

## ***La economía circular en el proceso de diseño de un ingeniero.***

**PhD Pere Llorach Massana<sup>a,\*</sup>, MSc Jéssica Fernández Cano<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> ELISAVA, Escuela Superior de Diseño e Ingeniería. La Rambla 30-32. 08002 Barcelona

\*pllorach@elisava.net

**Palabras clave** – Diseño, Ingeniería, Economía Circular, Análisis de Ciclo de Vida

### **Resumen**

La economía circular parece ser la solución que finalmente, tanto empresas como gobiernos, han decidido adoptar para luchar contra el exceso de consumo de materias primas y generación de residuos. Entre otros aspectos, la economía circular promueve el uso de residuos como materia prima y el correcto diseño de los productos para que, al final de su vida útil, estas materias puedan ser recuperadas para producir el mismo u otros productos.

Si bien estas estrategias pueden ser esenciales para minimizar el consumo de materias primas y la generación de residuos, no garantizan una reducción de los impactos ambientales de los productos. Por ejemplo, puede suceder que el proceso de reciclado de un material genere una mayor huella de carbono que el proceso de extracción de esta misma materia. Por este motivo, es preciso que las estrategias que acompañan la economía circular sean validadas mediante las metodologías del análisis de ciclo de vida y el ecodiseño. De este modo podremos optimizar estas estrategias para garantizar que, en su aplicación, el impacto ambiental de los productos y servicios circulares realmente disminuye.

Tal y como algunas entidades ya comentaron en los años 90, la etapa de diseño tiene un gran potencial para minimizar el impacto ambiental de los productos y servicios, debido a la elevada cantidad de decisiones que se toman en dicha etapa y que influyen en el resto del ciclo de vida. El proceso estándar de diseño ya ha sido definido y testeado a lo largo de la historia del diseño. Éste contempla estrategias para el diseño industrial pero no las estrategias para implementar una economía circular. Basándonos en nuestra experiencia como docentes e investigadores, planteamos una propuesta para integrar la economía circular dentro del proceso de diseño de producto y servicios que enseñamos a los alumnos. La propuesta, pretende garantizar que el alumnado, y futuros ingenieros de diseño, puedan diseñar productos para una economía circular con el menor impacto ambiental posible.

Este proceso, ya adaptado, ha sido testeado con los alumnos del Grado en Diseño Industrial de Elisava, una escuela superior de diseño e ingeniería. Los resultados de los proyectos desarrollados por los alumnos son productos circulares en los que se ha trabajado para que tengan un menor impacto ambiental. De esta experiencia, se puede concluir que trabajar con dicho proceso, favorece notablemente a aumentar la circularidad de los productos y minimizar su impacto ambiental.

## 1. Introducción

Introducir el vector ambiental dentro de la empresa tiende a generar miedos y rechazo. Las empresas ven la inclusión de los aspectos ambientales en sus productos como un sobreesfuerzo que no reportará valor económico alguno. Con la aparición de la economía circular dicha percepción parece estar cambiando. Sin embargo, debido a que los procesos de mejora ambiental suelen requerir de análisis previos, el sector industrial percibe que estos procesos aportan información y datos pero no soluciones específicas.

Uno de los perfiles profesionales con gran capacidad para aportar soluciones al sector industrial es el Ingeniero en Diseño Industrial. Es preciso que los futuros ingenieros en diseño reciban a lo largo de su formación herramientas para poder aplicar la economía circular y el vector ambiental en empresas y los productos que estas desarrollan. Este perfil profesional debe ser capaz de analizar aspectos ambientales, comprenderlos y llevarlos a su terreno para transformar la información extraída en nuevas oportunidades de negocio.

### 1.1. Bases de la economía circular

El presente modelo de economía lineal, también conocido como economía del “comprar, usar, tirar”, está basado en un elevado consumo de materias primas de la naturaleza y la generación de grandes cantidades de residuos que el planeta tierra no es capaz de asimilar. Este modelo lineal ha provocado una disminución de las materias primas disponibles y una inestabilidad en su suministro que afecta directamente a su precio, cada vez más inestable, y a la continuidad de los modelos actuales de producción. Además, la economía lineal ha sido una de los principales causantes del cambio climático y de la degradación del medio ambiente (Foundation 2013).

