

09-002

## **INTEGRATION OF CIRCULAR DESIGN TOOLS IN INDUSTRIAL DESIGN ENGINEERING SUBJECTS**

Royo, Marta (1); Chulvi, Vicente (1); Castillo-López, Ana (1); Ruiz-Pastor, Laura (2); Bort-Martínez, Marina (1)

(1) Universitat Jaume I, Dep. Enginyeria Mecànica i Construcció, (2) Free University of Bozen-Bolzano, Faculty of Science and Technology, Italy

The Circular Economy requires a change in the conception of products and new designers need multidisciplinary skills to help them develop as professionals of the future. With this objective in mind, the present work shows the integration of tools for circular design at different levels of the degree in Industrial Design and Product Development Engineering and in the Master's Degree in Design and Manufacturing at the Universitat Jaume I. This implies the acquisition of competences in a transversal way, achieving a better assimilation of these competences by extending their acquisition over different years and in different subjects. The work shows not only the tools and the way in which they have been applied, but also a study of the satisfaction of both the students and the teachers who have used them.

Keywords: circular economy; industrial design engineering; transversal competences; circular design

## **INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE DISEÑO CIRCULAR EN ASIGNATURAS DE INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL**

La Economía Circular requiere un cambio en la concepción de los productos y los nuevos diseñadores necesitan competencias multidisciplinares que ayuden a que puedan desarrollarse como profesionales del futuro. Con este objetivo en mente, el presente trabajo muestra la integración de herramientas para el diseño circular en diferentes niveles del grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos y en el Máster en Diseño y Fabricación de la Universitat Jaume I. Esto implica una adquisición de competencias de un modo transversal, consiguiendo una mejor asimilación de las mismas al prolongarse su adquisición a lo largo de diferentes años y en materias diferentes. El trabajo muestra, no sólo las herramientas y el modo en que se han aplicado, sino también un estudio de satisfacción tanto de los alumnos como de los profesores que las han utilizado.

Palabras clave: economía circular; ingeniería en diseño industrial; competencias transversales; diseño circular

Correspondencia: royo@uji.es

Agradecimientos: La investigación presentada en este artículo ha sido financiada por la Universitat Jaume I, proyecto "Mejora de las metodologías y herramientas de economía circular en la docencia del diseño de productos" (46118/22)"



©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 se puede definir como un sistema, económico y social, que tiene como objetivo la reducción del consumo y del desperdicio de materias primas, agua y fuentes de energía en la producción de bienes y servicios, tal y como lo define la Fundación para la Economía Circular (Ellen McArthur Foundation, 2015). El modelo económico lineal de producción plantea serios problemas de sostenibilidad, por lo que pasar a un modelo circular, en el que mantener el uso de los materiales y productos durante más tiempo posible y revalorizar los desechos hará que se reduzca el estrés en los sistemas naturales (Evans & Bocken, 2014).

Uno de los elementos clave para realizar la transición hacia la economía circular son los diseñadores, ya que son los encargados de concebir los nuevos productos que salen al mercado, y por tanto está en sus manos el poder darles un enfoque circular desde la fase más temprana del proceso de diseño, en el diseño conceptual (Dan and Østergaard, 2021; Sumter, Bakker & Balkenende, 2017). Para hacerlo, necesitarán competencias multidisciplinares que combinen conocimientos técnicos, comerciales, ambientales y sociales (Del Vecchio, 2021; Maccioni, Borgianni, & Pigosso, 2021). Cada vez más las empresas necesitan de profesionales innovadores, adaptados a las necesidades del usuario y que sean capaces de adaptarse a los cambios y retos del futuro apostando por la sostenibilidad y progreso (Dey et al., 2020).

Por ello, hay que integrar la adquisición de esas competencias en el currículo del estudiante, y es importante que se haga de forma transversal (Celades et al., 2017; Giannoccaro, Ceccarelli & Fraccascia, 2021). Se debería de contemplar su inclusión en el currículo del estudiante en varias asignaturas a lo largo de diferentes cursos. Al mismo tiempo, existe también el reto para el profesorado implicado, que consiste en formarse y plantear cómo impartir estos contenidos de forma creativa y efectiva para aumentar la comprensión en el alumnado y que así pueden desarrollarse los profesionales del futuro (Pitt & Heinemeyer, 2015; Kirchherr & Piscicelli, 2019).

En este artículo se presenta una propuesta con el objetivo principal de dotar al alumnado de las competencias específicas necesaria para la ideación y evaluación de ideas circulares y creativas en las primeras fases del diseño. Esta propuesta abarca asignaturas desde los primeros niveles del diseño industrial hasta el nivel de máster, lo que permite que el abanico de actividades y objetivos sea variado y vaya desde un conocimiento inicial hasta actividades de nivel más avanzado.

## 2. Metodología

Durante la experiencia se han coordinado diferentes asignaturas del grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto de la Universitat Jaume I (memoria consultable en <https://ujiapps.uji.es/ade/rest/storage/8XUSUGCUDDCKOSWL7HAMU2SQB9XBUYEB>), en diferentes cursos. Se han seleccionado dos asignaturas que desarrollan principalmente la fase conceptual del diseño, "Diseño Conceptual" (2<sup>a</sup> curso) y "Creatividad, Innovación y Resolución de Problemas" (4<sup>o</sup> curso), y además la asignatura de "Proyectos de Diseño" (4<sup>o</sup> curso), que además de llevar incluida la fase conceptual del diseño, llega hasta el producto acabado. Además de éstas, se ha seleccionado también una asignatura del Máster en Diseño y Fabricación de la misma universidad (memoria consultable en <https://ujiapps.uji.es/ade/rest/storage/3dfc324d-8b95-48dc-bce3-71e8185d2084?quest=true>), "Innovación y patentes", que también se centra en la fase conceptual. Todas las asignaturas seleccionadas, además de tener en común que comprenden la fase conceptual del diseño, también tienen un alto componente creativo, ya que van enfocadas a generar nuevas ideas de producto. Por tanto, se consideran idóneas para introducir la formación tanto en la obtención como en la evaluación de ideas circulares y creativas, con el objetivo de mejorar el

conocimiento en economía circular y mostrar su gran potencial en el ámbito del diseño de productos.

