

04-013

### **CIRCULARITY ASSESSMENT TOOLS FOR ORGANISATIONS: ARE THEY SENSITIVE ENOUGH TO DETECT ALL THE CIRCULAR IMPROVEMENT?**

Valls-Val, Karen (1); Alejandrino, Clarisa (2); Ibáñez-Forés, Valeria (1); Bovea Edo, María Dolores (1); Mercante, Irma (2)

(1) Universitat Jaume I, (2) Universidad Nacional de Cuyo

The transition towards circular economy has been identified as one of the current challenges for organizations. For this reason, in recent years different tools have been developed to measure the level of circularity of organisations, using qualitative and quantitative information. The aim of this study is to determine whether these tools are sensitive enough to detect the progress made by organisations in their transition from the linear model to the circular model. To this end, the level of circularity of a construction material production company has been obtained by applying a qualitative tool (TECNUM) and a quantitative tool (CTI-Tool). Then, different scenarios have been modelled in which circularity is improved by the use of recycled raw materials, waste recovery, effluent recirculation, energy efficiency, etc. On the basis of the results obtained, it can be concluded that the level of circularity calculated in each tool is not improved when implementing all the measures, especially those related to the valorisation of liquid effluents or transport.

Keywords: Circular economy; tool; organisation; circularity; improvement

### **HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CIRCULARIDAD DE LAS ORGANIZACIONES: ¿SON SUFICIENTEMENTE SENSIBLES COMO PARA DETECTAR TODAS LAS MEJORAS CIRCULARES?**

La transición hacia una Economía Circular es uno de los retos actuales de las organizaciones. Por ello, en los últimos años se han desarrollado diferentes herramientas capaces de medir el nivel de circularidad de las organizaciones, tanto a partir de información cualitativa como cuantitativa. El objetivo de este estudio es determinar si estas herramientas son lo suficientemente sensibles como para detectar los avances que realizan las organizaciones en su transición del modelo lineal al modelo circular. Para ello, se ha obtenido el nivel de circularidad de una empresa de producción de material de construcción en una herramienta cualitativa (TECNUM) y en una cuantitativa (CTI-Tool). A continuación, se han modelado diferentes escenarios en los que se mejora su circularidad gracias al uso de materias primas recicladas, valorización de residuos, recirculación de efluentes, eficiencia energética, etc. En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que el nivel de circularidad no se ve mejorado al implementar todas las mejoras en ambas herramientas, en especial en aquellas relacionadas con la valorización de efluentes líquidos o transporte.

Palabras clave: Economía circular; herramienta; organización; circularidad; mejora

Correspondencia: Karen Valls Val: kvalls@uji.es

Agradecimientos: Este estudio se ha realizado gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (DPI2017-89451-R y FPU18/02816).



©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 transición hacia una Economía Circular (EC) se ha identificado como uno de los mayores retos de la sociedad en la última década. Con este propósito, el 2 de diciembre de 2015, la Comisión Europea aprobó un “Plan de acción de economía circular” (COM 614, 2015), que se actualizó en el año 2020 con el “Nuevo Plan de Acción de Economía Circular” (COM 98, 2020). La implementación a nivel nacional de este nuevo plan de acción, se ha realizado a través de la “Estrategia Española de Economía Circular - España circular 2030” (EEEEC, 2020) y el I Plan de Acción de Economía Circular 2021-2023 (PAEC, 2021).

La finalidad de todo este marco normativo es conseguir que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible, y en que se reduzca al mínimo la generación de residuos. Se trata de implementar acciones basadas en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, servicios, residuos, materiales, agua y energía.

Además, el “Nuevo Plan de Acción de Economía Circular” es el eje central del Pacto Verde Europeo (COM 640, 2019), que promueve conseguir la neutralidad climática de la Unión Europea para 2050, mediante la implementación de acciones como:

- Suministro de energía limpia, asequible y segura.
- Movilización de la industria en pro de una economía limpia y circular.
- Uso eficiente de la energía y los recursos en la construcción y renovación.
- Contaminación cero en un entorno sin sustancias tóxicas.
- Preservación y restablecimiento de los ecosistemas y la biodiversidad.
- Sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente.
- Transición a una movilidad sostenible e inteligente.