La economía circular se presenta como una solución que, tanto empresas (Lieder and Rashid 2016) como gobiernos (Ghisellini, Cialani, and Ulgiati 2016), han decidido adoptar para luchar contra el exceso de consumo de materias primas y generación de residuos (ver Tabla 1). Entre otros aspectos, la economía circular promueve el uso de residuos como materia prima y el correcto diseño de los productos para que, al final de su vida útil, estas materias puedan ser recuperadas para producir el mismo u otros productos (Murray, Skene, and Haynes 2017).

**Tabla 1. Diferencias entre la economía lineal y la economía circular (Foundation 2013)**

Economía Lineal	Economía Circular
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escasez de recursos</li> <li>• Suministro inestable de materias primas</li> <li>• Precio volátil de las materias primas</li> <li>• Inestabilidad de mercado</li> <li>• Generación de residuos sin valor económico</li> <li>• Cambio climático y degradación del medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de residuos como materia prima</li> <li>• Reducción del consumo de materias primas</li> <li>• Minimiza de la generación de residuos</li> <li>• El valor económico de los recursos y materiales se mantiene a lo largo del tiempo.</li> <li>• Nuevas oportunidades de negocio.</li> <li>• En general, promueve el enfoque social de la economía</li> <li>• Reduce la degradación del medio ambiente</li> </ul>

Según la Unión Europea, la transición hacia una economía circular es necesaria y está estrechamente relacionada con el crecimiento económico, la generación de empleos y la innovación industrial. Concretamente, Europa ha establecido un programa para la transición hacia una economía circular con los siguientes objetivos para el año 2030: aumento del reciclaje de residuos municipales hasta el 65%, reciclar el 70% de los residuos de envases y minimizar el porcentaje de residuos municipales destinados a vertederos hasta el 10% (European Commission 2015). Por lo tanto, es necesario que en un futuro inmediato tanto economistas, ingenieros y diseñadores, entre otros, entiendan la necesidad de cambio y empiecen a trabajar y proyectar desde un enfoque que garantice la transición hacia una economía circular.

## 1.2. Diseño y economía circular

Des del ámbito del diseño han surgido distintas herramientas para dar soporte al diseño de productos y servicios circulares. Entre otras, cabe destacar las metodologías generadas por la Universidad de Delft (Bakker et al. 2014) y la Guía de Diseño Circular<sup>1</sup> impulsada por la Ellen MacArthur Foundation en colaboración con IDEO. Ambos contenidos proporcionan a diseñadores herramientas para diseñar sin generar residuos, sin utilizar elementos tóxicos y favorecer a la vez, el reuso de productos y la reutilización y reciclaje de materias primas.

Si bien estas estrategias pueden ser esenciales para minimizar el consumo de materias primas y la generación de residuos, no garantizan la reducción de los impactos ambientales de los productos, sistemas y servicios. Por ejemplo, puede suceder que el proceso de reciclado de un material genere una mayor huella de carbono que el proceso de extracción de esta misma materia. Por este motivo, las estrategias que acompañan la economía circular suelen y deben ser validadas mediante las metodologías del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). De este modo se podrán optimizar estas estrategias para garantizar que, en su aplicación, el impacto ambiental de los productos y servicios circulares realmente sea el menor posible.

El proceso de diseño utilizado a lo largo de las distintas épocas de la historia ha sido consolidado y validado desde diversos enfoques metodológicos del diseño, generando así modelos estándares testeados y validos en el ámbito profesional (Dym 2006; Dym et al. 2005; Sahagún 2012; Akili 2015). Las necesidades actuales respecto al diseño de

<sup>1</sup> <https://www.circulardesignguide.com/>

producto y su repercusión en todas las áreas transversales han requerido de diversas adaptaciones de los procesos de diseño originales. Esto ha llevado a considerar incluir métodos, técnicas o herramientas de procesos que no son exclusivos del diseño. Algunos ejemplos relevantes son los relacionados con los ámbitos de la estrategia de negocios (T. Brown 2008) o la innovación social (B. T. Brown and Wyatt 2010), entre otros.