## 2.1 Diseño Conceptual

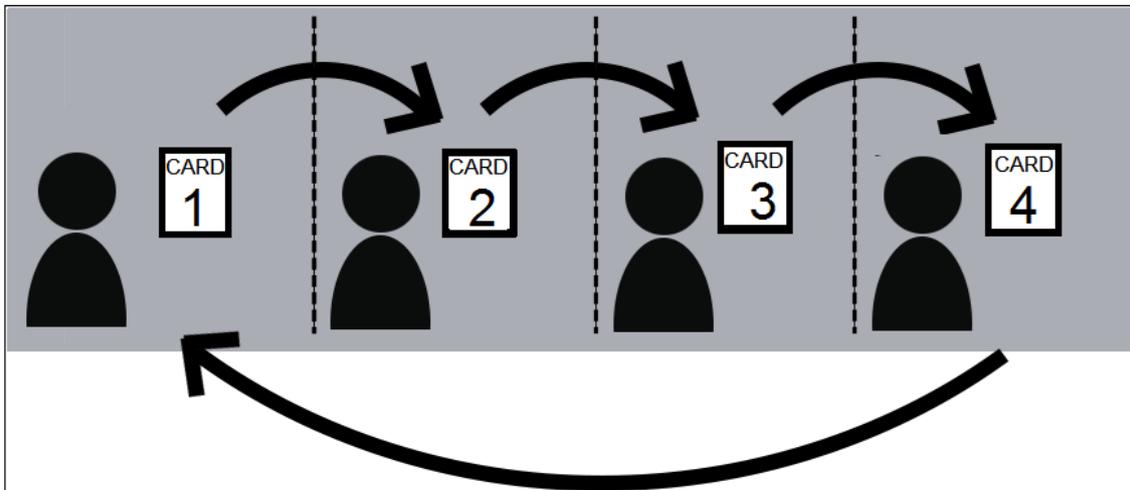
En la asignatura de Diseño Conceptual se optó por combinar la técnica del Brainstorming (Osborn, 1957), que ya se explicaba en la asignatura en cursos anteriores, con estímulos relacionados con las estrategias de circularidad, con la finalidad de fomentar que las ideas generadas durante la aplicación de la técnica Brainstorming tengan un componente circular. Para ello, una vez explicada la técnica del Brainstorming original, se siguieron los siguientes pasos:

- Los alumnos trabajaron en equipos de 3 o 4 personas para idear soluciones conceptuales a un problema prescrito. Disponían de un rollo de papel continuo para enganchar en la pared, post-its y material de dibujo.
- En primer lugar, se les repartió una carta de estímulo circular a cada uno de los alumnos y tuvieron 2 minutos para dibujar o anotar todas las ideas inspiradas por dicha carta en una parte del papel continuo (Figura 1). Los estímulos de las cartas se propusieron en forma de texto, y comprenden las siguientes palabras: compartir; optimizar materiales; reutilizar; intercambiar; eliminación de packaging; reensamblaje; modularidad; funciones añadidas; flexibilidad de uso; y reciclabilidad.
- Al agotar el tiempo tenían que entregar la carta al compañero de la derecha, el cual, inspirándose en éste nuevo estímulo, generaría nuevas ideas de producto o implementaría cambios en algunas de sus ideas previamente generadas. Al cabo de 2 minutos se volvía a dar la carta al compañero de la derecha, y así sucesivamente hasta agotar la baraja (Figura 2).
- Al finalizar las 10 cartas de la baraja tenían que poner en común todas las ideas, disponiendo de 20 minutos para esta fase de debate.
- Finalmente, tenían que elaborar un panel final con imágenes producidas por los miembros del grupo en el que se resumieran las principales ideas aportadas.

**Figura 1. Alumnos trabajando en la técnica Brainstorming + estímulos circulares**



Figura 1. Explicación gráfica de la organización del trabajo en grupo



## 2.2 Proyectos de Diseño

En la asignatura de Proyectos de Diseño se escogió enseñar el uso de métricas para valorar la circularidad en la fase de diseño conceptual. La asignatura comprende la elaboración completa de un proyecto de diseño en equipo, para lo cual los alumnos tienen que desarrollar inicialmente varias propuestas conceptuales y valorar el grado de cumplimiento de los requisitos de diseño iniciales. Poniendo la circularidad del producto resultante como uno de estos requisitos, se hace necesario el uso de alguna herramienta para poder valorar los conceptos adecuadamente. La aplicación de la métrica se realizó en dos sesiones prácticas diferentes.

Figura 3. Herramienta adaptada de MCI (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

