

03-037

METHODS AND TOOLS FOR THE GENERATION OF IDEAS THAT FOLLOW CIRCULAR CRITERIA IN THE EARLY STAGES OF THE PRODUCT DESIGN

Royo, Marta (1); Pérez-Belis, Victoria (2); Viñoles-Cebolla, Rosario (2); Bastante-Ceca, María José (2)

(1) Universitat Jaume I, (2) Universitat Politècnica de València - PRINS

The circular economy offers an alternative to the traditional linear economy based on the classic model of production. Currently, there is great pressure to achieve some sustainability goals in different areas. In reference to product design, main environmental and economic decisions affecting the whole life cycle of product are adopted during the conceptual design stage. There are many tools and methods that support the generation of ideas allowing the development of products with low environmental impact. This work shows a compilation and analysis of the tools and methods that consider product circular design and that can help in the creative phases, where the design proposals are still abstract or incomplete. The information analyzed will allow identifying the appropriate method according to the type of product, the circularity criteria to be integrated or the way of integrating them. On the other hand, it will allow identifying the aspects of improvement of the available methods in order to be able to develop a more complete tool, which could help designers in the generation of ideas for sustainable products under circularity criteria in an agile and effective way.

Keywords: Conceptual Design; Concept Creation; Tools and Methods; Circular Design.

MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA LA GENERACIÓN DE IDEAS SEGÚN CRITERIOS CIRCULARES EN LAS PRIMERAS FASES DEL DISEÑO DE PRODUCTOS

La Economía Circular ofrece una alternativa a la tradicional economía lineal basada en el modelo clásico de producción. Hoy en día existe una gran presión por alcanzar determinados objetivos de sostenibilidad en diferentes ámbitos. En lo que respecta al diseño de productos, es en la fase conceptual donde se adoptan las principales decisiones que afectarán posteriormente a los impactos ambientales y económicos de un producto durante todo su ciclo de vida. Existen multitud de herramientas y métodos que ayudan en la generación de ideas que permitan desarrollar productos de baja incidencia ambiental. Este trabajo muestra una recopilación y análisis de las herramientas y métodos que consideran la circularidad y que pueden ayudar en las fases creativas, donde las propuestas de diseño aún son abstractas o incompletas. La información analizada de cada uno de ellos permitirá identificar el método adecuado en función del tipo de producto, los criterios de circularidad a integrar o el modo de integrarlos. Por otro lado, permitirá identificar los aspectos de mejora de los métodos disponibles pudiendo así desarrollar una herramienta más completa, que de manera ágil y efectiva, ayude a los diseñadores en la generación de ideas de productos sostenibles bajo criterios de circularidad.

Palabras clave: Diseño Conceptual; Creación de conceptos; Herramientas y métodos; Diseño circular.

Correspondencia: Rosario Viñoles Cebolla, Correo: rovice@dpi.upv.es



©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La economía circular, modelo en el que los productos, componentes, materiales y energía se mantienen el mayor tiempo posible en el sistema (Ellen MacArthur Foundation, 2013), ha sido objeto de análisis de numerosas revisiones en los últimos años con el objetivo de analizar su evolución, integración y los diferentes ámbitos de aplicación de la circularidad, identificando además líneas futuras de actuación (Goyal, Chauhan y Mishra, 2021; Lahane, Prajapati y Kant, 2021; Luis y Celma, 2020).

En esta transición hacia el modelo circular, el diseño de productos resulta clave (den Hollander, Bakker y Hultink, 2017), dado que las decisiones referentes al tipo de material, el método de ensamblaje o la vida útil del mismo, influirán significativamente en la circularidad del producto y el impacto a lo largo de su ciclo de vida. En este sentido el Plan de Acción UE para la Economía Circular (COM 98, 2020) promueve aspectos de circularidad relacionados con la durabilidad, reparabilidad, reutilización y reciclabilidad del producto, entre otros. De acuerdo con Kulatunga et al. (2015) y Lewis y Gertsakis (2001) el 80 % del impacto ambiental de un producto se decide en las fases iniciales del diseño. Por ello, la inclusión de los aspectos relacionados con la circularidad en estas primeras fases del diseño resulta fundamental, ya que una vez definidas las especificaciones del producto, únicamente es posible realizar cambios menores en el mismo (Bocken et al., 2014). Estas decisiones adoptadas en las fases tempranas del diseño permitirán el desarrollo de productos alineados con principios de circularidad.