Aunque se han detectado aproximaciones de implementación desde la economía circular en el proceso de diseño habitual, quedaría por determinar el papel de la economía Circular en el proceso definido para la Ingeniería el Diseño industrial de ELISAVA. Esto permitiría garantizar que el alumnado diseñe productos, sistemas y servicios circulares con el menor impacto ambiental posible para la industria.

El presente artículo, basado en la experiencia de ELISAVA en ingeniería, diseño, investigación y docencia, plantea una propuesta para integrar la economía circular dentro del proceso de diseño que se enseña al alumnado del Grado en Ingeniería Industrial de la propia universidad. La propuesta ha sido testeada y validada en asignaturas proyectuales con estudiantes, obteniendo como resultado el diseño de productos circulares en los que se ha trabajado para minimizar su impacto ambiental.

## 2. Adaptación de la metodología de diseño para una economía circular

En Elisava escuela universitaria de diseño e ingeniería, en especial desde el Grado en Ingeniería de Diseño Industrial, se trabaja bajo un proceso de diseño en ingeniería propio, ver Figura 1 (Corral et al. 2016). Este proceso de trabajo es el resultado del estudio y la comprensión de los procesos de diseño y de ingeniería generales. Dicho proceso ha sido implementado, testeado y validado durante los últimos 4 años. Actualmente es utilizado por las y los estudiantes para el desarrollo de sus proyectos durante y después de la formación. Sin embargo, la metodología no contempla estrategias para la economía circular y la reducción de los impactos ambientales de productos y servicios.

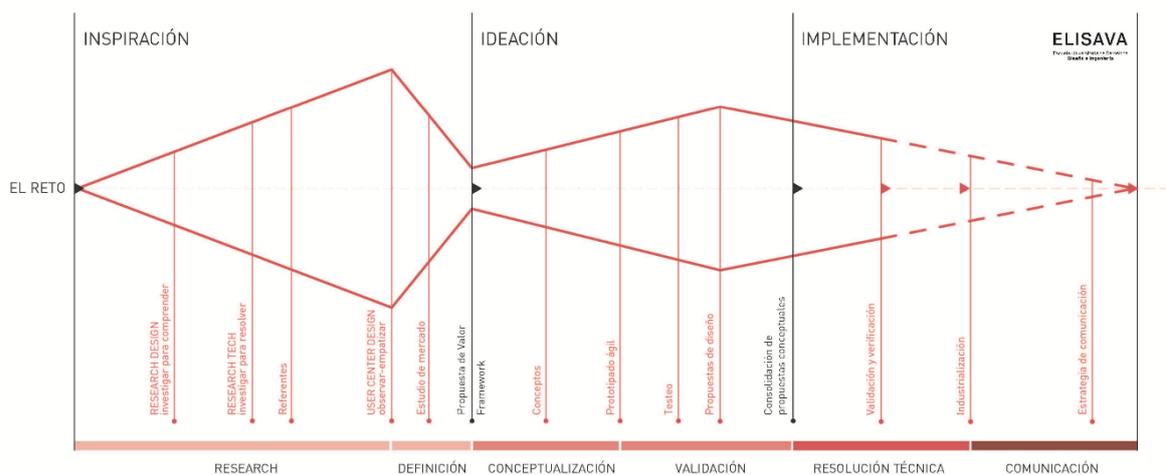


Figura 1. Esquema de proceso de diseño en la Ingeniería de Diseño Industrial en ELISAVA (del Corral et al. 2016).