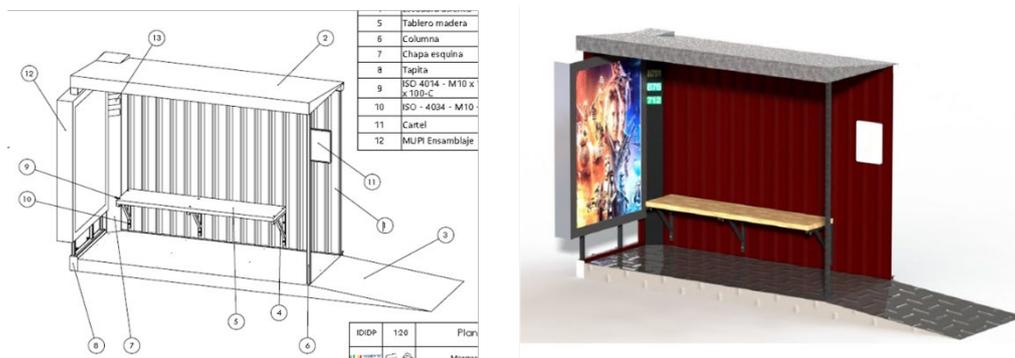
Description of the parameter Values to be filled by the user									
<b>PRODUCT REQUIREMENTS</b>									
Average life time (L)	years	Functional unit (U)	uses						
Lp - product to value	1	Up - product to value	1						
Lav - industry product	1	Ulav - industry product	1						
<b>Requirements of the product parts</b>									
Part	Material	Mass [M] Kg	Raw Material (F)	(0-1)	*Ti	End of life of the product (C)	(0-1)	Process efficiency (E)	Reparation - R
Part 1	Steel	10	Fu - reuse	1	Internacional	Cu - reuse	0	Eu - Reuse	No
			Fp - recover	0	Nacional	Cp - recover	0	Ep - Recover	0.91
			Fr - recycle	0	Nacional	Cr - recycle	0	Er - Recycle	0.90
						Cd - landfill	1		
Part 2	Glass	10	Fu - reuse	0	Local	Cu - reuse	0	Eu - Reuse	No
			Fp - recover	1	Local	Cp - recover	0	Ep - Recover	1.00
			Fr - recycle	1	Local	Cr - recycle	0	Er - Recycle	0.90
						Cd - landfill	1		
Part 3	Glass	10	Fu - reuse	0	Nacional	Cu - reuse	0	Eu - Reuse	No
			Fp - recover	0.4	Local	Cp - recover	0	Ep - Recover	1.00
			Fr - recycle	1	Local	Cr - recycle	0	Er - Recycle	0.90
						Cd - landfill	1		
Part 4	Glass	10	Fu - reuse	0.35	Local	Cu - reuse	0	Eu - Reuse	Si
			Fp - recover	1	Local	Cp - recover	0	Ep - Recuperar	1.00
			Fr - recycle	1	Local	Cr - recycle	0	Ec - Recycle	0.90
						Cd - landfill	1		
Part 5	Glass	2	Fu - reuse	0.5	Nacional	Cu - reuse	0	Eu - Reuse	No
			Fp - recover	0.9	Nacional	Cp - recover	0	Ep - Recover	1.00
			Fr - recycle	0.5	Local	Cr - recycle	0	Ec - Recycle	0.90
						Cd - landfill	1		
<b>TOTAL Mass [M] Kg</b>		<b>30</b>							

En la primera sesión se les enseñó el funcionamiento de la herramienta para aplicar la métrica seleccionada, y se realizó la resolución de diferentes casos prácticos. La herramienta

seleccionada consiste en una adaptación de la Material Circularity Indicator (MCI) (Ellen MacArthur Foundation, 2015) realizada por los propios autores, e integrada en una plantilla de Excel para facilitar su manejo a los estudiantes (Figura 3). Mediante esta adaptación la herramienta permite evaluar la circularidad de conceptos

En una segunda sesión, los alumnos tuvieron que aplicar dicha herramienta para valorar sus propias propuestas conceptuales obteniendo el grado de circularidad de las mismas. Estas propuestas se encuentran dentro del contexto de elaboración de un proyecto de diseño completo en el que uno de los requisitos de diseño consistía en presentar una propuesta de producto circular, reaprovechando contenedores de transporte marítimo usados (Figura 4).

**Figura 4. Marquesina elaborada con un contenedor. Proyecto presentado por los alumnos: Guillermo Ramírez, Jorge Esteban, Rodrigo García y Siro Fuentes.**



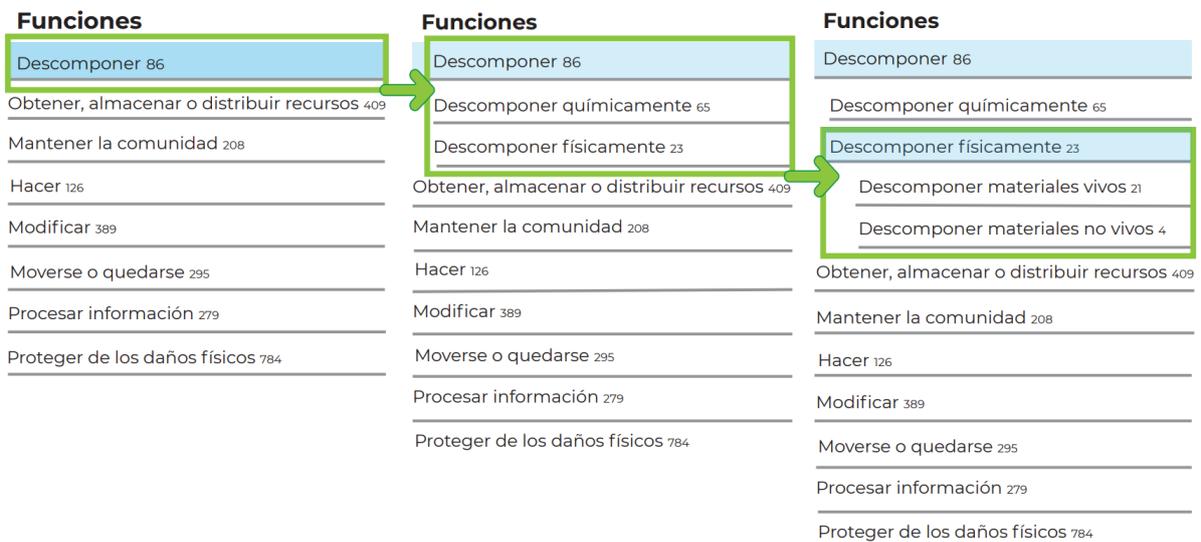
### 2.3 Creatividad, Innovación y Resolución de Problemas

En la asignatura de Creatividad, Innovación y Resolución de Problemas se planteó la implementación de la biomimética como herramienta creativa y circular. En este caso se utilizó el estímulo de la naturaleza para generar nuevas soluciones conceptuales que mejoren funcionalmente los productos objetivo. Para la sesión propuesta se utilizó la base de datos de biomimética [https://asknature.org/?s=&page=0&is\\_v=1#.XkpY5jKjIU](https://asknature.org/?s=&page=0&is_v=1#.XkpY5jKjIU) (The Biomimicry Institute, 2021). The Biomimicry Institute han desarrollado esta base de datos con estrategias de biomimética de uso libre, tanto para uso docente como profesional en todas las áreas, tales como el diseño, la ingeniería, el arte o la arquitectura.

