menos parámetros (entre 7 y 12) pero con mayor aplicabilidad (75-25%) mientras que CE Designer y Ecodesign Pilot tienen la misma aplicabilidad (50-25%), más baja que la anterior, pero con mayor número de parámetros. En general los resultados no son muy positivos teniendo la mayoría de las herramientas y métodos baja aplicabilidad y un número de parámetros PEX bajo.

Tabla 8: Clasificación de las 11 herramientas y métodos según criterios matriz 2

			Aplicabilidad			
			[100 - 75%]	[75 - 50%]	[50 - 25%]	[25 - 0%]
			4	3	2	1
Número de parámetros	[1, 6]	1		LIDS Wheel	Spidermap Fast Five Phillips Awareness Ecodesign Checklist	Econcept Spiderweb Ten Golden Rules DFE Matrix
	[7, 12]	2		Circular Design tool	Circular economy toolkit	
	[13, 18]	3			CE Designer	
	[19, 24]	4			Ecodesign PILOT	

5. Conclusiones

El trabajo realizado pretende ayudar a los diseñadores a seleccionar entre 11 herramientas o métodos que consideran la extensión de la vida de uso y son aplicables a nivel conceptual aquellas que tengan mayor número de parámetros, cubran mayor variedad de estrategias de diseño para la extensión de la vida de uso y sean más aplicables. Pretende ser el inicio de un análisis profundo de la aplicación de este tipo de herramientas y métodos de diseño y plantea unos criterios de clasificación y valoración que permitirían medir la forma en que se utilizan las herramientas y métodos y así establecer comparativas y posibles mejoras.

Los resultados muestran que un 43% de los parámetros PEX analizados (84 en total) no son aplicables a nivel conceptual y que un 18% necesitan interpretación. Aun así, un 27,4% de los parámetros tienen aplicación directa. Además, que las herramientas que mayor número de parámetros PEX tipo ADS son Ecodesign Pilot (6) y CE Designer y Circular Design Tool con 5.

En cuanto al número de parámetros y variedad de las estrategias cabe destacar que Ecodesign Pilot es la herramienta que tiene mayor número de parámetros, pero con poca variedad de estrategias mientras que Circular Design Tool y CE Designer presentan un poco más de variedad, pero con un número más pequeño de PEX. El resto de herramientas y métodos se sitúan en zonas con un número de parámetros bajo por lo que no serían muy útiles para valorar conceptos.

En cuanto a la aplicabilidad Circular Design Tool sería la herramienta con menos parámetros (entre 7 y 12) pero con mayor aplicabilidad (75-25%) mientras que CE Designer y Ecodesign Pilot tienen la misma aplicabilidad (50-25%), más baja que la anterior, pero con mayor número

de parámetros. En general los resultados no son muy positivos teniendo la mayoría de las herramientas y métodos baja aplicabilidad y un número de parámetros PEX bajo.

Este estudio apoya la necesidad de elaborar una herramienta que evalúe la extensión de la vida de uso en conceptos que tenga un número adecuado de parámetros, que contemple todas las estrategias de diseño y que sea fácilmente aplicable, es decir, que sus parámetros sean claros y que la información que solicite se encuentre en un concepto básico.

Referencias

- Bhamra, T., & Lofthouse, V. (2007). *Design for sustainability: a practical approach*. Gower Publishing, Ltd.
- Bocken, N., & Evans, J. (2013). *CE Toolkit*. Circular Economy Toolkit. Cambridge Institute for Manufacturing.
- Bocken, N. M.P., Allwood, J. M., Willey, A. R., & King, J. M. H. (2011). Development of an eco-ideation tool to identify stepwise greenhouse gas emissions reduction options for consumer goods. *Journal of Cleaner Production*, 19(12), 1279–1287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.04.009>
- Bocken, Nancy M.P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bovea, M. D., & Pérez-Belis, V. (2012). A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.012>
- Brezet, H., & van Hemel, C. (1997). *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. UNEP.
- CE Designer*. (2019). KATCH-e Project. <http://www.katche.eu>
- Charter, M., & Tischner, U. (2017). *Sustainable solutions: developing products and services for the future* (M. Charter & U. Tischner (Eds.)). Routledge.
- European Commission. (2015). *EU Action plan for the Circular Economy*.
- European Commission. (2017). *White Paper on the Future of Europe: Reflections and Scenarios for the EU27 by 2025*.
- Evans, J. L., & Bocken, N. M. P. (2014). A tool for manufacturers to find opportunity in the circular economy: www.circulareconomytoolkit.org. *KES Transactions on Sustainable Design and Manufacturing I*, 2011, 303–320.
- Fussler, C., & James, P. (1996). *Driving Eco-Innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability*. Pitman Publishing.
- González-García, S., García Lozano, R., Moreira, M. T., Gabarrell, X., Rieradevall i Pons, J., Feijoo, G., & Murphy, R. J. (2012). Eco-innovation of a wooden childhood furniture set: An example of environmental solutions in the wood sector. *Science of the Total Environment*, 426, 318–326. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.077>
- Johnson, E. F., & Gay, A. (1995). Practical, customer-oriented DFE methodology. *IEEE International Symposium on Electronics & the Environment*, 47–50. <https://doi.org/10.1109/isee.1995.514949>
- Knight, P., & Jenkins, J. O. (2009). Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of Cleaner Production*, 17(5), 549–558. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.10.002>
- Luttrupp, C., & Lagerstedt, J. (2006). EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, 14(15–16), 1396–1408. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.022>
- Meinders, H. (1997). Point of no return-Philips EcoDesign guidelines. *Philips Electronics, Eindhoven*.

- Moreno, M. A., Ponte, O., & Charnley, F. (2017). Taxonomy of design strategies for a circular design tool. *PLATE 2017 Conference Proceedings - 8-10 November, 2017, Delft, NL*, 275–279. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-820-4-275>
- Rossi, M., Germani, M., & Zamagni, A. (2016). Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies. *Journal of Cleaner Production*, 129, 361–373. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.051>
- Royo, M., Chulvi, V., Mulet, E., & Ruiz-Pastor, L. (2020). Análisis de la extensión de la vida de uso en las herramientas y métodos de ecodiseño. *24th International Congress on Project Management and Engineering*, 820–834. <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/191091>
- Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Chulvi, V., & Royo, M. (2019). Análisis de la aplicabilidad de métricas de medición de la circularidad en la fase de diseño conceptual de productos. In A. E. de D. e I. de P. (AEIPRO) (Ed.), *23rd International Congress on Project Management and Engineering*. <https://doi.org/9788409135578>
- Tischner, U., & Deutschland, U. (2000). *How to do EcoDesign?: a guide for environmentally and economically sound design*. Verlag form.
- Tukker, A., Eder, P., Charter, M., Haag, E., Vercauteren, A., & Wiedmann, T. (2001). Eco-design: The State of Implementation in Europe – Conclusions of a State of the Art Study for IPTS. *The Journal of Sustainable Product Design*, 1(3), 147–161. <https://doi.org/10.1023/A:1020564820675>
- Van der Berg, M. R., & Bakker, C. A. (2015). A product design framework for a circular economy. *Product Lifetimes And The Environment*. ISBN 978-0-9576009-9-7, 365–421.
- Wimmer, W. (1999). Environmental improvements of a citruspress using the ecodesign checklist method. *International Conference on Engineering Design ICED 99 Munich*, 24–26.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

