

09-010

INCORPORATION OF CIRCULARITY CRITERIA IN THE C-BOX TOOL FOR ITS APPLICATION IN PRODUCT DESIGN TEACHING

Royo, Marta ⁽¹⁾; Mulet, Elena ⁽¹⁾; Valor, Jaume ⁽¹⁾; Bort-Martínez, Marina ⁽¹⁾; Chulvi, Vicente ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universitat Jaume I

One of the issues to be resolved by Design Engineering students is to obtain a large number of ideas in the initial design phase. Another issue is to know which of these ideas has the most potential over the others in terms of creativity and sustainability. This is complex, as they do not have a great deal of experience in establishing criteria for the evaluation and selection of the best conceptual proposals. Therefore, this work shows the experience made in the subject of Design Methodologies of the 3rd year of the Degree in Industrial Design Engineering and Product Development at the Universitat Jaume I in the implementation of a game-based tool that helps to enhance the number of circular ideas and the subsequent evaluation of the novelty and feasibility of the same through the C-BOX technique. The contribution of this work is to incorporate circularity criteria within the C-BOX tool. In addition to classifying the ideas obtained according to the level of novelty and feasibility, it is easily visualized which ones meet circularity criteria. Finally, the students' opinion is collected to know if the session has been satisfactory and useful.

Keywords: creativity; conceptual design; circularity; C-BOX

INCORPORACIÓN DE CRITERIOS DE CIRCULARIDAD EN LA HERRAMIENTA C-BOX PARA SU APLICACIÓN EN LA DOCENCIA EN DISEÑO DE PRODUCTOS

Una de las cuestiones a resolver por los alumnos/as de Ingeniería de Diseño es la obtención de un gran número de ideas en la fase inicial del diseño. Otra cuestión es conocer cuál de estas ideas tiene mayor potencial frente a las otras en cuanto a creatividad y sostenibilidad. Esto resulta complejo, ya que no cuentan con gran experiencia a la hora de establecer los criterios para la evaluación y selección de las mejores propuestas conceptuales. Por tanto, este trabajo muestra la experiencia realizada en la asignatura de Metodologías del Diseño de 3er curso del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos de la Universitat Jaume I en la implementación de una herramienta basada en el juego que ayuda a potenciar el número de ideas circulares y la posterior evaluación de la novedad y la factibilidad de las mismas mediante la técnica C-BOX. La aportación de este trabajo es incorporar criterios de circularidad dentro de la herramienta C-BOX. Además de clasificar las ideas obtenidas según el nivel de novedad y factibilidad, se visualiza fácilmente cuáles cumplen con criterios de circularidad. Finalmente, se recoge la opinión del estudiantado para conocer si la sesión ha resultado satisfactoria y útil.

Palabras clave: creatividad; diseño conceptual; circularidad; C-BOX

Agradecimientos: El proyecto ha sido financiado con el proyecto de la Universitat Jaume I con código 18G002-747



© 2023 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 ingeniería de diseño de productos se basa en el uso de recursos materiales y técnicos para crear productos. El diseño de productos es el punto de convergencia del pensamiento y las prácticas de ingeniería y diseño (De Vere, et al. 2010a). El plan de estudios de Ingeniería de Diseño de Productos desarrolla profesionales interdisciplinarios y relevantes para la industria que utilizan creatividad intuitiva con sólidos métodos de diseño de ingeniería diseñadores de ingeniería responsables y reflexivos con una sólida comprensión del contexto social, el usuario y los nuevos paradigmas, como la ingeniería de diseño de productos, son catalizadores de cambios significativos y responden directamente a las necesidades de la industria y a las demandas de la sociedad" (De Vere et al. 2010b).

El diseño de productos desempeña un papel muy relevante en la economía circular, un modelo de uso que propone alargar al máximo la vida de los recursos a través de un sistema regenerativo mediante la intención y el diseño (Ellen MacArthur Foundation, 2013) siendo una alternativa a la tradicional economía lineal. Ellen MacArthur Foundation la define como "una economía industrial que es restauradora o regenerativa por intención y diseño" (2013b: 14). Bocken et al. (2016: 309) la definen como "estrategias de diseño y de modelo de negocio [que] frenan, cierran y estrechan un bucle de recursos". La economía circular pretende maximizar el funcionamiento del ecosistema y el bienestar humano (Murray et al., 2017).