En las primeras fases del diseño de productos, se planifica y define el problema, abordando a continuación el diseño conceptual, en la que se identifica la función de este, se desarrollan diferentes conceptos alternativos, se determinan las especificaciones y se evalúan las diferentes propuestas. En esta fase, son numerosas las herramientas orientadas a estimular el pensamiento creativo, así como a facilitar la resolución de desafíos que se plantean a diseñadores, destacando recientemente la utilización de cartas o tarjetas (Roy y Warren, 2019). Una vez finalizado el diseño preliminar, se define la propuesta final durante el diseño de detalle, en la que se identifican los requisitos para la fabricación y el mantenimiento, y se desarrolla la documentación y la comunicación. En esta fase de diseño, la etapa conceptual resulta crucial, ya que es en la definición del producto donde la creatividad y la integración de estos aspectos permitirá el desarrollo posterior de productos alineados con los principios de circularidad.

Para que esta integración de principios de circularidad sea efectiva, se requiere del conocimiento de prácticas, métodos y herramientas que permitan a los diseñadores incorporarlas en los productos (De Pauw et al., 2012). Con el objetivo de determinar las estrategias de diseño y los métodos requeridos para el diseño circular de productos, den Hollander, Bakker y Hultink (2017) establecen un punto de partida para el desarrollo de estas herramientas orientadas a integrar aspectos de circularidad en el diseño del producto, considerando las diferencias fundamentales entre conceptos como ecodiseño y diseño circular. Aguiar et al. (2022) analizan las estrategias de diseño circular utilizadas a lo largo de la literatura, así como los principales obstáculos frente a su adopción y su relación con las distintas fases del diseño en el proceso de desarrollo de nuevos productos. Shahbazi y Jönbrink (2020) presentan un conjunto de estrategias de diseño circular y analizan su adopción por parte de las empresas, identificando cuáles son las de mayor y menor integración en las primeras fases de diseño y desarrollo de productos. Albæk et al. (2020) desarrollan una herramienta de evaluación de la circularidad de conceptos, cuyo objetivo es el de identificar alternativas de diseño conceptuales con mayor potencial de circularidad en las primeras etapas de diseño y desarrollo de productos.

Se observa que existe un amplio interés y necesidad por identificar y desarrollar herramientas que permitan la integración o evaluación de aspectos de circularidad en las primeras fases de diseño. Esta comunicación presenta una revisión y análisis de las herramientas y métodos

que consideran la circularidad, con especial interés en aquellas que lo hacen en las primeras fases de diseño, potenciando la integración de principios circulares en la creación de conceptos, cuando se trata todavía de propuestas abstractas.

2. Metodología

La siguiente investigación documental presenta una búsqueda y análisis de herramientas y marcos de trabajo dividida en 3 fases.

En la fase 1, se ha llevado a cabo una búsqueda de trabajos científicos en Google Académico. Para la búsqueda se han combinado cuatro bloques de términos en inglés que acotan el objeto del presente trabajo. El primero de ellos hace referencia a las fases iniciales de diseño, requisito de la búsqueda. El segundo, al objetivo de la búsqueda, es decir, encontrar metodologías, herramientas o marcos de trabajo. El tercero y cuarto término marcarán las características que han de cumplir las herramientas y métodos a encontrar. No se ha aplicado ningún filtro para la búsqueda.

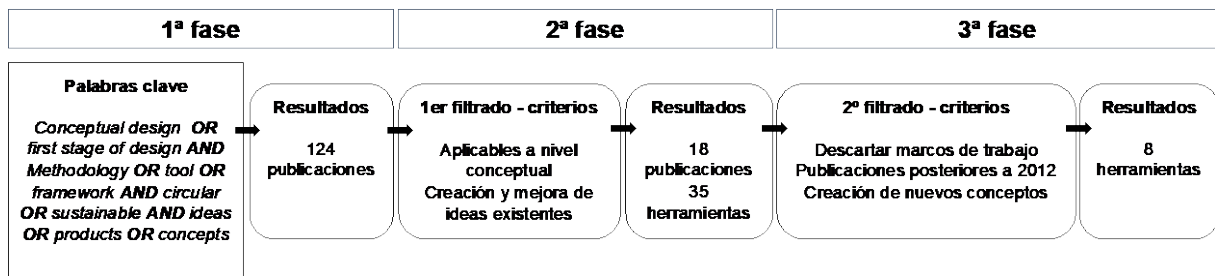
En la fase 2, se han revisado los documentos y se han seleccionado aquellos en los que se especifican herramientas y marcos de trabajo: aplicables a nivel conceptual, es decir, en las primeras fases del diseño; y que sirvan para la creación de nuevos conceptos e ideas o mejora de existentes. Posteriormente, se analizó su forma de aplicación y cómo consideran la circularidad. En este trabajo y durante esta fase se han seleccionado tanto herramientas que ayudarán a crear ideas sin necesidad de partir de una previa como otras que se basan en una idea previa y permiten mejorarla aplicando preguntas guiadas y evaluando la solución. Ambas serán analizadas, aunque únicamente se considerarán para la siguiente fase, aquellas que permitan crear sin necesidad de evaluar la solución obtenida para compararla con una nueva. Una vez analizada la información se descartaron los marcos de trabajo debido a que su aplicación depende de varias herramientas (algunas creativas y otras de evaluación) y en varias fases del diseño. Por otro lado, se seleccionaron aquellas herramientas que permitían crear ideas de productos circulares y que no parten de una idea previa; y las que consideran estrategias relacionadas con la circularidad. Por último, se seleccionaron aquellas publicaciones posteriores al 2012 (año en el que la Fundación Ellen MacArthur acuñó el término de economía circular).