Para poder integrar de forma efectiva estas políticas, es necesario orientar los esfuerzos hacia los tres niveles fundamentales: nivel micro (organizaciones), nivel meso (parques industriales) y nivel macro (territorial) (Yuan, Bi y Moriguichi, 2006; Geng y Doberstein, 2008).

Poniendo el foco en el nivel organizacional, que es el menos desarrollado hasta la fecha (Elia, Gnoni y Tornese, 2017), y tal y como establece el Pacto Verde Europeo en el objetivo “Movilización de la industria en pro de una economía limpia y circular”, es necesario que las organizaciones dispongan de herramientas capaces de medir y comunicar su avance hacia su circularidad (EASAC, 2016). De hecho, la nueva estrategia industrial para Europa (COM 102, 2020) estableció la necesidad de definir indicadores de rendimiento de circularidad para las organizaciones, con el fin de poder cuantificar su avance hacia esta transición.

Desde el punto de vista de las organizaciones, la puesta en marcha de acciones que promuevan la transición hacia una EC y su comunicación a los diferentes grupos de interés ha comenzado a convertirse en un objetivo y una prioridad. Por ello, las organizaciones empiezan a demandar métodos para cuantificar la contribución de sus acciones para avanzar hacia una economía circular (Vayona y Demetriou, 2020).

Valls-Val, Ibáñez-Forés y Bovea (2021) analizaron y compararon las herramientas disponibles para evaluar el nivel de circularidad de las organizaciones. A nivel cualitativo, destacan herramientas internacionales como CAS 2.0 (CAS2.0, 2017), CM-FLAT (Sacco et al., 2021) o MATChE (MATChE, 2022) y herramientas nacionales como CircularTRANS (CircularTRANS, 2022), Inedit (Inedit, 2022) o TECNUN (TECNUN, 2017). A nivel cuantitativo destacan herramientas internacionales como CTI-Tool (CTI Tool, 2022) o MCI (Material Circularity Indicator, 2017) y nacionales como ACODEA (Acodea, 2019). Además, también

se pueden encontrar herramientas híbridas, que contemplan tanto la parte cualitativa como la cuantitativa, como es el caso de Circulytics (Circulytics, 2022).

Sin embargo, todavía no se ha estudiado si estas herramientas son lo suficiente sensibles como para detectar los avances que realizan las organizaciones en su transición hacia un modelo más circular.

Por todo ello, el objetivo de este estudio es seleccionar, como punto de partida, una herramienta cualitativa y una cuantitativa y modelar una organización con el fin de obtener su nivel de circularidad, en un escenario actual y en hipotéticos escenarios donde se mejoran diferentes aspectos de su circularidad. La finalidad es analizar si los esfuerzos realizados por las organizaciones se ven reflejados en los niveles de circularidad obtenidos en estas herramientas. Y en caso de no verse identificados, detectar las causas y hacer una propuesta de mejoras en las mismas.