Otra cuestión es la importancia que tiene el diseño de productos para ayudar al aumento de la sostenibilidad (Alnajem et al., 2020; Kaddoura et al., 2019; Singh & Ordoñez, 2016). Bocken et al. (2016, p.309) categorizan las características de la economía circular definiéndola como "estrategias de diseño y modelos de negocio [que están] ralentizando, cerrando y estrechando los bucles de recursos". Este sistema se basa en cerrar los bucles, a través del reciclaje. Estrechar los bucles utilizando menos recursos por producto o bien ralentizar los bucles extendiendo el periodo de utilización de los mismos. Para conseguir ralentizarlos se aplican diferentes estrategias de diseño: diseño para el apego, diseño para la fiabilidad y durabilidad, diseño para el mantenimiento y reparación, para la actualización y adaptabilidad, estandarización y compatibilidad y para el ensamblaje y desensamblaje.

Según Mitchell y Wallinga (2017) el pensamiento creativo y nuevas ideas son necesarios para la sostenibilidad. Los diseños nuevos son necesarios para mantener la funcionalidad del producto y al mismo tiempo adaptarse a los cambios medioambientales. La innovación es, por tanto, una posible herramienta de éxito (Stahel, 2010). La base de la innovación en el diseño de productos es la creatividad que desempeña un papel muy importante en la generación de nuevas funcionalidades o mejoras (Amabile, 1996). De ahí que aplicar la creatividad al diseño de productos sea muy importante a la hora de considerar el nuevo modelo de economía circular. Según Maccioni et al. (2021) existe una estrecha relación entre la sostenibilidad y creatividad.

La fase conceptual del diseño es la primera fase y la más flexible, en la que se toman decisiones de diseño (Cross, 1999), adecuada para introducir características de sostenibilidad y creatividad.

En este trabajo nos centraremos en el diseño para la adaptabilidad y actualización. La adaptabilidad consigue que un producto tenga diversas funciones o mejore su rendimiento y se actualice para satisfacer las necesidades de los usuarios (Gu et al., 2004). Para Linton y Jayaraman (2005) el diseño para la actualización y adaptabilidad tiene que ver con la habilidad de un producto para usarse cuando cambias las condiciones (calidad, valor, eficacia o rendimiento). Para Royo et al. (2021) son productos como el smartphone modular (Huang &

Truong, 2008) o sillas evolutivas que consiguen usarse durante más tiempo debido a que implementan nuevas funciones.

Los motivos que hacen que los productos dejen de usarse son cambios en la vida de los usuarios (Van Nes & Cramer, 2005), para autores como Royo et al. (2021) estos cambios son debidos a situaciones tales como si está preparado para cambios en el tamaño y número de personas que lo utilizan, si cambian las capacidades del usuario o los gustos y deseos, o por último si se modifica el entorno físico de uso. Ejemplo de estas situaciones sería electrodomésticos que no se adaptan a la cantidad de usuarios que los utilizan o a personas con problemas de movilidad o visión reducida. Royo et al. (2021) crearon una serie de preguntas basadas en preguntas tipo creación de escenarios (Eris, 2004) para ayudar a concebir productos que alarguen su vida de uso.

Para una aplicación óptima de la circularidad y la novedad en los nuevos productos, es interesante evaluar las propuestas de diseño conceptual. Según Mesta et al. (2018) la evaluación debe ser objetiva, coherente y completa. Aunque existen herramientas que evalúan estos aspectos en la fase conceptual del diseño (Ellen MacArthur Foundation, 2015; Evans & Bocken, 2014), Linder et al. 2017; Ruiz-Pastor et al. 2022; van den Berg & Bakker, 2017) pero la mayoría son difíciles de aplicar a nivel conceptual y requieren de experiencia previa lo que es complicado en el ámbito de la docencia de la Ingeniería de Diseño de Productos.

Existen gran variedad de cartas en el mercado que ayudan a potenciar la creación de ideas como las Killer questions card deck, creadas por Mckinney (2012) (<https://innovation.tools/products/killer-questions-card-deck>) o las Intùiti (Di Pascale , 2023) (<https://intuiti.it/es>). Estudios de Royo et al. (2022) ponen de manifiesto la poca cantidad de cartas y juegos que invitan a pensar en ideas circulares (Cards for Circularity (CfC) (van Stijn y Gruis, 2020); Circularity Deck (Konietzko, Bocken y Hultink, 2020); Circular Designs Ideation Pack (use2use, 2019); Circular Strategies Scanner (CIRCit Norden, 2022); Emotionally Sustainable Design tool box (ESD tool box) (Wu et al. 2021); KATCH-UP Board Game (KATCH-e knowledge platform, 2022); Multiple Use-Cycles Exploration Pack (use2use, 2019); Sustainable Design Cards (sustainable design cards, 2018).