Dado que los resultados obtenidos<sup>2</sup> al aplicar el proceso de diseño propio (ver Figura 1) han sido claramente diferenciadores y han sido aceptados por las y los estudiantes de forma natural e intuitiva, se decidió construir sobre esta estructura e incluir esos aspectos que permitieran trabajar la economía circular y el vector ambiental. Partiendo del primer nivel estructural (inspiración, ideación e implementación), se realizaron las siguientes propuestas de cambio (ver Tabla 2):

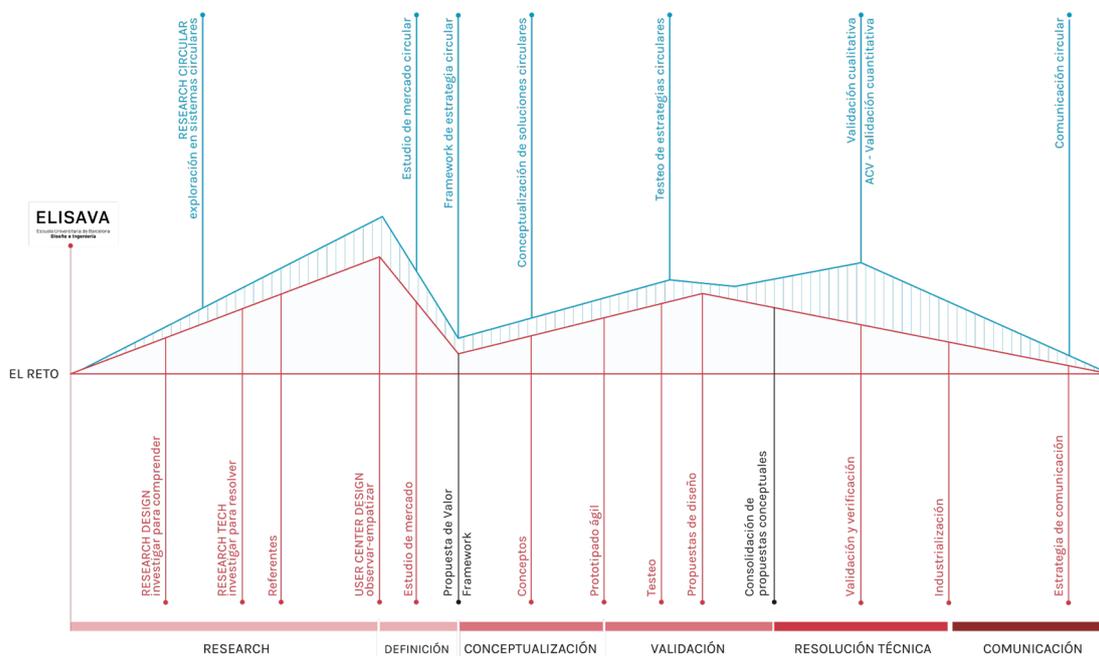
**Tabla 2. Ítems añadidos en el proceso de diseño en el Grado en Ingeniería de Diseño Industrial en ELISAVA para incluir la economía circular y el vector ambiental**

Ítem	Descripción
<b>Visión de economía circular</b>	Una vez definido el reto del proyecto es necesario entender el concepto de economía circular para comprender sus implicaciones a distintas escalas.
<b>CIRCULAR RESEARCH</b> <b>Exploración en sistemas circulares</b>	Investigación y buscar soluciones, tecnologías, materiales u otros elementos que puedan favorecer al desarrollo de productos circulares.
<b>Estudio de mercado circular</b>	Realizar un análisis de la circularidad de los productos encontrados durante el estudio de mercado del proyecto. Entender como se ha aplicado la economía circular y detectar aspectos que podrán ser aplicados a las futuras propuestas de diseño.
<b>Framework de estrategia circular</b>	Definir el marco de trabajo y la estrategia de diseño circular específica del proyecto. Ejemplo: definir posibles colaboradores que puedan proporcionarnos aquellos residuos que serán las materias primas con las que produciremos nuestro producto.
<b>Conceptualización de soluciones circulares</b>	Incluir en la conceptualización del diseño propuestas para la circularidad del producto.
<b>Testeo de estrategias circulares</b>	Testear y definir en detalle cómo aplicar y desarrollar las estrategias que garanticen la circularidad del producto.
<b>Circularidad de los materiales</b>	Los materiales de los productos deben ser no tóxicos y poder tener nuevos usos después del fin de vida del producto en el que serán aplicados. Se recomienda definir correctamente de donde vienen y hacia dónde irán los materiales que se utilicen.
<b>Validación cualitativa</b>	Para garantizar la circularidad del producto diseñado se requiere de realizar una iteración y revisión de todas las estrategias de circularidad aplicadas previamente. Se recomienda situar el producto dentro del diagrama de mariposa <sup>3</sup> de la economía circular. Se deberá trabajar para que el producto se mantenga el máximo tiempo posible en las cascadas inferiores del diagrama.
<b>Validación cuantitativa (ACV)</b>	Mediante la metodología del ACV se procederá a validar si el producto diseñado tiene un menor impacto ambiental que otros productos del mismo sector. Ejemplo: se garantizará que el producto tenga una huella de carbono menor a la de los productos ya existentes en el mercado.
<b>Comunicación circular</b>	El producto debe comunicar por si solo el enfoque de economía circular que le ha sido aplicado. Además, la difusión del producto deberá mostrar las estrategias de circularidad aplicadas para transmitir su alto valor añadido y generar conciencia ambiental.