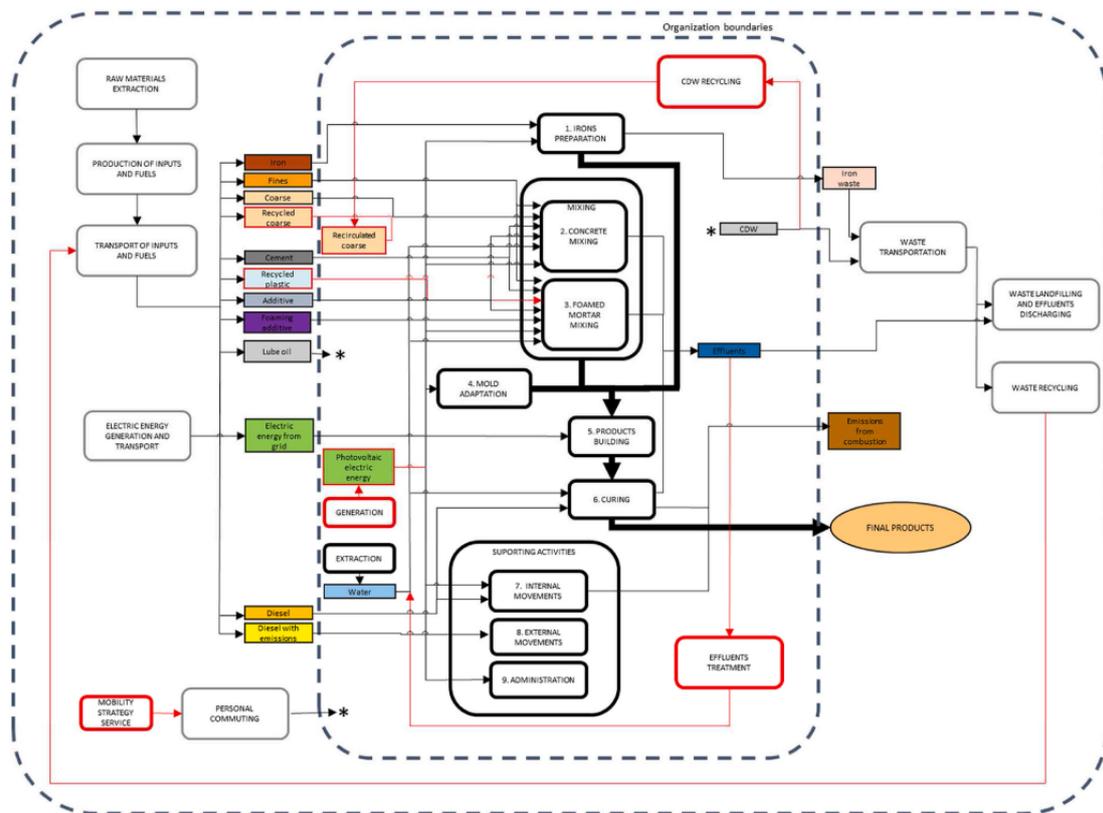
## **2. Selección del caso de estudio**

Se ha seleccionado como caso de estudio una organización dedicada a la producción de productos prefabricados para la construcción, ubicada en la provincia de Mendoza (Argentina), desde el año 2000. Se trata de una empresa privada de tamaño medio con 33 empleados, que ha analizado diferentes acciones de mejora en el ámbito de la economía circular.

En la Figura 1 se presentan los procesos llevados a cabo con sus entradas y salidas. El proceso de fabricación se realiza bajo demanda y se divide en dos líneas de producción, la de hormigón y la de mortero celular. La línea de hormigón (que supone el 80% de la producción) utiliza como materia prima principal finos y áridos gruesos, mientras que la línea de mortero (que supone el 20% de la producción) sólo utiliza finos con un aditivo formador de espuma, lo que proporciona un producto más ligero y mejor aislado.

El agua industrial consumida se extrae de un pozo sin tratamiento previo y los efluentes se tratan a través de una instalación de sedimentación por gravedad sin consumo de energía y luego se vierten al desagüe del vial. Los residuos generados son materiales inertes, como el hormigón (se elimina en vertedero de materiales inertes) y el hierro (se vende como chatarra para ser reciclado). Se emplean calentadores de combustión para conseguir la temperatura necesaria para el curado, y se utilizan grúas pórtico y carretillas elevadoras que consumen diésel para realizar los movimientos internos de productos y materiales.

Figura 1: Diagrama de proceso del caso de estudio. Fuente: Alejandrino, Mercante & Bovea (2022)



El escenario base (SC0) corresponde al año fiscal 2019 y los escenarios alternativos que se proponen para mejorar la circularidad de la organización son los siguientes:

- **SC1 Uso de materias primas recicladas.** Sustitución de parte de los finos del mortero por plásticos triturados (consiguiendo una reducción del consumo de cemento y agua) y del 20% del árido grueso del hormigón por árido grueso reciclado.
- **SC2 Reciclaje de residuos.** Reciclaje de los residuos de construcción y demolición (RCD) en una planta de reciclaje externa.
- **SC3 Reciclaje de materiales.** Reciclaje in situ de los residuos de construcción y demolición (RCD) para su utilización como árido grueso secundario (20% del consumo). El resto de RCD se envían a una instalación externa de gestión
- **SC4 Recirculación de efluentes.** Recirculación de los efluentes del proceso de lavado y curado.
- **SC5 Automatización del curado.** Utilización de sistema de control automático para monitoreo de humedad y temperatura y activación de válvulas y rociadores. Como

resultado, se puede lograr una reducción del 50% y 30% del consumo de agua y combustible, respectivamente.