El método C-Box fue creado por Tassoul (2006), es un método de clusterización que se utiliza para clasificar y evaluar de forma fácil un gran número de ideas. En 2014, Van Boeijen et al. adaptan los pasos del procedimiento para facilitar su aplicación.

El objeto de estudio consiste, por tanto, en la implementación de premisas de circularidad en la fase de generación de ideas. Para potenciar la obtención de ideas de conceptos que alargan más su vida de uso se aplicarán las preguntas tipo QuChaNe adaptadas a cartas. Una vez obtenido un gran número de ideas se clasificarán según la metodología C-Box, seleccionando finalmente aquellas se basen en características propias de las estrategias de circularidad. El objetivo será conocer si la utilización de las cartas y la aplicación de la metodología C-Box ayudan a los diseñadores noveles a la hora de crear, clasificar y elegir de entre un gran número de ideas las mejores propuestas.

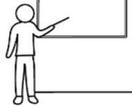
2. Metodología del estudio.

El experimento fue llevado a cabo por 45 estudiantes de 3er curso del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y desarrollo de Productos de la Universitat Jaume I de Castellón. Los participantes fueron 19 mujeres y 26 hombres con una edad promedio de 21 años.

Para realizar la práctica se les explica cuál es el procedimiento que deben seguir durante toda la sesión, la cual se dividirá en tres fases, y todas ellas serán llevadas a cabo utilizando en todo momento la herramienta en línea miro (<https://miro.com/es/>). En la primera fase, se realiza una tormenta de ideas incentivada por las cartas de estímulo. En la segunda fase, se

clasifica todas las ideas obtenidas en la primera fase en una plantilla de la metodología C-BOX (Tassoul, 2006). Por último, se resaltan aquellas ideas que se consideren propias de un diseño circular, para finalmente elegir una única idea. Finalmente se valora la práctica para conocer la opinión de los estudiantes ante la experiencia realizada. El esquema seguido se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Cronograma de la experiencia

Tiempo	Etapas
60 min Fase 1:	
10 min	Explicación de la práctica 
25 min	Generación de ideas 1ª ronda de juego
25 min	Generación de ideas 2ª ronda de juego
40 min Fase 2:	
5 min	Explicación del programa Miro 
35 min	Clasificación de las ideas según el método C-Box C - Box
15 min Fase 3:	
15 min	Conclusiones de la práctica y selección de la mejor idea 
5 min Valoración de la práctica	
5 min	☆☆☆☆☆

2.1 Fase 1: Explicación de la práctica y generación de ideas.

En primer lugar, se inicia la sesión explicando la metodología que se seguirá y el material que se empleará para el desarrollo de esta. Además, se recuerda que el tema a desarrollar sigue con la línea de las anteriores prácticas, siendo este un producto de mobiliario auxiliar.

Se procede a explicar primeramente el software MIRO y los parámetros básicos de su funcionamiento, al mismo tiempo que los alumnos se registran en la plataforma online, para iniciar sesión y acceder al tablero en el que se desarrolla toda la práctica. Una vez dentro se les explica las principales zonas de trabajo que utilizan. En primer lugar, se les muestra el funcionamiento de las cartas de estímulo. Estas cartas han sido creadas con objetivo de conseguir el mayor número de ideas posibles sobre el tema que se haya propuesto, e incentivar que las ideas posean la mayor implicación posible sobre circularidad de los

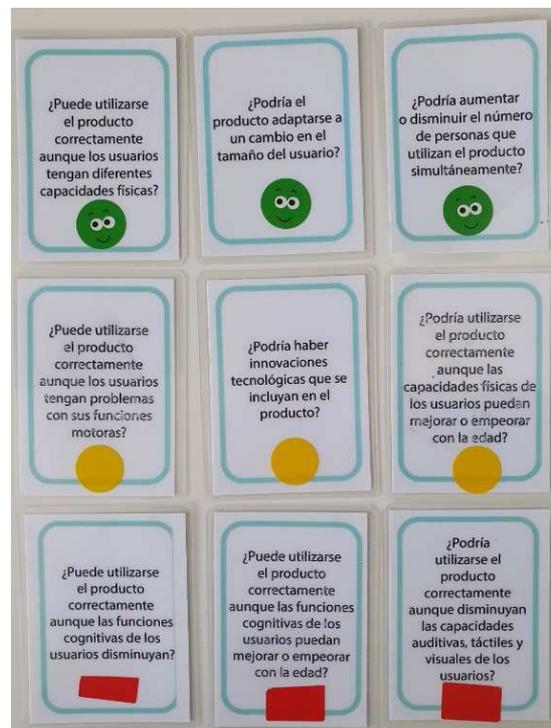
productos, además se pretende que las cartas de estímulo incluyan funcionalidades circulares que mejoren las ideas previamente creadas.