Una vez presentada la herramienta a los estudiantes, la sesión se desarrollo del siguiente modo:

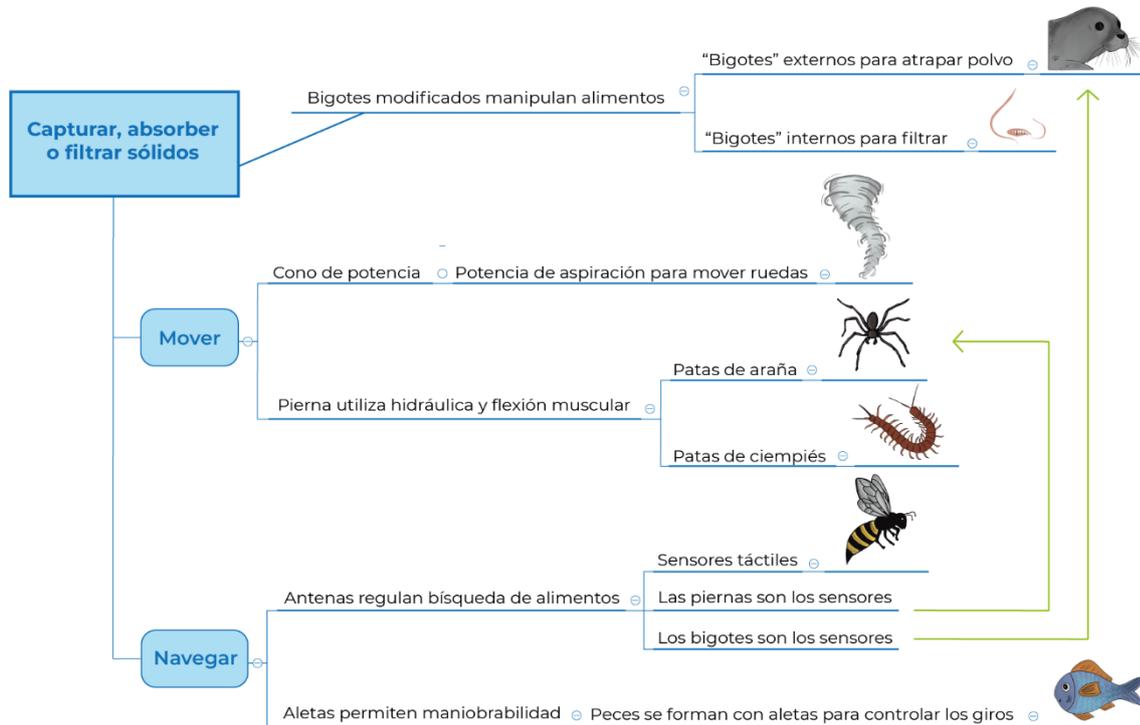
En un primer paso los alumnos debían de analizar funcionalmente el producto base inicial, en función de los requisitos de diseño predefinidos. Debían de considerar tanto la función principal como las subfunciones que debe realizar el producto para poder cumplir con la función principal. Posteriormente, tenían que identificar dichas funciones y subfunciones dentro de la clasificación taxonómica de funciones disponible en la base de datos de biomimética (Figura 5).

**Figura 5. Identificación de funciones y subfunciones en la base de datos de biomimética.**



El siguiente paso consistía en buscar los elementos de la naturaleza que inspiren soluciones para las funciones buscadas, y proponer soluciones para las mismas, a través de analogías directas. Con ellas se elaboraba un mapa mental, en donde aparecían las funciones y subfunciones definidas, las estrategias de biomimética que podrían solucionar cada una de ellas y las ideas que les han inspirado cada una de ellas (Figura 6). Finalmente, había un tiempo de debate para seleccionar cuál o cuáles de ellas iban a ser incorporadas a la propuesta conceptual final.

Figura 6. Mapa mental con funciones y elementos de bio-inspiración



## 2.4 Innovación y patentes

A nivel de máser se decidió aumentar el nivel de especificidad e impartir una metodología de diseño basada en preguntas guiadas para aumentar la vida de uso de los productos. En concreto se aplicó la metodología QuChaNe (Royo et al., 2021) para la obtención de situaciones de necesidades cambiantes que luego permitirán desarrollar un concepto que solucione dicha problemática. Para facilitarles el uso de la metodología se les entregó una plantilla en dónde aparecían las preguntas ordenadas por categorías, y un espacio destinado a la valoración de las alternativas en función de la importancia del problema que resuelven, la cantidad de personas a las que beneficiaría sobre el total poblacional, el nivel de ahorro económico que representaría una solución a dicho problema, y la ausencia de soluciones en el mercado actual (Figura 7).

**Figura 7. Plantilla QuChaNe**

<i>Anota cuantas respuestas consideres respecto al producto propuesto</i>			
<i>Responde brevemente a cada una de las preguntas</i>			
<i>A1</i>	<i>¿Qué pasaría si aumentara o disminuyera el número de personas que utilizan el producto simultáneamente?</i>	<i>VALORA CADA FACTOR CON BAJO (1), MEDIO (2), ALTO (3)</i>	
<i>A1.1</i>		<i>Importancia</i>	
		<i>Cantidad personas</i>	
		<i>Valor económico</i>	
		<i>Ausencia soluciones</i>	
<i>A1.2</i>		<i>Importancia</i>	
		<i>Cantidad personas</i>	
		<i>Valor económico</i>	
		<i>Ausencia soluciones</i>	
<i>A1.3</i>		<i>Importancia</i>	
		<i>Cantidad personas</i>	
		<i>Valor económico</i>	
		<i>Ausencia soluciones</i>	
<i>A1.4</i>		<i>Importancia</i>	
		<i>Cantidad personas</i>	
		<i>Valor económico</i>	
		<i>Ausencia soluciones</i>	
<i>A2</i>	<i>¿Qué pasaría si los usuarios cambiaran de tamaño?</i>		
<i>A2.1</i>		<i>Importancia</i>	
		<i>Cantidad personas</i>	

Para acabar de definir la propuesta, se les pidió que dibujaran un storyboard que recogiera la o las situaciones elegidas por los parámetros definidos anteriormente. Con ello la idea quedaría mejor definida, a través de un diseño dinámico, donde los estudiantes puedan reconocer mejor las necesidades cambiantes y, con ello, aplicar mejor los cambios para conseguir soluciones para aumentar la vida de uso de los productos.