Finalmente, en la fase 3, una vez seleccionadas las herramientas que permiten crear conceptos en las primeras fases de diseño, integrando aspectos de circularidad, se han analizado en detalle cada una de ellas con el fin de determinar el objetivo de estas y comprender su aplicación.

3. Resultados

Una vez aplicada la metodología y aplicando los criterios indicados, se obtienen los resultados que se muestran resumidos en la Figura 1.

Figura 1: Esquema de la metodología aplicada



3.1 Identificación de la literatura (fase 1)

La búsqueda en Google Académico ha sido realizada con la combinación de palabras clave en inglés que se muestran en la Tabla 1. Se han obtenido un total de 124 resultados.

Tabla 1. Palabras clave utilizadas en la búsqueda

1 ^{er} término	2 ^o término	3 ^{er} término	4 ^o término
<i>"Primeras fases del diseño"</i>	<i>"Encontrar metodologías, herramientas o marcos de trabajo"</i>		<i>"Características"</i>
Conceptual design	Methodology	Circular	Ideas
First stage of design	Tool	Sustainable	Products
	Framework		Concepts

3.2 Revisión de la literatura (fase 2)

Tras la revisión de los 124 documentos y teniendo en cuenta los criterios indicados en el apartado 2, se seleccionaron 18 referencias (un 14,5% de la búsqueda inicial), las cuales se estudiaron con mayor detenimiento y se ordenan por autores (Tabla 2).

El año de publicación oscila entre 2002-2021, siendo 13 de dichas publicaciones del periodo 2017-2021. En cuanto al tipo de documento, predominan las publicaciones de revistas científicas (11), seguidas de los libros (3), congresos (3) y tesis doctorales (1). Al analizar las publicaciones se han encontrado 11 marcos de trabajo y 25 herramientas. De las 35 herramientas encontradas, únicamente un 48,5% permiten crear nuevos conceptos, mientras que un 28,5% consideran la circularidad. El resto de las herramientas permiten evaluar o mejorar ideas ya existentes, por lo que no se consideran en este estudio. Predominan las

herramientas tipo "cartas" y tipo "preguntas guiadas", destacando las de tipo "cartas" a partir de 2017.