- **SC6 Eficiencia energética.** Reducción en el consumo de energía mediante mejoras en los sistemas de iluminación y refrigeración y reemplazo de la energía proporcionada por la red por energía generada in situ a partir de equipos solares fotovoltaicos.
- **SC7 Proveedores cercanos.** Reducción del transporte de materia prima en vehículos que no son propiedad de la organización, a partir de cambio a proveedores cercanos.
- **SC8 Movilidad de los trabajadores.** Implementación de una estrategia de movilidad para reducir los efectos de los desplazamientos de los empleados, suponiendo una reducción del 30% en el desplazamiento total de los empleados.
- **SCt Conjunto de mejoras.** Se considera que se aplican de forma conjunta todas las mejoras compatibles SC1, SC2, SC5, SC6, SC7 y SC8.

La información más detallada de estas acciones de mejora y sus implicaciones en las entradas y salidas del proceso se pueden consultar en Alejandrino, Mercante y Bovea (2022).

### 3. Selección de las herramientas

De las herramientas mencionadas en la Introducción, se ha seleccionado la herramienta más representativa de cada tipología (cualitativa y cuantitativa) con el fin de observar si la aplicación de acciones de mejora de economía circular en una organización se ve reflejada en una mejora de la puntuación de circularidad obtenida en cada una de ellas.

Entre las herramientas cualitativas se ha seleccionado TECNUN por ser la herramienta más representativa para una empresa de producción de materiales de construcción, ya que engloba todas las etapas del ciclo de producción (compra, producción, distribución, consumo y fin de vida) y tiene una extensión de preguntas media (Valls-Val, Ibáñez-Forés y Bovea 2022). Respecto a las herramientas cuantitativas se ha seleccionado CTI-Tool por ser la herramienta más completa y aplicable a una empresa de producción de materiales de

construcción, ya que las restantes únicamente incluyen entradas y salidas de material, desestimando la energía y el agua.

#### 4. Aplicación de las herramientas

Una vez seleccionadas las herramientas y el caso de estudio se rellenan y completan con los datos del caso de estudio que aparecen en la Tabla 1.

**Tabla 1. Datos de inventario del caso de estudio. Fuente: Alejandrino, Mercante & Bovea (2022)**

		SC0	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SCt
Agregados finos	t	1.099	1.079	1.099	1.099	1.099	1.099	1.099	1.099	1.099	1.079
Agregados gruesos	t	948	758	948	758	948	948	948	948	948	758
Grueso reciclado	t	0	190	0	0	0	0	0	0	0	190
Grueso recirculado	t	0	0	0	190	0	0	0	0	0	0
Cemento	t	429	412	429	429	429	429	429	429	429	412
Plástico reciclado	t	0	19	0	0	0	0	0	0	0	19
Hierro	t	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Aditivo espumígeno	kg	2.189	1.748	2.189	2.189	2.189	2.189	2.189	2.189	2.189	1.748
Aceite lubricante	kg	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
Aditivos	kg	2.198	2.198	2.198	2.198	2.198	2.198	2.198	2.198	2.198	2.198
Diésel vehículos	kg	17.745	17.745	17.745	17.745	17.745	17.745	17.745	17.745	17.745	17.745
Diésel combustión	kg	4.225	4.225	4.225	4.225	4.225	3.380	4.225	4.225	4.225	3.380
Hierro - reciclaje	t	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
RCD vertedero	t	336	336	0	125	336	336	336	336	336	0
RCD reciclaje	t	0	0	336	0	0	0	0	0	0	336
De la red	kWh	40.872	40.872	40.872	40.872	40.872	40.872	7.339	40.872	40.872	7.339
Fotovoltaica	kWh	0	0	0	0	0	0	29.357	0	0	29.357
Agua entrada	m <sup>3</sup>	432	432	432	432	324	324	432	432	432	324
Efluentes	m <sup>3</sup>	9	9	9	9	0	0	9	9	9	0

##### 4.1 Herramienta CTI-Tool

Se ha modelado el escenario actual (SC0) y cada uno de los escenarios alternativos que pueden mejorar la circularidad de la organización (SC1, ..., SC8 y SCt) en la herramienta CTI-Tool, dejando fuera del alcance los dos indicadores económicos (productividad del material circular e Ingresos de CTI). Este proceso se ha llevado a cabo introduciendo en la herramienta los datos de entradas, salidas, agua y energía que aparecen en la parte izquierda de la Figura

2, para cada uno de los escenarios analizados, obteniéndose los indicadores que se muestran en la parte derecha de la misma.