<sup>2</sup> En la siguiente página web pueden consultarse los mejores proyectos finales de carrera de la universidad de ELISAVA: <http://ei.elisava.net/es/>

<sup>3</sup> <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/infographic>

La Figura 2 muestra el esquema de proceso de diseño de un ingeniero de ELISAVA desde el enfoque de economía circular, tomando como base el esquema original. Como puede observarse, a lo largo de todo el proceso de diseño aparecen los aspectos a tener en cuenta para garantizar el diseño de productos circulares. Estos ítems deben ser adaptados y aplicados según las necesidades de cada proyecto. La mayoría de los ítems añadidos son complementarios a las técnicas y herramientas usadas en un proceso de diseño genérico. Por ejemplo, el estudio de mercado circular no substituye el estudio de mercado tradicional, sino que propone analizar la circularidad de los productos del estudio de mercado para detectar nuevas oportunidades respecto a la competencia. Sin embargo, la validación cualitativa y cuantitativa del producto aparecen como nuevos ítems a incluir en el proceso de diseño.



**Figura 2. La economía circular en el proceso de diseño de la Ingeniería de Diseño Industrial en ELISAVA.**

### 3. Testeo y validación de la metodología adaptada para la economía circular

Durante el curso 2017-2108 se ha puesto en práctica la propuesta de proceso de diseño en proyectos realizados en el Grado en Ingeniería de Diseño Industrial. Las Tabla 3 y Tabla 4 muestran dos ejemplos de los proyectos desarrollados por el alumnado. En primer lugar, el proyecto Restos destaca por el esfuerzo realizado para garantizar que los materiales del producto puedan ser recuperados y reutilizados de manera sencilla para generar el mismo producto. En segundo lugar, el proyecto Infinity, destaca por su visión sistémica y la generación de una nueva propuesta para la gestión de las cápsulas Nespresso.

Como puede observarse en ambos proyectos los resultados del ACV evidencian que, a pesar de haber aplicado estrategias para una economía circular, el impacto ambiental de

los productos todavía podía reducirse de manera significativa. Estos resultados refuerzan la idea de que es necesario incluir la validación ambiental dentro de los procesos de la ingeniería en diseño.

**Tabla 3. Proyecto Restos**

**Proyecto**

**Título:** Restos

**Descripción:** Estantería de almacenamiento modular para los Squats de Atenas, donde refugiados de la crisis migratoria europea conviven. La estantería se monta a través de una única pieza modular que se obtiene mediante un proceso de fabricación simple que los propios refugiados pueden realizar. Las materias primas utilizadas son residuos de ropa vieja unidos con un aglutinante natural casero. Este aglutinante se puede disolver con agua para recuperar piezas de ropa y reconstruir posibles partes dañadas.