Tabla 2. Resumen de las fuentes bibliográficas seleccionadas en la fase 2

Fuente	Año	Tipo de documento	Nombre de la herramienta o marco de trabajo mencionado	Tipo		Objetivo		Soporte				
				Marco de trabajo/metodología	Herramienta	Crear	Evaluar/Mejorar ideas creadas	Cartas	Preguntas guiadas	Tablero-juego	Aplicación de diferentes herramientas	Incorporan criterios de circularidad
Abdalla et al.	2011	L	Eco-ASIT method	●			●		●			●
			Ecodesign Pilot		●		●		●			●
			Information/inspiration		●	●			●			
			Product Ideas Tree (PIT) Diagram		●	●					●	
			TRIZ (theory)	●		●					●	
Blomsma et al.	2019	A	Circular Economy Sustainability Screening	●			●		●			●
			Circular Strategies Scanner		●	●			●			●
			Guidelines for Circular Product Development	●			●		●			●
Bovea et al.	2012	A	ASIT		●	●					●	
			Information/inspiration		●	●			●			
			Product Ideas Tree (PIT) Diagram		●	●					●	
			TRIZ-Eco Guidelines		●		●		●			●
			TRIZ-Eco-MAL'IN		●	●					●	
			TRIZ-CBR	●		●					●	
			TRIZ-final ideas result		●	●	◎				●	
			TRIZ-LCP planner		●	●					●	
TRIZ-nine screen		●	●					●				
Brown et al.	2021	A	Card deck - Circular collaboration canvas tool	●	●	●	◎	●	●		●	
Camocho et al.	2020	L	Circularity Check (MVO)		●		●	●				●
			Circular Economy Toolkit		●		●		●			●
			KATCH-Up Board game		●	●		●		●		●
			KATCH_e CE Designer		●		●		●			●
Dokter	2021	T	Cards for Circularity (CfC)		●	●		●			●	
Dokter et al.	2020	A	Cards for Circularity (CfC)		●	●		●			●	
Hasling et al.	2018	A	Sustainable Design Cards		●	●		●				●
	2017	C			●	●		●				●
Kobayashi	2006	A	Life Cycle Planning (LCP) Methodology	●		●	●				●	●
Konietzko et al.	2020	A	Circularity Deck		●	●		●				●
Moreno et al.	2017	C	Circular design tool		●		●		●			●
Pighini et al.	2002	C	Design for Sustainable Products (DFSP)	●		●	●				●	●
Rexfelt et al.	2021	A	Circular Designs Evaluation Pack		●		●		●			●
			Circular Designs Ideation Pack		●	●		●				●
			Circular Journeys Exploration Pack		●	● ¹		●		●		●
			Multiple Use-Cycles Exploration Pack		●	●		●				●
			Use2Use Circularity from a user perspective	●								
Use2Use Thinking Activation Pack		●	● ²		●					●		
Sakao	2007	A	QFD-centred design methodology	●		●	●				●	●
van Stijn et al.	2020	L	CBC Generator (Cards for Circularity (CfC))	●		●	◎	●	●	●		●
	2019	A			●	●		●				●
Wu et al.	2021	A	ESD Toolbox		●	●		●				●

A Artículo revista
C Artículo congreso
L Libro
T Tesis Doctoral

◎¹ Procesos de consumo no productos
◎² Orientada a formación
◎ No se especifica cómo evalúan

3.3 Análisis de herramientas para la creación de ideas relacionadas con la circularidad (fase 3)

Una vez identificadas las herramientas y marcos relacionados con la integración de la circularidad en las primeras fases de diseño, se analizan de forma específica las herramientas centradas en crear o idear conceptos relacionados con la circularidad, dado que la revisión de la literatura ha permitido determinar que son reducidos estos estudios, a diferencia de los relacionados de forma específica con las herramientas centradas en la evaluación de la circularidad de diferentes conceptos (Albæk et al., 2020). Por ello, del total de 35 herramientas clasificadas anteriormente, se seleccionan únicamente aquellas que integran esta circularidad en la fase de ideación y que además consideran aspectos de circularidad, resultando un total de 8 herramientas. Estas herramientas se resumen en la Tabla 3 y se describen brevemente a continuación, determinando su objetivo, su formato, su modo de utilización y otros aspectos a considerar.