**Figura 2: Entrada y salida de datos en la herramienta CTI-Tool**



La Figura 3 muestra los indicadores obtenidos para el SC0, en una escala de 0-100. Además, muestra el porcentaje de mejora obtenido en cada uno de los indicadores, para cada uno de los escenarios alternativos, en una escala de colores: verde oscuro, verde claro, amarillo, naranja y rojo si la mejora supone un incremento en el indicador del 75-100%, 50-75%, 25-50%, 10-25% y 0-10%, respectivamente.

**Figura 3: Resultados obtenidos en CTI-Tool**

	SC0	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SCt
Circularidad (%)	0,07%	7,31%	11,70%	18,30%						19,09%
Flujo de entrada circular (%)	0,00%	8,00%		7,00%						8,00%
Flujo de salida circular (%)	1%		99,00%	99,00%						99,00%
Recuperación actual (%)	1%		99,00%	99,00%						99,00%
Energía renovable (%)	0,00%						80,00%			80,00%
Circularidad del agua (%)	50%									
Recirculación de agua in situ (x)	0									
Flujo de entrada crítico (%)	0,00%									

Como se observa en la Figura 3, las mejoras relacionadas con la entrada de materiales (SC1), el reciclaje de residuos (SC2 y SC3) y el consumo de energía renovable (SC6) sí que se han visto reflejadas en los indicadores obtenidos en la herramienta. Sin embargo, la mitad de las mejoras propuestas, relativas a recirculación del agua (SC4), la automatización del proceso

(SC5), los proveedores cercanos (SC7) y la movilidad de los trabajadores (SC8) no se han visto reflejadas en los indicadores calculados por la herramienta.

La acción que ha obtenido un porcentaje de mejora mayor en la herramienta CTI-Tool es el reciclaje in situ de residuos (SC3), con un aumento del 18,03% en el indicador de circularidad, del 99% en los indicadores de salida circular y recuperación actual y del 7% en el indicador de entrada circular. Esta mejora es seguida por el reciclaje de residuos fuera de la planta (SC2) con un porcentaje de mejora del 11,70% en el indicador de circularidad y del 99% en los indicadores de salida circular y recuperación actual. En tercer lugar se encuentra la eficiencia energética (SC6), que ha obtenido una mejora del 80% en el indicador de energía renovable. Finalmente, la mejora que ha reflejado un menor potencial ha sido el uso de materias primas recicladas (SC1) que ha obtenido una mejora del 7,31% en el indicador de circularidad y del 8% en el indicador de entrada circular. Como se puede observar, la aplicación de todas las mejoras en conjunto, supondría una mayor puntuación en la mayoría de indicadores de la herramienta, exceptuando circularidad del agua, recirculación in situ y flujo de entrada crítico que no se ven plasmadas en ninguna mejora.