### 3. Resultados

La valoración de la adecuación de las herramientas seleccionadas se ha realizado a través de cuestionarios de percepción, tanto al alumnado como al profesorado implicado. Los cuestionarios se han elaborado utilizando escalas Likert de 5 puntos (nada, poco, algo, bastante y mucho) para responder a preguntas relacionadas con el manejo y comprensión de la herramienta, con su utilidad para obtener nuevas ideas circulares y con la satisfacción en general.

#### 3.1 Percepción del estudiantado

En el caso de la asignatura de Diseño Conceptual, donde se combinó la técnica del Brainstorming con estímulos relacionados con las estrategias de circularidad, respondieron la encuesta a 32 alumnos. Como se puede ver en la Figura 8, una amplia mayoría de las respuestas fueron positivas (bastante o mucho), mientras que ninguno de los encuestados otorgó valoraciones negativas (poco o nada).

En el caso de la asignatura de Proyectos de Diseño, donde se enseñó el uso de métricas para valorar la circularidad en la fase de diseño conceptual, la encuesta la respondieron 49 alumnos (Figura 9). Las respuestas han sido también mayoritariamente positivas. Si bien en algunos de los aspectos planteados hubo en este caso una minoría, entre el 4% y el 8% que indicó

alguna valoración negativa (poco) en algunas de las preguntas. Ninguno de los encuestados seleccionó la respuesta “nada” para ninguna de las respuestas.

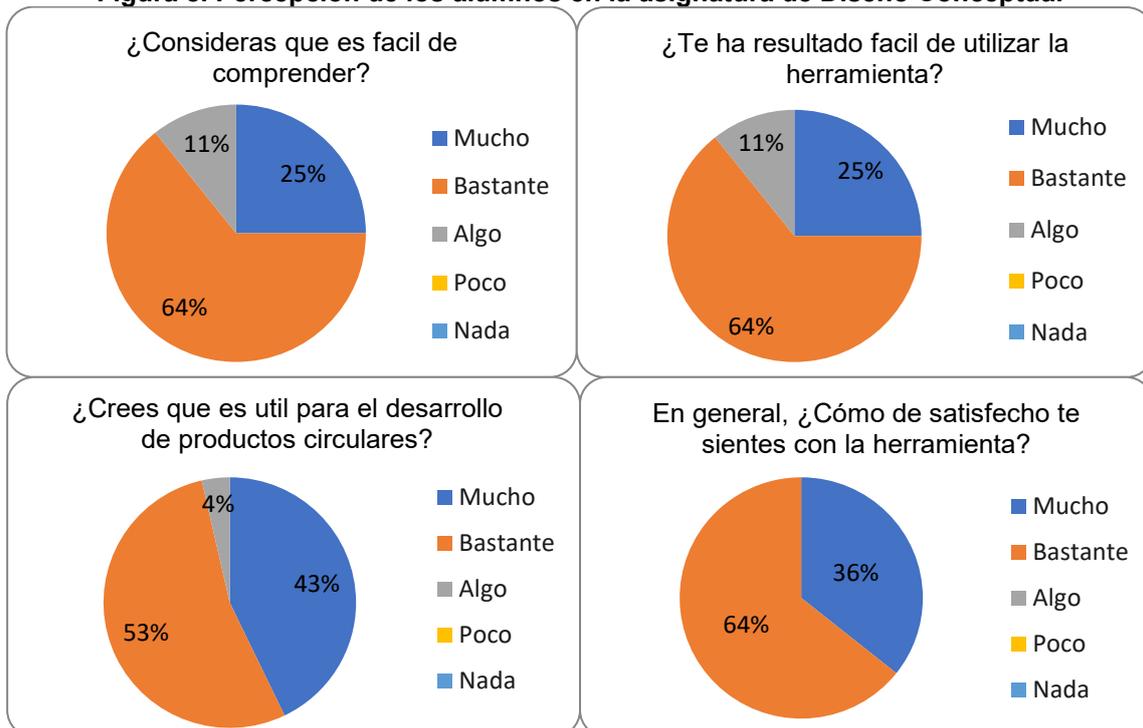
En la asignatura de Creatividad, Innovación y Resolución de Problemas respondieron un total de 16 alumnos (Figura 10). En este caso las respuestas también han sido mayormente positivas, si bien en este caso la percepción de su utilidad para el desarrollo de productos circulares no ha estado tan clara para todos los alumnos, puesto que la mitad de ellos han marcado la respuesta “algo”. La otra mitad sí que ha respondido positivamente, repartiéndose las respuestas entre “bastante” y “mucho”. La única pregunta en la que se han encontrado respuestas negativas ha sido en cuanto al nivel de satisfacción, en donde un 13% de los encuestados se ha manifestado “poco” satisfecho. En este caso, los que menos satisfechos se han mostrado con la herramienta son los mismos que menos fácil de utilizar la han encontrado, y también se encuentran entre los que han percibido en menor grado su utilidad para desarrollar productos circulares, por lo que la insatisfacción se podría ver como una combinación de ambos factores.

Por último, en la asignatura de máster Innovación y Patentes, han respondido sólo 6 alumnos, aunque todos ellos positivamente (Figura 11). En este caso, las valoraciones menos positivas se encuentran solamente en la percepción de la utilidad para desarrollar productos circulares, dónde un tercio ha seleccionado “algo”, aunque los otros dos tercios se han distribuido por igual entre “bastante” y “mucho”. La totalidad de los encuestados han manifestado que es “bastante” fácil de comprender, y del mismo modo se han declarado “bastante” satisfechos.