- **Cards for Circularity (CfC)** (van Stijn y Gruis, 2020): Conjunto de tarjetas en las que se muestran estrategias de diseño circular y un parámetro de diseño específico. Los parámetros de diseño se relacionan con las decisiones que deben adoptar los diseñadores en relación con la circularidad del producto. Se distinguen tres colores de tarjetas, diferenciando el modelo técnico (diseño físico de un producto), el modelo industrial (cadena de suministro) y el modelo de negocio (marketing y finanzas). La herramienta se puede utilizar en diferentes contextos y fases del proceso de diseño, desde la ideación hasta conceptualización.
- **Circularity Deck** (Konietzko, Bocken y Hultink, 2020): Conjunto de cartas que permite ayudar a las empresas a analizar, idear y desarrollar la circularidad de sus ecosistemas de innovación. Las cartas recogen los principios de circularidad relacionados con la innovación, así como ejemplos prácticos de cómo aplicar este tipo de principios. Estos principios se organizan de acuerdo con el resultado que se pretende obtener tras la aplicación de la estrategia circular y el alcance de la misma (innovación de producto, de modelo de negocio o de ecosistema). Su utilidad y facilidad de uso se comprueba a través de la realización de 12 talleres, con 136 participantes de 62 organizaciones diferentes.
- **Circular Designs Ideation Pack** (use2use, 2019): Conjunto de 38 tarjetas de diseño con las que trabajar mediante preguntas de activación, ejemplos de diseño inspiradores en los que basar el debate y actividades de apoyo en la creación de nuevas ideas circulares. Se centra de forma específica en cuatro estrategias de diseño: diseño orientado a la extensión de vida útil, diseño para ciclos de uso múltiple, diseño para el intercambio y diseño para el emparejamiento circular. Cada tarjeta presenta una breve introducción que describe los retos de diseño característicos, familiarizando al usuario con el tipo de problema a abordar con esa estrategia específica. Esta herramienta puede ser empleada por cualquier persona involucrada en el proceso de ideación de un producto.
- **Circular Strategies Scanner** (CIRCit Norden, 2022): Herramienta que presenta una taxonomía de estrategias circulares desarrolladas para su uso por empresas relacionadas con la innovación y la economía circular, dirigido especialmente a las primeras fases de la innovación. Se validó mediante la realización de talleres en empresas relacionadas con la maquinaria pesada, electrónica y el sector del mueble, con el objetivo de determinar qué estrategias podrían añadirse, así como mejorar la propia herramienta. La herramienta sirve para diagnosticar el estado actual de la empresa, las iniciativas circulares adoptadas o las capacidades actuales, así como posibles oportunidades de mejora relacionadas con la circularidad, determinando cuáles podrían ampliarse o aplicarse si todavía no se han aplicado en la empresa.
- **Emotionally Sustainable Design tool box (ESD tool box)** (Wu et al. 2021): Conjunto de tarjetas relacionadas con el diseño emocionalmente sostenible de productos, entendiendo

este como las consideraciones de diseño que permiten a los usuarios desarrollar un vínculo emocional con un producto, motivándolos a seguir usándolo, extendiendo así su ciclo de vida y minimizando la necesidad de adquirir productos nuevos. Las cartas o tarjetas se desarrollaron en base a siete temas principales y 20 principios sostenibles bajo los tres niveles de diseño emocional (visceral, conductual y reflexivo). Su usabilidad ha sido validada mediante un caso práctico sobre el diseño de una tetera. Los resultados demostraron que la utilización de las cartas permite el desarrollo de productos sostenibles alineados con estos principios emocionales.

- **KATCH-UP Board Game** (KATCH-e knowledge platform, 2022): Se trata de un juego de tablero con cartas fruto del proyecto KATCH-e (Camocho, Vicente y Ferreira 2019), las cuales están relacionadas con retos específicos o bien con estrategias de circularidad específicas. El objetivo de este juego es estimular a los usuarios a generar ideas válidas a partir de un desafío o reto empresarial planteado, aplicando estrategias de diseño circular y de negocio circular. El juego sirve de guía para conocer las características específicas de un producto-servicio innovador o para resolver un problema empresarial real y generar oportunidades. Esta herramienta se puede aplicar en diferentes situaciones: empresa, academia y talleres. Si el tablero se utiliza en las empresas, se pueden aplicar a casos reales, es decir, a una categoría específica de producto-servicio y para resolver desafíos específicos de la empresa. Si se desarrolla en aulas o talleres, el juego ofrece contextos hipotéticos para analizar y trabajar.
- **Multiple Use-Cycles Exploration Pack** (use2use, 2019): Consiste en un conjunto de cartas de empatía mediante las que identificar retos de diseño de especial importancia relacionado con los productos que serán utilizados secuencialmente por diferentes usuarios. El conjunto incluye 14 tarjetas de empatía, cada una de las cuales subraya un aspecto importante a considerar en el diseño para usos múltiples (limpieza, apego emocional, información sobre el producto, etc.). Se debe elegir el producto y el escenario previamente a la sesión en la que se utilizarán las cartas.
- **Sustainable Design Cards** (sustainable design cards, 2018): Las tarjetas o cartas de diseño sostenible son una herramienta práctica para diseñadores y educadores en diseño orientado hacia la circularidad. Se dispone de un total de 28 cartas físicas, además de una plataforma digital de apoyo en la que se encuentra información sobre su utilización. Las tarjetas muestran diferentes estrategias de diseño sostenible, como la “personalización”, “materiales respetuosos con el medio ambiente”, “etiquetado”, “multifunción” y “comprensión del usuario”, entre otros. Por un lado, se muestra visualmente la información mediante símbolos, mientras que por el otro se muestra la información detallada de la estrategia en cuestión.