El procedimiento del juego es el siguiente:

- La partida la conformarán 3 grupos de entre 3 y 4 personas.
- Al principio de la partida se le repartirán 3 cartas a cada grupo, y sólo las podrán ver ellos, las cartas restantes si las hubiera, se posicionarán boca abajo en el centro del espacio de juego.
- Cada grupo de laboratorio tendrán que plantearse si pueden obtener muchas ideas inspiradas en las cartas que se les repartirán al inicio del juego, y se acordará una palabra que indicará la finalización del juego.
- Si ningún grupo dice la palabra acordada, los grupos irán descartando las cartas que no quieran utilizar de la siguiente manera: se descartará sólo una carta boca abajo, y procederán a recoger una de las cartas que se encuentre boca abajo en el centro.
- Esta dinámica se llevará a cabo sucesivamente por todos los grupos hasta que uno de ellos considere que las cartas que posee en la mano son las que le pueden aportar mayor ayuda a la hora de generar ideas, y por tanto indicará la palabra acordada al principio de la ronda, y en ese momento todos los grupos deberán tener 3 cartas con las que llevarán a cabo la práctica sin opción a más intercambios durante la ronda.

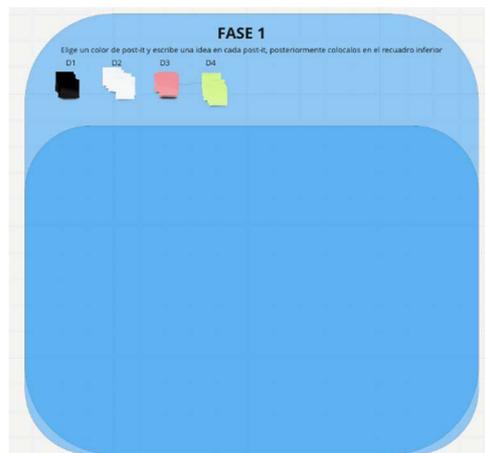
La elección por parte de cada grupo de las cartas de estímulo se determina por el propio criterio del grupo, teniendo en cuenta que las cartas de estímulo se clasifican en tres dificultades distintas marcadas con los colores verde, amarillo y rojo, siendo el verde el indicador de que la carta ofrece premisas de poco nivel/dificultad, las amarillas de nivel/dificultad media, y las rojas ofrecen premisas de nivel/dificultad alta (Figura 2).

Figura 2: Cartas de estímulo basadas en preguntas QuChaNe (Royo et al. 2021)



En el siguiente paso, los grupos proceden a generar el máximo número de ideas ayudados por las propias cartas. Cabe aclarar que no es necesario que las ideas sean fruto de las frases o preguntas que se encuentran en las cartas, sino que también se pretende que una idea generada por un grupo pueda influenciarse por dichas frases y preguntas, con la intención de hacer circular una idea que al principio no lo era. Las ideas se plasman en adhesivos virtuales que se encontrarán en la propia herramienta miro, y serán colocadas en el rectángulo perteneciente al espacio de trabajo creado para cada grupo en el tablero de MIRO (Figura 3).

Figura 3: Zona para plasmar ideas por el grupo



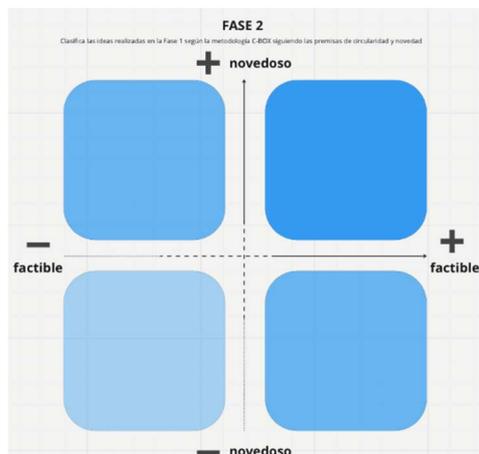
Una vez pasados unos 25 minutos aproximadamente, los grupos deben dejar de trabajar y ponen las cartas de estímulo en un montón. Se procede a mezclar las cartas, y se realiza una segunda ronda tanto del juego de las cartas de estímulo como de la fase de generación de ideas, con la diferencia de que esta vez no se poseen la misma combinación de cartas que en la ronda anterior. Al finalizar la segunda y última ronda de las cartas de estímulo, se da por finalizada la fase de generación de ideas.