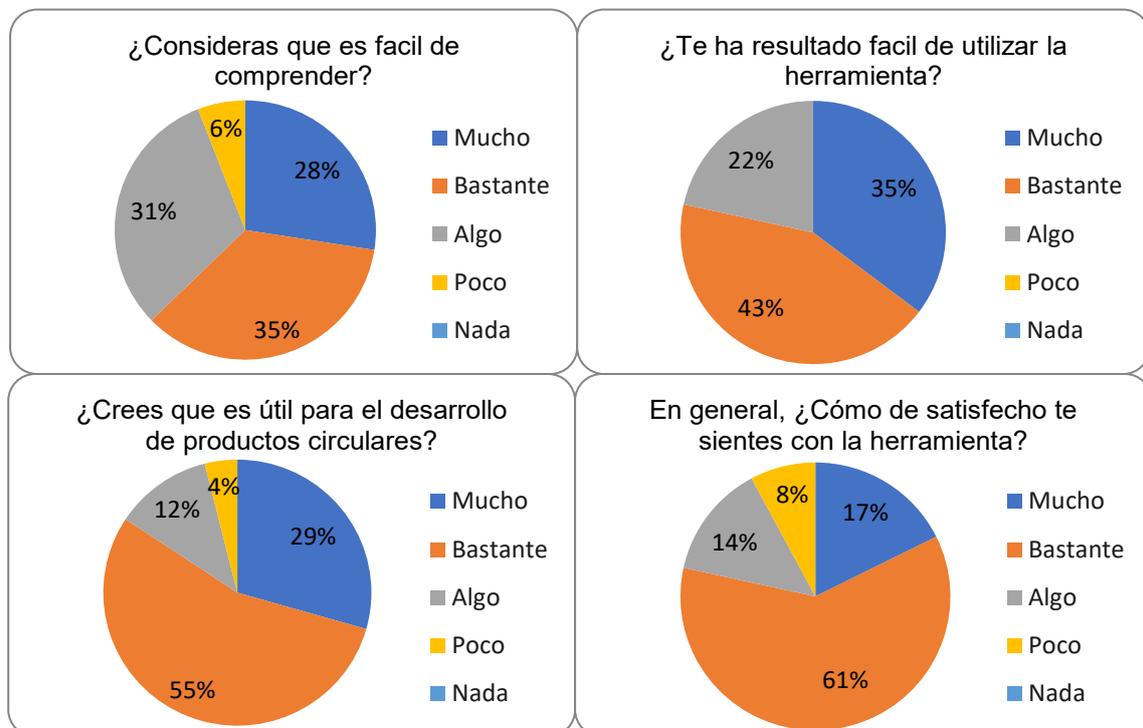
### **3.2 Percepción del profesorado**

Para la valoración por parte del profesorado, respondieron la encuesta ocho profesores implicados en las asignaturas (dos de cada asignatura), que impartieron las correspondientes herramientas implicadas en el estudio. La valoración por parte del profesorado ha sido muy positiva en todas las cuestiones planteadas, tal y como puede apreciarse en la Figura 12.

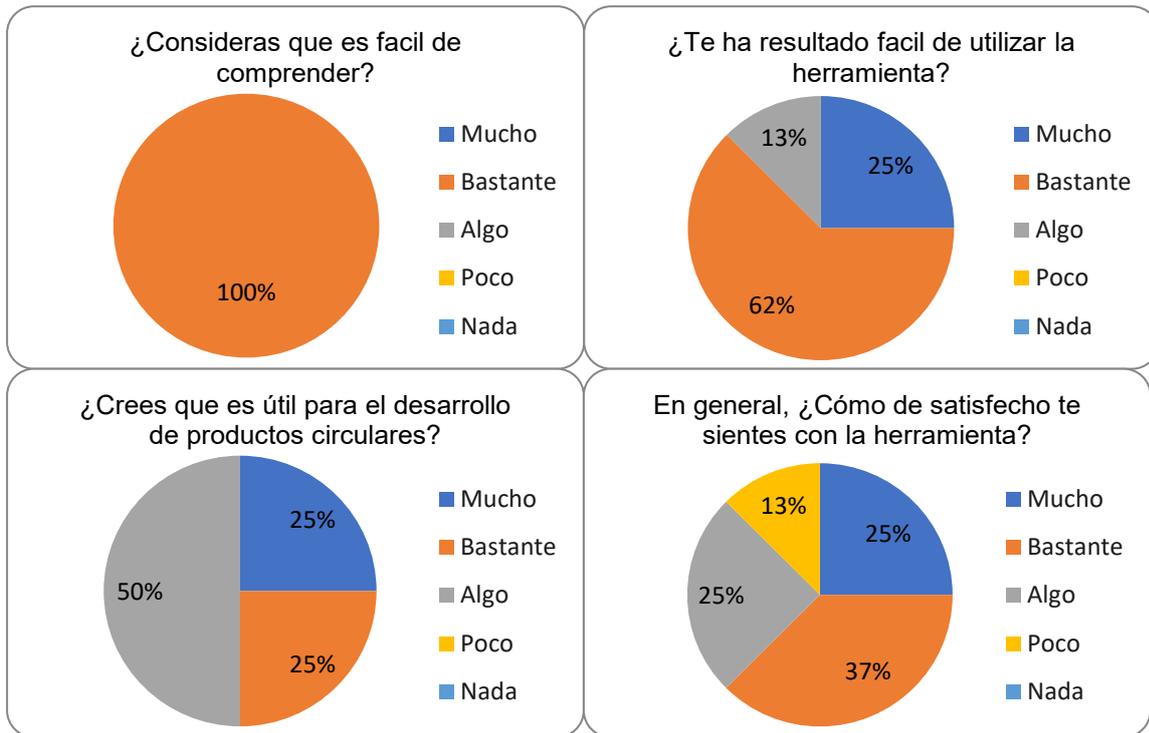
**Figura 8. Percepción de los alumnos en la asignatura de Diseño Conceptual**