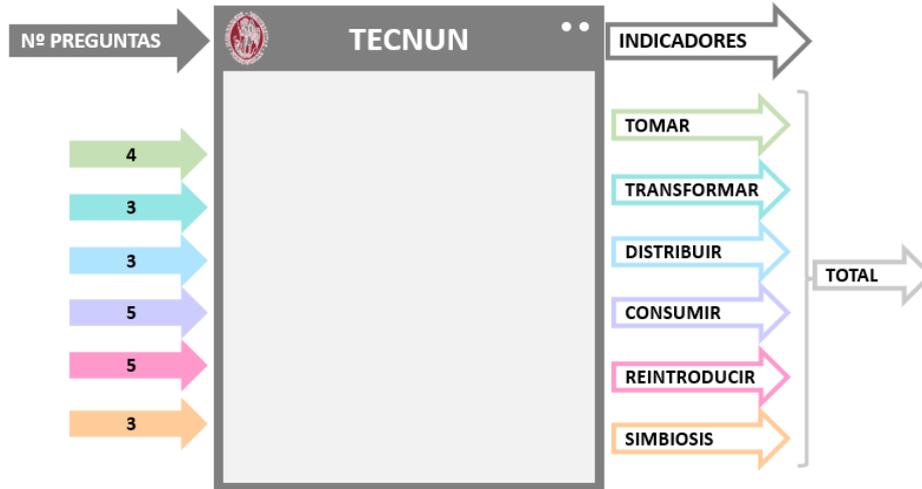
Respecto a los diferentes indicadores de la herramienta, los indicadores relativos a la entrada y la salida de material sí que reflejan los cambios en la organización, así como también lo hacen el indicador de circularidad total (relacionado con los dos anteriores) y el de recuperación actual. Por su parte, el indicador de energía renovable refleja el uso de energía fotovoltaica, pero obvia la disminución del consumo eléctrico, que debería considerarse también, al ser un factor importante en términos de economía circular. Por otro lado, los indicadores de circularidad del agua no se ven modificados a pesar de que una de las mejoras realizadas consiste precisamente en la recirculación in situ del agua (SC4). Esta mejora debería verse reflejada en el indicador "recirculación de agua in situ", pero quizá al ser un valor reducido el agua que se recircula con respecto a la entrada total, la herramienta no tiene la precisión suficiente. Finalmente, el indicador de entrada de material crítico no se ve modificado, ya que la empresa no utiliza ninguno de los materiales clasificados como críticos en la herramienta.

#### **4.2 Herramienta TECNUN**

En primer lugar, se ha modelado el escenario base (SC0) en la herramienta, contestando las 23 preguntas con la información cualitativa de que se dispone sobre el caso de estudio, de

modo que la herramienta proporciona un indicador global y 6 subindicadores, tal y como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4: Entrada y salida de datos en la herramienta TECNUN**



Una vez introducidos los datos, la herramienta ha proporcionado los indicadores que aparecen en la Figura 5 para el SC0, en una escala 1-7. A continuación, se ha vuelto a rellenar la herramienta, contestando las preguntas con los datos relativos a las diferentes mejoras propuestas, de modo que se han obtenido los porcentajes de mejora de los indicadores que aparecen en la Figura 5, con la escala de colores descrita anteriormente.

**Figura 5: Resultados obtenidos en TECNUN**

	SC0	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SCt
Tomar	3,25	14,29%		14,29%						21,43%
Transformar	1,00					28,57%	57,14%			57,14%
Distribuir	5,00									
Consumir	2,80									
Reintroducir	4,40		8,57%	8,57%						8,57%
Simbiosis	3,00									
<b>TOTAL</b>	<b>3,41</b>	<b>2,04%</b>	<b>2,44%</b>	<b>4,49%</b>		<b>4,09%</b>	<b>8,17%</b>			<b>13,68%</b>

Como se observa en la Figura 5, en esta herramienta el número de mejoras que se ven reflejadas en los indicadores es mayor, la mejora SC5 (automatizado del proceso) en esta ocasión sí que supone una mejora en los indicadores obtenidos. Nuevamente, las mejoras relativas a la entrada de materiales (SC1), el reciclaje de los residuos (SC2 y SC3) y la generación de energía renovable (SC6) se ven reflejadas en la herramienta.

La acción que ha obtenido un mayor potencial de mejora en la herramienta TECNUN es la relacionada con la eficiencia energética (SC6), que ha logrado una mejora del 8,2% en el indicador total y del 57,1% en el indicador “transformar”, seguida del reciclaje in situ de residuos (SC3), con un incremento en el indicador total del 4,5%, del 14,3% en el indicador “tomar” y del 8,6% en el indicador “reintroducir” y la automatización del curado (SC5) que ha logrado una mejora del 4,1% en el indicador total y del 28,6% en el indicador “transformar”. En último lugar se encuentra la propuesta referente al reciclaje de los residuos fuera de la planta (SC2) con un incremento del 2,4% en el indicador total y del 8,6% en el indicador “reintroducir” y la utilización de materia prima reciclada (SC1) con un incremento del 2% en

el indicador total y del 14,3% en el indicador “tomar”. Finalmente, la aplicación de todas las mejoras en conjunto, supondría un gran incremento en la puntuación, con una mejora del 13,7% en el indicador total, y mejorando también los indicadores “tomar”, “transformar” y “reintroducir”.