Una vez descritas cada una de las herramientas, se han revisado los aspectos específicos de circularidad que integran cada una de ellas, tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterios de circularidad considerados en las herramientas seleccionadas

Fase	Criterio circularidad	Herramientas							
		Cards for Circularity (CfC)	Circularity Deck	Circular Designs Ideation Pack	Circular Strategies Scanner	ESD Toolbox	KATCH-Up Board game	Multiple Use-Cycles Exploration Pack	Sustainable Design Cards
Materias primas y Fabricación	Tipo y cantidad de material (fabricación)	●	●		●		●	●	●
	Cantidad de elementos o recursos/ ciclos de vida	●	●	●	●		●		
	Cadena de suministros ética/honestidad								●
Uso	Reducir el material y la energía (uso)	●	●		●				
	Diseño para informar, virtualizar, nuevas tecnologías		●						●
Alargar vida útil	Tiempo de vida	●		●			●		
	Prolongar el uso de los productos						●	●	
	Prolongar el uso de los productos mediante los servicios						●		●
	Fiabilidad y durabilidad	●	●					●	●
	Estandarización y compatibilidad	●							
	Fácil mantenimiento y reparación	●	●		●	●			●
	Actualización y adaptabilidad	●	●		●	●		●	●
	Diseño para el intercambio			●	●	●			●
	Diseño para generar conexiones			●		●			●
	Múltiples funciones		●						●
	Apego	●	●			●		●	●
Empatía							●		
Fin de vida	Ensamblaje y desensamblaje	●	●						●
	Biodegradabilidad y reciclabilidad	●	●				●		●
	Diseño para la reutilización				●		●	●	●
	Diseño para la refabricación				●		●		
Creatividad	Reinventar/ repensar y reconfigurar				●				
	Aplicación de técnicas creativas						●		●

Se observa que Sustainable Design Cards es una de las herramientas más completas en términos de inclusión de diferentes estrategias de diseño circular, mientras que herramientas como ESD toolbox o Multiple Use-Cycles Exploration Pack, se centran de forma específica en estrategias circulares relacionadas con el aspecto del apego y empatía. Por otro lado, las características que más se repiten en las herramientas son la consideración del tipo y cantidad de material de fabricación junto a la cantidad de elementos o recursos empleados y la actualización y adaptabilidad.

De las 8 herramientas que permiten obtener nuevos conceptos, únicamente 2 consideran otras modalidades de aplicación como el tablero o preguntas guiadas, el resto utilizan las cartas para ayudar en la ideación.

4. Discusión y conclusiones

No existen estudios que analicen en detalle herramientas de inclusión de la circularidad en la ideación de conceptos, pero sí los hay relacionadas con las herramientas de evaluación de las soluciones (Vallet et al., 2013; Tyl et al. 2014; Rousseaux et al., 2017; Saidani et al., 2017) e incluso otras se basan en la opinión de los diseñadores respecto a su aplicación (Rexfelt y

Selfors, 2021). Se observa también que existe una tendencia en la utilización de tarjetas o cartas en las fases de ideación, ya que de acuerdo con Roy y Warren (2019) las cartas son un medio físico fácil de manipular que permiten la comunicación interactiva, favorecen la discusión y el debate y la comprensión compartida. Sin embargo, otras utilizan tableros de juego, como KATCH-e UP boarding game aunque dirigidas más hacia su utilización en talleres y docencia. KATCH-e UP boarding game junto a Sustainable Design Cards son las únicas que potencian la creatividad incluyendo cartas específicas de este tema.

Una vez finalizado el estudio, se considera que una herramienta adecuada para aplicarse en la fase conceptual y que considere aspectos de circularidad debería ser fácil de utilizar, bien con instrucciones claras y sencillas, colores identificativos y gráficos claros, así como con preguntas concretas simples e intuitivas. Además, debería incluir el mayor número de estrategias de circularidad en su aplicación, tanto de producto como de servicio y potenciar la creatividad en cada una de las soluciones.

Como trabajo futuro, resultaría interesante, organizar un experimento en el que diferentes grupos de trabajo (formado por diferentes perfiles), utilizando diferentes herramientas para la obtención de ideas de productos circulares, obtuvieran soluciones y así poder valorar qué herramienta obtiene mayor cantidad de ideas, evaluando además su creatividad y circularidad. Otra cuestión a mejorar sería la manera de potenciar la creatividad mediante las cartas, usando técnicas creativas que o bien formen parte del juego o se consideren de manera externa. Finalmente, el propio diseño de las cartas podría ser analizado, desarrollando modelos que faciliten su aplicación y potencien las estrategias de circularidad.