**Figura 9. Percepción de los alumnos en la asignatura de Proyectos de Diseño**



**Figura 10. Percepción de los alumnos en la asignatura de Creatividad, Innovación y Resolución de Problemas**



**Figura 11. Percepción de los alumnos en la asignatura de Innovación y patentes**

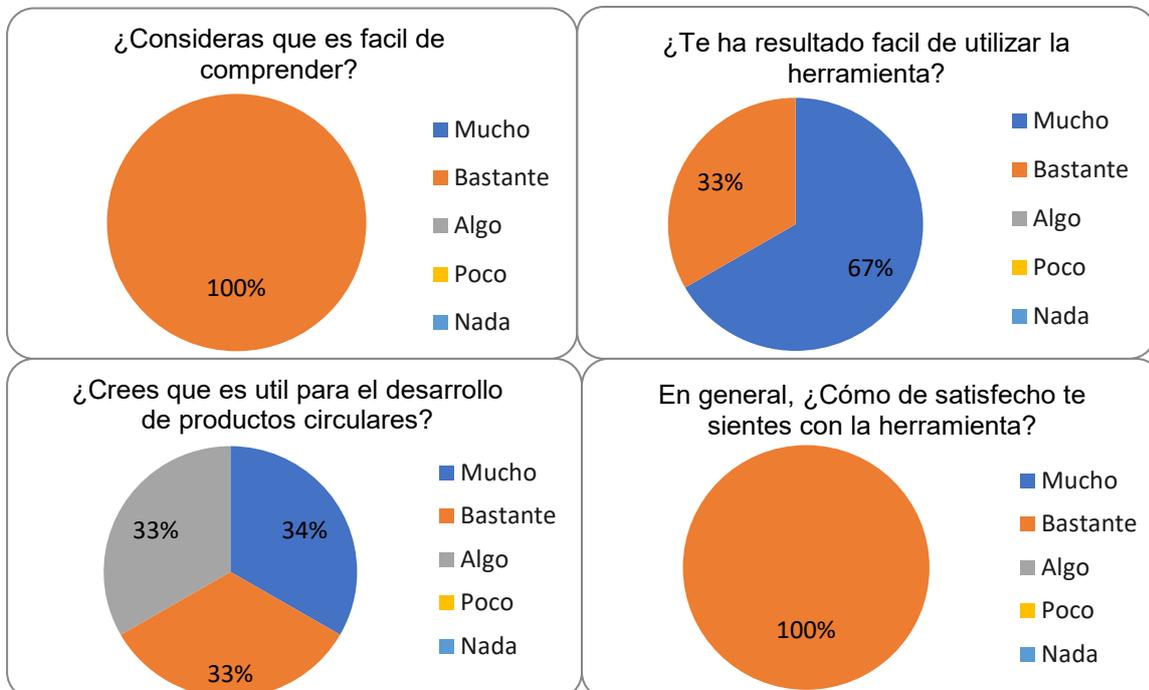
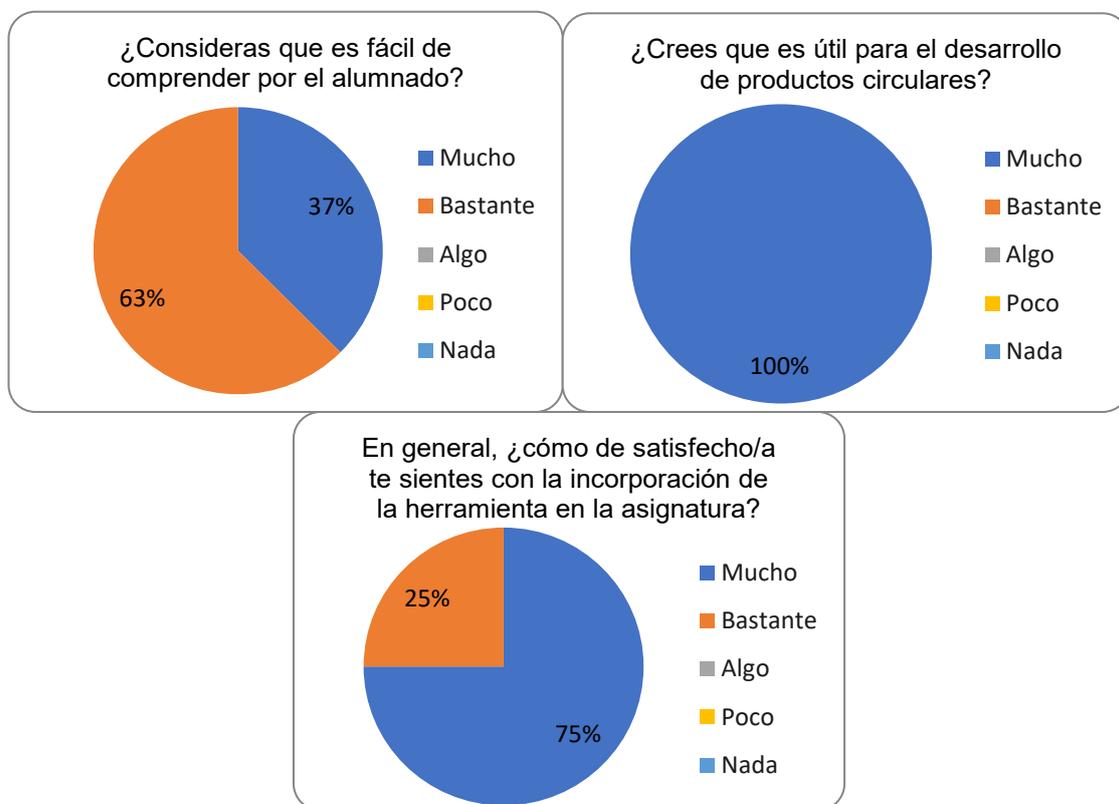




Figura 12. Percepción del profesorado



#### 4. Discusión y conclusiones

De los resultados de las encuestas, se puede apreciar una percepción positiva por parte del alumnado de las herramientas para el diseño circular que han sido integradas en las correspondientes asignaturas. En concreto, la satisfacción general media ha sido de 61% para muy satisfechos y de 23% de bastante satisfechos. La herramienta que mayor aceptación ha tenido sería la de Brainstorming + estímulos circulares, con un 36% de muy y 64% de bastante satisfechos. Ninguno de los alumnos encuestados se ha declarado nada satisfecho en ninguno de los 4 casos, y solo un 6% poco satisfecho, concentrándose su mayor parte en términos porcentuales con la herramienta de biomimética (13%).