Respecto a los diferentes indicadores de la herramienta, los indicadores que han sufrido modificaciones han sido “tomar”, “transformar” y “reintroducir”, obteniendo un mayor incremento el indicador “transformar”, lo cual tiene sentido con las acciones de mejora contempladas. Sin embargo, el indicador relativo al transporte (“distribuir”) no se ha visto modificado a pesar de que dos mejoras están relacionadas con el transporte (selección de proveedores de cercanía y movilidad de los trabajadores) ya que la herramienta únicamente contempla el transporte del producto terminado.

#### **4.3 Análisis de los resultados**

Tal y como se ha comentado anteriormente, y se observa en la Figura 3 y Figura 5, en ninguna de las herramientas se ven reflejadas todas las acciones de mejora de economía circular.

Las propuestas de mejora relacionadas con la recirculación del agua (SC4), la selección de proveedores cercanos (SC7) y la reducción de los desplazamientos de los trabajadores (SC8) no se han visto reflejadas en el aumento en la puntuación de ninguno de los indicadores de ambas herramientas. Sin embargo, estas propuestas sí que suponen una mejora en la circularidad de la organización, lo cual podría generar confusión. Las empresas que apliquen estas mejoras se verían penalizadas si utilizaran estas herramientas para comprobar el nivel de mejora en su circularidad. De hecho, la Estrategia Española de Economía Circular España Circular 2030 (EEEC, 2020) incluye el indicador “Autosuficiencia en materias primas” que está relacionado con la utilización de materias primas propias o del territorio nacional o europeo y, por tanto, con la proximidad de los proveedores. Por otro lado, el Pacto Verde Europeo (COM 640, 2019) establece como uno de sus objetivos la transición a una movilidad sostenible inteligente, por lo que toda mejora encaminada a la disminución de los desplazamientos está directamente relacionada con la economía circular. Además, Sandrolini y Franzoni (2001) estudian la recirculación de efluentes en los procesos de curado y lavado y muestran numerosos beneficios.

Por otro lado, se observa que la estrategia que con mayor potencial en las herramientas no ha sido la misma. Las mejoras que han obtenido buenas puntuaciones en ambas herramientas han sido la eficiencia energética (SC6) y el reciclaje/recirculación de los residuos (SC3), seguidas del reciclaje externo de los residuos (SC2) y en último lugar de ambas herramientas se encuentra la compra de material reciclado (SC1).

Finalmente, cabe destacar que los resultados obtenidos en la herramienta cuantitativa (CTI-Tool) son más precisos que los de la herramienta cualitativa (TECNUN), ya que CTI-Tool utiliza datos cuantitativos, mientras que TECNUN utiliza información cualitativa y la calificación de cada respuesta depende del criterio de la persona que responde.

#### **5. Conclusiones.**

En esta comunicación se ha realizado la aplicación de dos herramientas para el cálculo del nivel de circularidad de organizaciones, una de ellas cualitativa (TECNUN) y otra cuantitativa (CTI-Tool), con el fin de comprobar si la aplicación de acciones encaminadas a mejorar la circularidad de las organizaciones se ve reflejada en los niveles de circularidad proporcionados por las herramientas.

Tras su aplicación y análisis, se puede concluir que estas herramientas detectan las mejoras propuestas relacionadas con la entrada y salida de material y la generación de energía limpia. Sin embargo, desprecian las acciones relacionadas con la recirculación del agua, la selección de proveedores de cercanía y la reducción de la movilidad de los trabajadores. Este hecho puede suponer un contratiempo para las empresas que realicen el esfuerzo de aplicar estas

mejoras. A la hora de comprobar si las acciones han supuesto una mejora en la circularidad, experimentarán erróneamente que el esfuerzo no ha merecido la pena, puesto que el nivel de circularidad de su organización no se ha visto mejorado.

Por otro lado, se observa que a la hora de verificar la mejora que ha supuesto una acción de economía circular resulta más interesante utilizar herramientas cuantitativas, ya que los resultados obtenidos son más precisos. Las herramientas cualitativas presentan la desventaja de que su respuesta depende del conocimiento u opinión del usuario, de modo que, para una misma mejora, personas diferentes pueden otorgar puntuaciones diferentes.