2.3 Fase 2: Clasificación de las ideas generadas según la metodología C-BOX.

En la segunda fase se les explica la metodología C-Box creada por Tassoul (2006) y adaptadas por Van Boeijsen et al. (2014), la cual consiste en realizar una clasificación de ideas en una cuadrícula de 2x2 donde el eje de abscisas corresponde a la originalidad/novedad de las ideas, aumentando la positividad de dicho aspecto de izquierda a derecha. Por otro lado, el eje de ordenadas corresponde a la viabilidad de la idea, aumentando positivamente de abajo a arriba. De manera que, las ideas más originales y viables se posicionarán en el cuadrante superior derecha, y las ideas menos originales y viables en el cuadrante inferior izquierda.

Por tanto, una vez realizadas el máximo de ideas posibles en la primera fase, los alumnos con sus correspondientes grupos, deben clasificarlas dentro del programa MIRO en una cuadrícula como la mostrada en la Figura 4. Si fuera necesario deben combinar, eliminar o explicar mejor alguna idea para realizar una correcta clasificación. Una vez terminada la clasificación dentro de la cuadrícula C-BOX, se da por finalizada la segunda fase de la práctica.

Figura 4: Esquema aplicación de la metodología C-BOX. Adaptada de Van Boeijen et al. (2014)



2.4 Fase 3: Conclusiones y selección de las ideas circulares.

Una vez se hayan clasificado las ideas dentro de la cuadrícula C-Box, los alumnos con sus correspondientes grupos, deben destacar aquellas ideas que consideren que sean circulares, ya sea porque cumplen las premisas de una o más estrategias de diseño circular o porque los propios alumnos consideren que son sostenibles, respetuosas con el medio ambiente, etc. Dichas ideas se destacan en la herramienta utilizada hasta ahora, MIRO, y lo hacen como los alumnos consideren: cambiando la forma del adhesivo que contenga una idea circular, cambiando el color del propio adhesivo, utilizando una forma auxiliar como puede ser un círculo, etc.

2.5 Fase 3: Conclusiones y selección de la mejor idea

Una vez se haya llevado a cabo toda la práctica, los grupos deben justificar en un documento de texto qué criterios o qué consideraciones han seguido para la clasificación de novedoso, factible y circular de cada una de las ideas. Finalmente, escogen la idea que consideren mejor de las circulares, justificando de manera coherente el por qué se ha elegido, ya que posteriormente será la base del proyecto a desarrollar durante la asignatura.

2.6 Valoración de la práctica

Por último, los alumnos de manera individual deberán responder un breve cuestionario acerca de lo que les ha parecido la práctica y los recursos utilizados. En base a las respuestas obtenidas se procederá a concretar conclusiones sobre la metodología empleada por parte del profesorado.