En cuanto a la facilidad de comprensión y uso, en términos generales las han percibido más fáciles de utilizar que de comprender. Esto apunta a que la dificultad desde el punto de vista

de los alumnos reside en la comprensión de la herramienta, puesto que una vez asimilada la ven fácil de utilizar. También parece haber una relación directa entre la facilidad de uso y la satisfacción. Cuanto más difícil de utilizar la perciben, menos satisfechos se sienten, y la perciben más difícil de utilizar cuanto más les ha costado de comprender.

Por último, en lo referente a la percepción de la utilidad para la obtención de conceptos de producto más circulares, en su gran mayoría los alumnos han sido capaces de identificarla (85% de “mucho” y “bastante”), y sólo en un 2% de los casos les ha costado asociarlo. Este porcentaje se concentra en la herramienta de la métrica adaptada de MCI (Ellen MacArthur Foundation, 2015), lo cual tendría sentido, ya que la métrica se utiliza para evaluar y seleccionar los conceptos más circulares, pero puede que algunos alumnos no le vean la relación directa en cuanto a la obtención de conceptos circulares, ya que no se ha aplicado durante las fases más tempranas del diseño conceptual (generación de soluciones), sino que se aplica en fases más tardías (selección de alternativas).

En lo que respecta a la opinión del profesorado que ha impartido las herramientas, esta ha sido incluso más positiva. En todas las preguntas las respuestas han sido “mucho” o “bastante”. El acuerdo en cuanto a la percepción de la utilidad para la obtención de conceptos de producto más circulares ha sido unánime en cuanto al 100% de las respuestas lo han valorado como “mucho”. Los profesores se han mostrado mayoritariamente muy satisfechos (75%) con las herramientas empleadas y el resto bastante satisfechos. Aunque también positivos, no ha habido tanta seguridad al en cuanto a la facilidad de explicarlas a los alumnos (50% mucho y 50% bastante) y a la facilidad de comprenderlo por los mismos (37% mucho, 63% bastante). Aun así, se considera desde la perspectiva del profesorado un éxito la incorporación de las diferentes herramientas para la circularidad en sus clases y, por lo tanto, recomendable.

En el presente trabajo se ha mostrado la incorporación en la enseñanza de herramientas para el diseño circular en diferentes niveles académicos, y por tanto a diferentes grupos de alumnos. Se ha visto, por tanto, la percepción aislada en los diferentes niveles, pero faltaría conocer la percepción de alumnos que hayan pasado por todos los niveles a lo largo de su desarrollo académico. Y sería interesante poder valorar también el nivel de adquisición de competencias de diseño circular al final de todo el proceso. Se requerirá, por tanto, de un estudio longitudinal para hacer un seguimiento de un mismo grupo de alumnos a lo largo de todos sus estudios de grado (y máster a ser posible). Del mismo modo, el análisis de la implantación se ha limitado a un periodo lectivo de un solo curso, por lo que la muestra también es limitada en cuanto a cantidad de respuestas. La realización del estudio longitudinal permitirá, del mismo modo, incrementar la cantidad de respuestas total. Todo esto permitirá ratificar estas valoraciones positivas de un modo más firme, y al mismo tiempo permitirá valorar el nivel de competencia en diseño circular adquirido al finalizar todo el proceso académico en el que ésta ha sido integrada transversalmente.

## Referencias

- Celades, I., Ros, T., Rocha, C., Camocho, D., Schmidt, K., Pamminger, R., Schmidt, S., Kalleitner-Huber, M., Veral, S., Ruiz-Pastor, L, Mulet, E. & Chulvi, V. (2017). KATCH\_e: Introducing circular economy into higher-education design curricula. *Proceedings of the 18th European Roundtable on Sustainable Consumption and Production*, Skiathos, Greece, 1-5.
- Dan, M. C., & Østergaard, T. (2021). Circular Fashion: The New Roles of Designers in Organizations Transitioning to a Circular Economy. *The Design Journal*, 24(6), 1001-1021.
- Del Vecchio, P., Secundo, G., Mele, G., & Passiante, G. (2021). Sustainable entrepreneurship

education for circular economy: emerging perspectives in *Europe*. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*.

Dey, P. K., Malesios, C., De, D., Budhwar, P., Chowdhury, S., & Cheffi, W. (2020). Circular economy to enhance sustainability of small and medium-sized enterprises. *Business Strategy and the Environment*, 29(6), 2145-2169.

Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Circularity indicators: An approach to measuring circularity*.

Evans, J. L., & Bocken, N. M. P. (2014). A tool for manufacturers to find opportunity in the circular economy: [www.circulareconomytoolkit.org](http://www.circulareconomytoolkit.org). *KES Transactions on Sustainable Design and Manufacturing I*, 2011, 303–320.

Giannoccaro, I., Ceccarelli, G., & Fraccascia, L. (2021). Features of the Higher Education for the Circular Economy: The Case of Italy. *Sustainability*, 13(20), 11338.

Kirchherr, J., & Piscicelli, L. (2019). Towards an education for the circular economy (ECE): five teaching principles and a case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104406.

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.

Osborn, A. F. (1957). *Applied imagination*. NY: Scribner.

Pitt, J., & Heinemeyer, C. (2015). Introducing ideas of a circular economy. In *Environment, Ethics and Cultures* (pp. 245-260). Brill.

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>

Sumter, D. X., Bakker, C. A., & Balkenende, A. R. (2017). The role of product designers in the transition towards the Circular Economy: A Reality Check. In *PLATE: Product Lifetimes And The Environment* (pp. 391-396). IOS Press.

The Biomimicry Institute. (2018). *AskNature database*

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