Referencias

- Abdalla, H.S. & Ebeid, M.A. (2011). A Holistic Approach for Sustainable Product Design. En A. Bernard (Ed.), *Global Product Development*, (pp. 329-338). Berlín: Springer-Verlag. DOI 10.1007/978-3-642-15973-2_32
- Aguiar, M.F., Mesa, J.A., Jugend, D., Pinheiro, M.A.P. and Fiorini, P.D.C. (2022). Circular product design: strategies, challenges and relationships with new product development. *Management of Environmental Quality* 33, no. 2, pp. 300-329. DOI: 10.1108/MEQ-06-2021-0125
- Albæk, J.K., Shahbazi, S., McAloone, T.C. & Pigosso, D.C.A. (2020). Circularity Evaluation of Alternative Concepts During Early Product Design and Development. *Sustainability* 12, 9353. DOI: 10.3390/su12229353
- Blomsma, F., Pieroni, M., Kravchenko, M., Pigosso, D.C.A., Hildenbrand, J., Kristinsdottir, A.R., Kristoffersen, E., Shahbazi, S., Nielsen, K.D., Jönbrink, A.K., Li, J., Wiik, C. & McAloone, T.C. (2019). Developing a circular strategies framework for manufacturing companies to support circular economy-oriented innovation. *Journal of Cleaner Production* 241, 118271. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118271
- Bocken, N.M.P., Farracho, M., Bosworth, R. & Kemp, R. (2014). The front-end of eco-innovation for eco-innovative small and medium sized companies. *Journal of Engineering Technology Management* 31, pp. 43–57. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2013.10.004
- 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, pp. 61-71. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.07.012

- Brown, P., Baldassarre, B., Konietzko, J., Bocken, N. & Balkenende, R. (2021). A tool for collaborative circular proposition design. *Journal of Cleaner Production* 297, 126354. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126354
- Camocho, D., Vicente, J. & Ferreira, A.M. (2020). Circular economy -Tools for designers. En E. Duarte (Ed.). *Doctoral Design Conference'19: TRANSformation. Proceedings of the DDC 6th Conference*. Lisbon: Edições IADE. ISBN: 978-989-8473-27-1
- CIRCit Norden (2022). <https://circitnord.com>. Fecha última consulta: 25 de abril de 2022.
- den Hollander, M.C., Bakker, C.A. & Hultink, E.J. (2017). Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of Industrial Ecology* 21, pp. 517–525. DOI: 10.1111/jiec.12610
- De Pauw, I. C., Karana, E., & Kandachar, P. V. (2012). Nature-Inspired Design strategies in sustainable product development: a case-study of student projects. En *DS 70: Proceedings of DESIGN 2012*, the 12th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia.
- Dokter, G. (2021). Circular design in practice. Towards a co-created circular economy through design. Trabajo final de Licenciatura, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
- Dokter, G., van Stijn, A., Thuvander, L. & Rahe, U. (2020). Cards for circularity: Towards circular design in practice. En IOP Publishing (Ed.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, DOI: 10.1088/1755-1315/588/4/042043
- Ellen MacArthur Foundation (2013). Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation Cowes. England.
- Goyal, S., Chauhan, S. & Mishra, P. (2021). Circular economy research: A bibliometric analysis (2000–2019) and future research insights. *Journal of Cleaner Production* 287, 125011. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125011
- Hasling, K.M. & Ræbild, U. (2017). Sustainability cards: design for longevity. En C. Bakker and R. Mugge (Eds.). *Product Lifetimes And The Environment 2017 - Conference Proceedings*. DOI: 10.3233/978-1-61499-820-4-166
- Hasling, K.M. & Ræbild, U. (2018). Sustainable Design Cards: A Learning Tool for Supporting Sustainable Design Strategies. En K. Niinimäki (Ed.), *Sustainable Fashion in a Circular Economy* (pp.128-151). Espoo: Aalto University
- KATCH-e knowledge platform (2022). <https://www.katche.eu/knowledge-platform/>. Fecha última consulta: 25 de abril de 2022.
- Kobayashi, H. (2006). A systematic approach to eco-innovative product design based on life cycle planning. *Advanced Engineering Informatics* 20, no 2. pp. 113-125. DOI: 10.1016/j.aei.2005.11.002
- Konietzko, J., Bocken, N. & Hultink, E.J. (2020). A Tool to Analyze, Ideate and Develop Circular Innovation Ecosystems. *Sustainability* 12, no. 1: 417. DOI: 10.3390/su12010417
- Kulatunga, A.K., Karunatilake, N., Weerasinghe, N. & Ihalawatta, R.K. (2015). Sustainable Manufacturing based Decision Support model for Product Design and Development Process. En G. Seliger & N.M. Yusof (Eds). *Procedia CIRP* 26 (pp. 87-92). Amsterdam: Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.procir.2015.03.004