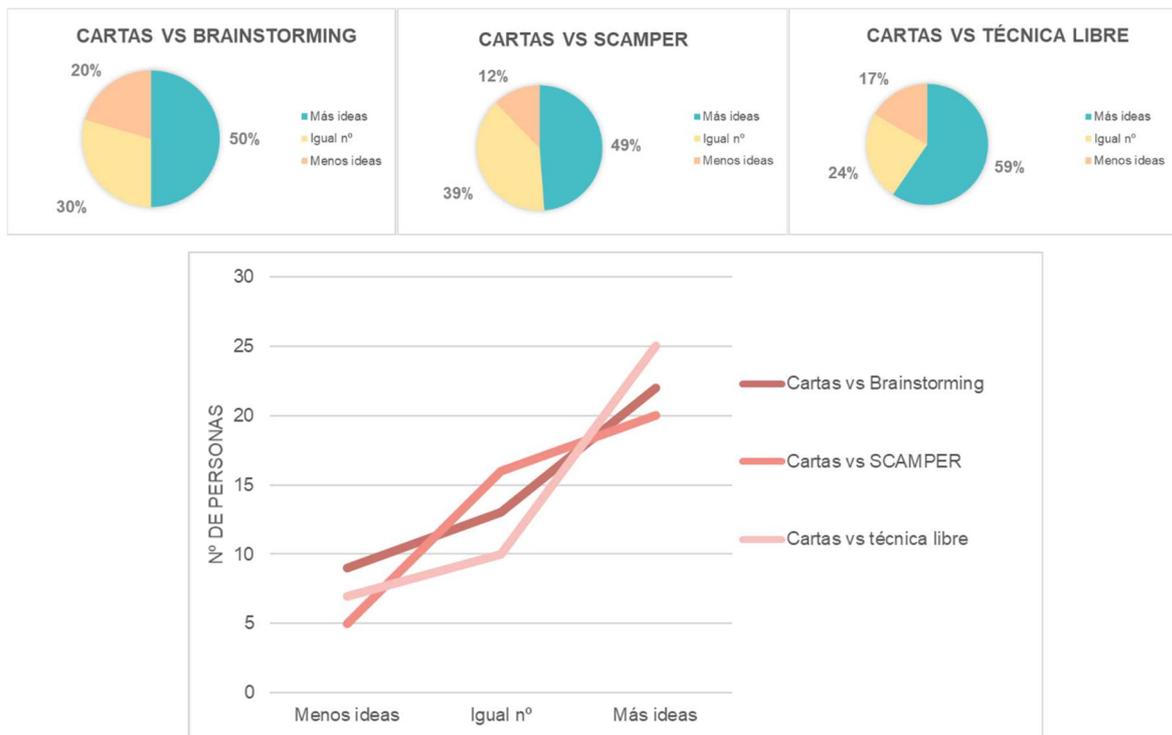
3. Resultados

La sesión se realizó con éxito durante 4 sesiones de dos horas de duración cada una (Figura 5). Los resultados de la opinión de los estudiantes frente a si han obtenido más ideas utilizando cartas de estímulos que utilizando el brainstorming, SCAMPER o técnica libre se muestran en la Figura 6.

Figura 5: Sesión práctica



Figura 6: Porcentajes y nº de personas que opinan sobre el número de ideas obtenidas de las cartas frente a otras técnicas creativas

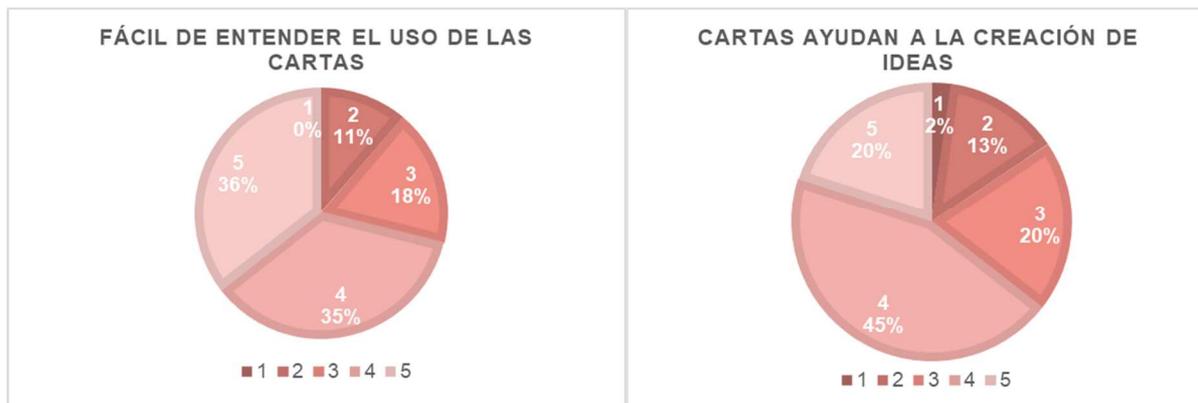


Los resultados de las diferentes opiniones muestran que utilizar las cartas genera más ideas que cualquiera de los otros métodos indicados, opinando en un porcentaje más alto que es mejor que la técnica libre. Aun así, un 20% de los encuestados considera que han obtenido menor número de ideas aplicando cartas que utilizando brainstorming y un 39% que igual número de ideas que utilizando SCAMPER.

La Figura 7 muestra los resultados del resto de preguntas realizadas y contestadas sobre una escala Likert, siendo el 1 el valor menos positivo y el 5 el que más. Sobre las preguntas referidas al uso de las cartas, casi el mismo porcentaje de encuestados opinan que les ha

parecido fácil y muy fácil utilizarlas. Esta pregunta obtiene un promedio de respuestas de 3,97. Respecto a si las cartas ayudan a crear ideas los resultados muestran que un 20% que mucho (5) y medianamente (3) mientras que un 45% que en una escala de 4. El valor promedio se sitúa en 3,67.