**Autores:** Gemma Delgado Morell, Sergio García Bogunyà, Daniel Lopera Corredor, Bernat Santaegüenia Saura

**Imágenes del proyecto**



**ACV**

**Descripción:** Al tratarse de un producto que utiliza materia prima local y un proceso de producción con bajo consumo energético, las posibles mejoras para minimizar el impacto ambiental del producto fueron mínimas. Concretamente, éstas se centraron en buscar posibles residuos agrícolas como alternativas para las materias primas con las que se elabora el aglutinante para unir los trozos de ropa.

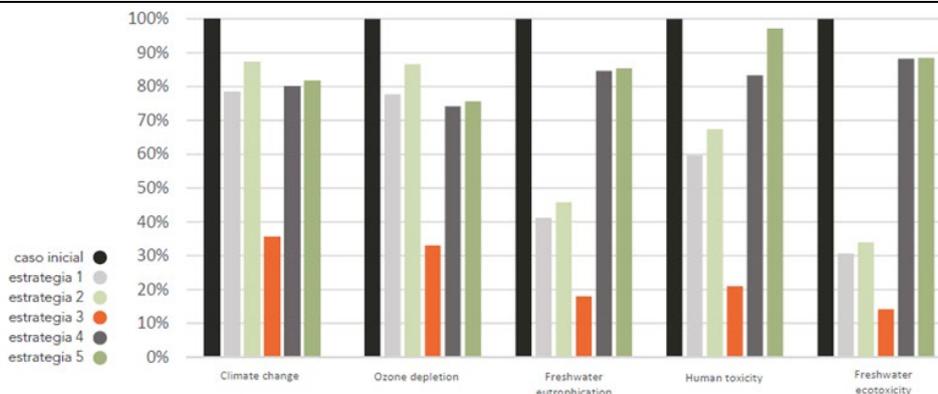


Tabla 4. Proyecto Infinity

## Proyecto

**Título:** Infinity

**Descripción:** Sistema que permite separar con facilidad las capsulas Nespresso en las plantas de tratamientos de residuos. Los consumidores de capsulas Nespresso pueden adquirir una bolsa en la que exclusivamente desecharán las capsulas. Dicha bolsa debe ser posteriormente depositada en el contenedor amarillo. La bolsa es fácilmente detectable y separable en la planta de gestión de residuos, para poder así recuperar las capsulas para posteriormente separar el café del aluminio y dar una nueva vida útil a ambas materias.

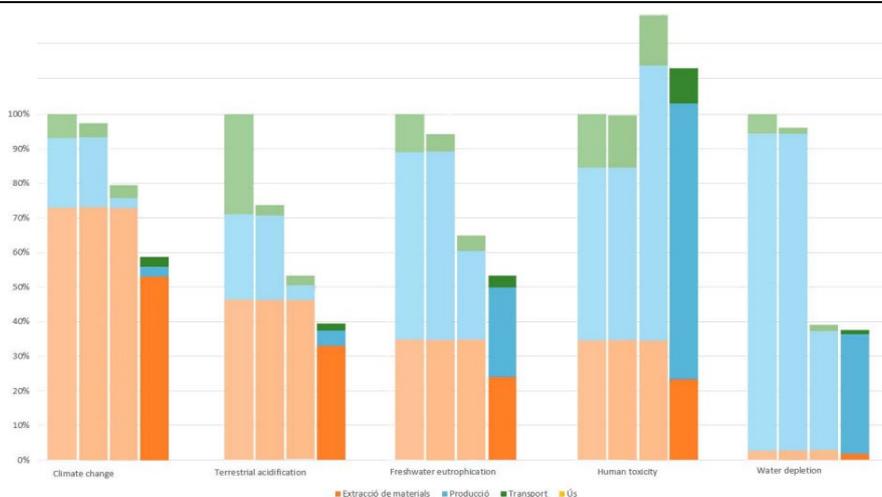
**Autores:** Jaume Guardiola Salvatella, Ferràn Alguero Martínez, Damià Cusí Arias

## Imágenes del proyecto



## ACV

**Descripción:** Los principales impactos ambientales de este producto fueron generados por las materias primas y los procesos de fabricación. Por este motivo, estos fueron modificados. La gráfica adjunta, muestra el impacto ambiental del escenario original (escenario de la izquierda para cada categoría de impacto) junto al impacto ambiental de tres escenarios de mejora propuestos.