Por todo ello, se llega a la conclusión de que estas herramientas pueden ser útiles para obtener un primer punto de partida sobre el que decidir si es necesario realizar un análisis en profundidad. Sin embargo, para realizar un análisis exhaustivo es necesario investigar para encontrar una herramienta que permita que todas las organizaciones obtengan indicadores de Economía Circular que consideren todas las fases y ámbitos de la empresa y que reflejen los diferentes cambios de modo que les ayuden en la toma de decisiones hacia una organización más circular.

Como desarrollos futuros, se pretende continuar con el estudio incluyendo otras herramientas y otro caso de estudio de una empresa perteneciente al sector servicios.

## 6. Referencias.

- Acodea (2019). Calculadora de circularidad para organizaciones de Acodea. Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <http://acodea.solidforest.com/>
- Alejandrino, C., Mercante, I.T. & Bovea, M.D. (2022). Combining O-LCA and O-LCC to support circular economy strategies in organizations: Methodology and case study. *Journal of Cleaner Production*, 336, 130365. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.130365
- CAS2.0 (2017). Circularity Assessment Score 2.0. Circular Business Academy. Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <https://www.circularbusiness.academy/circularity-assessment-score/>
- CircularTRANS (2022). Herramienta de diagnóstico de economía circular de la Universidad de Mondragón. Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <https://www.mondragon.edu/circulartrans/es>
- Circulytics (2022). Ellen MacArthur Foundation, "Circulytics: measuring circularity,". Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/circulytics-measuring-circularity>
- COM 102 (2020). Comunicación, de 10 de marzo de 2020, Un nuevo modelo de industria para Europa. *Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones.*
- COM 614 (2015). Comunicación, de 2 de diciembre de 2015, Cerrar el círculo; un plan de acción de la UE para la economía circular. *Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones.*
- COM 640 (2019). Comunicación, de 11 de diciembre de 2019, El Pacto Verde Europeo. *Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones.*
- COM 98. (2020). Comunicación, de 11 de marzo de 2020, Nuevo plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva. *Comunicación de la*

*comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones.*

- CTI Tool (2022). Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <https://ctitool.com/>
- EASAC (2016). Indicators for a circular economy. European Academies Science Advisory Council (EASAC) policy report 30. November 2016. ISBN: 978-3-8047-3680-1.
- EEEC (2020). Estrategia Española de Economía Circular España Circular 2030. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), Gobierno de España.*
- Elia V., Gnoni, M.G. & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: a critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2741-2751. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.10.196
- Geng, Y. & Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: challenges and opportunities for achieving “leapfrog development”. *International Journal of Sustainable Development World Ecology*, 15, 231-239.
- Inedit (2022). Herramienta de circularidad de Inedit. Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <https://circular.ineditinnova.com/index/es>
- MATChE (2022). Making the transition to Circular Economy. Technical University of Denmark. Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <https://www.matche.dk/>
- Material Circularity Indicator (2017). Ellen MacArthur Foundation. Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/material-circularity-indicator>
- PAEC (2021) I Plan de Acción de Economía Circular 2021-2023. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), Gobierno de España.
- Sacco, P., Vinante, C., Borgianni, Y. & Orzes, G. (2021). Circular economy at the firm level: A new tool for assessing maturity and circularity. *Sustainability*, 13, 5288. doi: 10.3390/su13095288
- Sandrolini, F. & Franzoni, E. (2001). Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. *Cement and Concrete Research*, 31, 485-489. doi: 10.1016/S0008-8846(00)00468-3
- TECNUN (2017). Cuestionario Diagnóstico Economía Circular. Obtenido el 25 de marzo de 2022 desde <https://economiecircular.wixsite.com/economiecircular/cuestionario>
- Valls-Val, K., Ibáñez-Forés, V. & Bovea, M.D. (2021). Medición de la circularidad en organizaciones: Revisión de herramientas y caso de aplicación. *XXV Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos* (pp. 1061–1075). España: Alcoy.
- Valls-Val, K., Ibáñez-Forés, V. & Bovea, M.D. (2022). How can organisations measure their level of circularity? A review of available tools. *Journal of Cleaner Production*, 131679. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131679
- Vayona, A. & Demetriou, G. (2020). Towards an operating model for attribution in Circular Economy. *16th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, 490-495.
- Yuan, Z., Bi, J. & Moriguchi, Y. (2006). The circular economy: A new development strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 10, 4-8.

## Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