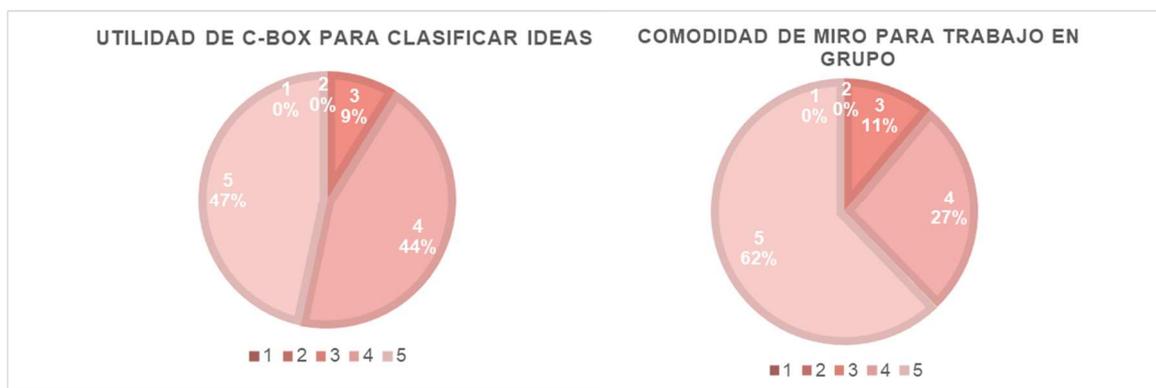
Figura 7: Porcentajes de respuestas sobre uso de las cartas



En cuanto a la utilidad de C-Box para clasificar las ideas según los criterios de factibilidad y novedad un 47% opina que es muy útil (5) y un 44% valoran en rango 4. Ninguno de los encuestados opina que les ha parecido poco útil (1) ni (2). El valor promedio de las respuestas es de 4,39 (Figura 8).

Respecto a la comodidad de miro para trabajar en grupo, un 62% opinan que es muy cómodo (5) mientras que un 27% lo valoran en rango 4. Al igual que en la respuesta anterior ninguno de los encuestados opina que les ha parecido poco cómodo (1) y rango 2. El promedio de respuestas es el más elevado siendo de 4,51 (Figura 8).

Figura 8: Porcentajes de respuestas sobre uso de C-BOX y miro



Finalmente, en el cuestionario se les pregunta la opinión sobre cómo creen que se podría mejorar la sesión. Sobre las 39 personas que han contestado este apartado destaca que 17 estudiantes opinan que ha faltado tiempo para desarrollarla, 7 consideran que las preguntas utilizadas en las cartas son repetitivas y 7 que son insuficientes. 12 personas opinan que les ha gustado la experiencia (Figura 9).

Figura 9: Porcentajes de respuestas sobre cómo se podría mejorar la sesión



4. Discusión y conclusiones

La utilización de las cartas les ha ayudado en general a obtener mayor número de ideas que cualquier otra técnica empleada, aunque consideran que son difíciles de entender. Además, otra de las opiniones recogidas es que son repetitivas e insuficientes.

Respecto al uso de la metodología C-BOX como ayuda para clasificar las ideas según la factibilidad y novedad destaca lo útil que les ha parecido a estudiantes de 3er curso con poca experiencia en la evaluación de propuestas.

El promedio más alto de valoraciones ha surgido ante la pregunta de la comodidad del programa MIRO para trabajar de forma colaborativa ya que, aunque consideran que les ha faltado tiempo para la práctica su opinión es muy positiva.

En general, y después de los comentarios de los estudiantes se considera que la experiencia ha mostrado que la aplicación de un método para ayudar a obtener ideas y otro para clasificarlas ha sido exitosa. Sería necesario mejorar cuestiones como ajustar el tiempo de la experiencia, clarificar el contenido de las cartas, aumentar el número y su variedad para potenciar los resultados.

Como trabajo futuro convendría mejorar estas cuestiones y repetir la experiencia en cursos futuros para analizar los resultados y ver si han mejorado respecto a los actuales.

Referencias

- Alnajem, M., Mostafa, M. M., & EIMelegy, A. R. (2020). Mapping the first decade of circular economy research: a bibliometric network analysis. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 38(1), 29–50. <https://doi.org/10.1080/21681015.2020.1838632>
- Amabile, T. M. (2018). *Creativity in context: Update to the social psychology of creativity*. Routledge.
- Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Den Hollander, M. (2014). Products that go round: Exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 69, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>
- Bocken, N. M. P., De Pauw, I., Bakker, C., & Van Der Grinten, B. (2016a). 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>