## 4. Conclusiones

Los resultados mostrados en este artículo son una primera aproximación a la adaptación del proceso de diseño hacia una economía circular. Es preciso que en futuros estudios se profundice en los detalles y aspectos más relevantes de cada uno de los ítems añadidos en la nueva propuesta metodológica.

La implementación de este proceso de diseño ha permitido diseñar productos, sistemas y servicios que aportan una clara visión de implementación industrial en la que la base es la economía circular, la estrategia ambiental, la optimización de los procesos y la eficiencia de los recursos.

El proceso propuesto ha tenido una buena acogida entre las y los estudiantes, cada vez más concienciadas y concienciados sobre los aspectos ambientales. El haber construido sobre un modelo de proceso asumido, interiorizado y consolidado en el sector de diseño ha permitido una rápida comprensión por sus usuarios, en este caso estudiantes. Éstos entienden que, tanto por necesidades de mercado como por inquietudes propias, a lo largo de su trayectoria profesional deberán desarrollar productos circulares y limpios. Con esta adaptación en la formación del alumnado se promueve la introducción en el mercado de nuevos profesionales con las herramientas para transformar los presentes modelos de negocios en modelos circulares sostenibles.

## Referencias

- Akili, Waddah. 2015. "Perspectives on Engineering Design Learning: Realities, Challenges, and Recommendations." In 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1–7. IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2015.7344190>.
- Bakker, Conny, Marcel den Hollander, Ed van Hinte, and Yvo Zijlstra. 2014. *Products That Last. Product Design for Circular Business Models*. 1st ed. Delft, Netherlands: TU Delft Library.
- Brown, By Tim, and Jocelyn Wyatt. 2010. "Design Thinking for Social Innovation." *Stanford Social Innovation Review Winter (Winter 2010)*: 30–35. <https://doi.org/10.1108/10878571011042050>.
- Brown, Tim. 2008. "Design Thinking." *Harvard Business Review* 86 (6).
- Corral, Anna Ma del, Jessica Fernández, Marta González, and Xavier Riudor. 2016. "Una Mirada a La Ingeniería de Diseño Industrial de ELISAVA. Una Ingeniería Que Interpreta, Proyecta, Representa y Construye." *Elisava TdD 0* (32): 80–97.
- Corral, Anna Ma del, Jéssica Fernández, Marta González, and Xavier Riudor. 2016. "Una Mirada a La Ingeniería de Diseño Industrial de ELISAVA." *Temas de Disseny*. Vol. 32. <https://doi.org/1889-5891>.
- Dym, Clive L. 2006. "Engineering Design: So Much to Learn\*," 422–28.
- Dym, Clive L, Alice M Agogino, Ozgur Eris, Daniel D Frey, and Larry J Leifer. 2005. "Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning." *JEE Journal of Engineering Education* 94 (1). WILEY: 103–120. <https://doi.org/10.1109/EMR.2006.1679078>.
- European Commission. 2015. "Closing the Loop - An EU Action Plan for the Circular Economy." Brussels. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF).
- Foundation, Ellen MacArthur. 2013. "Towards the Circular Economy. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition." <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>.
- Ghisellini, Patrizia, Catia Cialani, and Sergio Ulgiati. 2016. "A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems." *Journal of Cleaner Production* 114 (February). Elsevier: 11–32. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.09.007>.

- Lieder, Michael, and Amir Rashid. 2016. "Towards Circular Economy Implementation: A Comprehensive Review in Context of Manufacturing Industry." *Journal of Cleaner Production* 115 (March). Elsevier: 36–51. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.12.042>.
- Murray, Alan, Keith Skene, and Kathryn Haynes. 2017. "The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context." *Journal of Business Ethics* 140 (3). Springer Netherlands: 369–80. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>.
- Sahagún, Rubén. 2012. "Evolución de Los Métodos En El Diseño Industrial." *Revista Electrónica De Investigación En Diseño*, no. 16: 41–54.