- Lahane, S., Prajapati, H. & Kant, R. (2021). Emergence of circular economy research: a systematic literature review. *Management of Environmental Quality. An International Journal* 32, pp. 575–595. DOI: 10.1108/MEQ-05-2020-0087
- Lewis, H. & Gertsakis, J. (2001) Design + Environment. A Global Guide to designing greener goods. Greenleaf Publishing. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Luis, E.C. & Celma, D. (2020). Circular economy. A review and bibliometric analysis. *Sustainability* 12, 6381. DOI: 10.3390/SU12166381
- Moreno, M.A., Ponte, O. & Charnley, F. (2017). Taxonomy of design strategies for a circular design tool. En C. Bakker & R. Mugge (Eds.) *Product Lifetimes and the Environment 2017 – Conference Proceedings*. Amsterdam: IOS Press, pp. 275-279. DOI: 10.3233/978-1-61499-820-4-275
- Pighini, U., Fagnoli, M. & Accinni, S. (2002). An integrated procedure for the design of sustainable products. *Proceedings of DESIGN 2002, the 7th International Design Conference*. Dubrovnik. pp. 1351-1356.
- Rexfelt, O. & Selvefors, A. (2021). The Use2Use Design Toolkit—Tools for User-Centred Circular Design. *Sustainability* 13, no. 10: 5397. DOI: 10.3390/su13105397
- Roy, R. & Warren, J.P. (2019). Card-based design tools: A review and analysis of 155 card decks for designers and designing. *Design Studies* 63, pp. 125–154. DOI: 10.1016/j.destud.2019.04.002
- Rousseaux, P., Gremy-Gros, C., Bonnin, M., Henriel-Ricordel, C., Bernard, P., Flourey, L., ... & Vincent, P. (2017). “Eco-tool-seeker”: A new and unique business guide for choosing ecodesign tools. *Journal of Cleaner Production*, 151, 546-577.
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., & Cluzel, F. (2017). How to assess product performance in the circular economy? Proposed requirements for the design of a circularity measurement framework. *Recycling*, 2(1), 6.
- Sakao, T. (2007). A QFD-centred design methodology for environmentally conscious product design. *International Journal of Production Research* 45:18-19, pp. 4143-4162. DOI: 10.1080/00207540701450179
- Shahbazi, S. & Jönbrink, A.K. (2020) Design Guidelines to Develop Circular Products: Action Research on Nordic Industry. *Sustainability* 12, 3679. DOI: 10.3390/su12093679
- sustainable design cards (2018). <https://sustainabledesigncards.dk>. Fecha última consulta: 25 de abril de 2022.
- Tyl, B., Legardeur, J., Millet, D. & Vallet, F. (2014) A comparative study of ideation mechanisms used in eco-innovation tools, *Journal of Engineering Design* 25:10-12, pp. 325-345. DOI: 10.1080/09544828.2014.992772
- Unión Europea. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, de 11 de marzo de 2020, sobre el Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva (COM/2020/98 final). Diario Oficial de la Unión Europea, 18 de diciembre de 2020, núm. 440, pp. 107-113.
- use2use (2019). <https://www.use2use.se>. Fecha última consulta: 25 de abril de 2022.

Vallet, F., Eynard, B., Millet, D., Mahut, S. G., Tyl, B., & Bertoluci, G. (2013). Using eco-design tools: An overview of experts' practices. *Design Studies*, 34(3), 345-377.

van Stijn, A. & Gruis, V. (2019). Towards a circular built environment. An integral design tool for circular building components. *Smart and Sustainable Built Environment* 9, no. 4, pp. 635-653. DOI: 10.1108/SASBE-05-2019-0063

van Stijn, A. & Gruis, V. (2020). Towards a Circular Economy in the Built Environment: An Integral Design Framework for Circular Building Components. En Roggema, R., Roggema, A. (eds). *Smart and Sustainable Cities and Buildings*, pp. 571-591. DOI: 10.1007/978-3-030-37635-2_39

Wu, J., Jin, C., Zhang, L., Zhang, L., Li, M. & Dong, X. (2021). Emotionally Sustainable Design Toolbox: A Card-Based Design Tool for Designing Products with an Extended Life Based on the User's Emotional Needs. *Sustainability* 13, no. 18, 10152. DOI: 10.3390/su131810152

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