- Bocken, N. M. P., De Pauw, I., Bakker, C., & Van Der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- CIRCit Norden (2022). <https://circitnord.com>. Fecha última consulta: 25 de abril de 2022
- Cross, N., & Vásquez, F. R. P. (1999). *Métodos de diseño*. Editorial Limusa.
- De Vere, I., Melles, G., & Kapoor, A. (2010a). Product design engineering—a global education trend in multidisciplinary training for creative product design. *European journal of engineering education*, 35(1), 33-43.)
- De Vere, I., Melles, G., & Kapoor, A. (2010b). Product Design Engineering: Interdisciplinary Pedagogy Integrating Engineering Science with ‘Designerly Ways’. In 2nd International conference on design education (Vol. 28).
- Di Pascale, M. (2023). *Manuale di sopravvivenza per UX designer: Guida pratica alla progettazione*. HOEPLI EDITORE.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2, 23–44.
- Ellen MacArthur Foundation and Granta Design (2015) Circularity indicators. An approach to measuring circularity. Methodology. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf. Accessed 9 Feb 2021
- Eris, O. (2004). *Effective inquiry for innovative engineering design*. Springer Science & Business Media.
- European Commission. (2015). *EU Action plan for the Circular Economy*.
- Evans, J. L., & Bocken, N. M. P. (2014). *A tool for manufacturers to find opportunity in the circular economy—www.circularconomytoolkit.org*. In Proceedings of the International Conference on Sustainable Design and Manufacturing (pp. 303-320).
- Gu, P., Hashemian, M., & Nee, A. Y. C. (2004). Adaptable design. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 53(2), 539–557. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60028-6](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60028-6)
- Huang, E. M., & Truong, K. N. (2008). Breaking the disposable technology paradigm: Opportunities for sustainable interaction design for mobile phones. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 323–332. <https://doi.org/10.1145/1357054.1357110>
- Kaddoura, M., Kambanou, M. L., Tillman, A. M., & Sakao, T. (2019). Is Prolonging the Lifetime of Passive Durable Products a Low-Hanging Fruit of a Circular Economy? A Multiple Case Study. *Sustainability 2019, Vol. 11, Page 4819, 11(18)*, 4819. <https://doi.org/10.3390/SU11184819>
- KATCH-e knowledge platform (2022). <https://www.katche.eu/knowledge-platform/>. Fecha última consulta: 25 de abril de 2022.
- 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
- Linder, M., Sarasini, S., & van Loon, P. (2017). A metric for quantifying product-level

- circularity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 545-558.
- Linton, J. D., & Jayaraman, V. (2005). A framework for identifying differences and similarities in the managerial competencies associated with different modes of product life extension. *International Journal of Production Research*, 43(9), 1807–1829. <https://doi.org/10.1080/13528160512331326440>
- Maccioni, L., Borgianni, Y., & Pigosso, D. C. (2021). Creativity in successful eco-design supported by ten original guidelines. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 9(4), 193-216.
- McKinney, P. (2012). *Beyond the obvious: Killer questions that spark game-changing innovation*. Hachette UK.
- Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). Developing a set of sustainability indicators for product families based on the circular economy model. *Journal of cleaner production*, 196, 1429-1442.
- Mitchell, I. K., & Walinga, J. (2017). The creative imperative: The role of creativity, creative problem solving and insight as key drivers for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1872-1884.
- miro (2023). <https://miro.com/es/>. Fecha última consulta: 18 de abril de 2023.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, 140, 369-380.
- Royo, M., Mulet, E., Chulvi, V., & Felip, F. (2021). Guiding questions for increasing the generation of product ideas to meet changing needs (QuChaNe). *Research in Engineering Design*, 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s00163-021-00364-x>
- Royo, M., Pérez-Belis, V., Viñoles-Cebolla, R., & Bastante-Ceca, M. J. (2022). MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA LA GENERACIÓN DE IDEAS SEGÚN CRITERIOS CIRCULARES EN LAS PRIMERAS FASES DEL DISEÑO DE PRODUCTOS.
- Ruiz-Pastor, L., Chulvi, V., Mulet, E., & Royo, M. (2022). A metric for evaluating novelty and circularity as a whole in conceptual design proposals. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130495.
- Singh, J., & Ordoñez, I. (2016). *Resource recovery from post-consumer waste: important lessons for the upcoming circular economy*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.020>
- Stahel, W. (2010). *The performance economy*. Springer.
- sustainable design cards (2018). <https://sustainabledesigncards.dk>. Fecha última consulta: 25 de abril de 2022.
- Tassoul M (2006) *Creative facilitation: a Delft approach*. VSSD, Delft
- use2use (2019). <https://www.use2use.se>. Fecha última consulta: 25 de abril de 2022.
- Van Boeijen, A., Daalhuizen, J., van der Schoor, R., & Zijlstra, J. (2014). *Delft design guide: Design strategies and methods*.
- Van den Berg, M. R., & Bakker, C. A. (2015). A product design framework for a circular economy. *Product Lifetimes And The Environment*, 365-379.
- Van Nes, N., & Cramer, J. (2005). *Product lifetime optimization: a challenging strategy towards more sustainable consumption patterns **. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.04.006>

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.

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**

