



Cálculo del índice de circularidad Caso de estudio: Fábrica de piezas

Red de Entidades Hacia la Sostenibilidad

Abril, 2022

Fundación Vida Sostenible

Calle Artistas 26, local 2. 28020 Madrid

+ 34 91 446 18 34 / +34 637 816 260

fundacion@vidasostenible.org

www.vidasostenible.org

Desde Fundación Vida Sostenible, hemos desarrollado una herramienta web que permite calcular el Índice de Circularidad de un producto o material, así como el de la propia empresa o entidad, que permite conocer la circularidad de un conjunto de elementos. En este documento te presentamos un caso de estudio, donde analizamos diferentes aspectos del cálculo, que servirán para ayudar en la realización del cálculo.

Fábrica de piezas, ejemplo de cálculo

La Fábrica de piezas, es una empresa que produce piezas, accesorios y productos asociados. Tienen una gama de piezas que incluyen un producto estándar y un producto *premium*. María, la diseñadora principal de la empresa, quiere comparar la circularidad de alguno de sus productos, y para ello, elige un producto estándar y un producto premium y calcula su Índice de Circularidad (IC).

Para hacer esto, María solicita las listas de materiales de los productos relevantes, junto con información sobre los niveles de reciclaje y reutilización y la vida útil de los productos:

El producto (pieza) estándar está hecho de: plástico ABS 1 (80%) y aluminio (20%). Mientras que el plástico es de fuentes vírgenes puras, el proveedor de aluminio le dice a María que están usando insumos reciclados en un 50 % del material. Los datos de recopilación de los principales mercados de la Fábrica de piezas muestran que el 75% del aluminio y el 25% de la pieza estándar generalmente se recicla cuando el dispositivo ingresa al flujo de desechos. El resto va al vertedero. La pieza estándar de plástico ABS se mezcla con otros plásticos durante el proceso de recolección, lo que resulta en una baja eficiencia de reciclaje del 40% para la pieza estándar en comparación con el 90% para el aluminio. María tiene acceso a la última encuesta de clientes que muestra que los productos estándar de La fábrica de piezas generalmente se usan durante 8 años.

El producto (pieza) *premium* está hecho de aluminio (80%) y plástico ABS (20%). Los materiales provienen de las mismas fuentes que para el producto estándar. Los índices de recogida y eficiencia del reciclaje son también los igual que para el producto estándar. La encuesta de clientes muestra que, debido a una mayor durabilidad, la vida útil promedio del producto *premium* es de 12 años.

Usando una herramienta basada en la metodología del Índice de Circularidad, María encuentra que el Índice de Circularidad Material de la pieza estándar es 0,06 y el de la pieza *premium* es 0,61. Entonces la pieza *premium* tiene un IC más alto en comparación con el producto estándar debido a un promedio más alto reciclaje y mayor durabilidad.

Diseñando una pieza circular

Después de aprender más sobre la economía circular y los productos y modelos comerciales circulares, María le sugiere a Susana, la directora ejecutiva de la Fábrica de piezas, que pruebe una nueva pieza que aproveche mejor las oportunidades de la economía circular. Susana está de acuerdo y María tiene la tarea de diseñar el nuevo producto. Ella usa su herramienta Índice de Circularidad para probar la circularidad de posibles diseños.

El producto por el que finalmente se decide sigue siendo de aluminio (86%) y plástico ABS (14%), aunque utiliza menos material en total en comparación con los productos (piezas) estándar y *premium*. Toda la materia prima para los productos fabricados es ahora de fuentes recicladas. Trabajando con sus proveedores y clientes, la Fábrica de piezas también presenta un sistema de retorno de circuito cerrado, lo que significa que la Fábrica de piezas recopila todos las piezas y subproductos antiguos después de su uso. María supone que el 83 % de los componentes de aluminio se pueden reutilizar mientras que el resto del producto se destina a dos flujos de reciclaje de un solo material. Esto permite un aumento de la eficiencia de reciclado del plástico del 40% al 80%. Se espera que la vida útil del nuevo producto sea similar a la de los productos *Premium* existentes.

El índice de circularidad del material de la pieza circular de nuevo diseño es 0,98. El aumento es principalmente debido a la alta tasa de reutilización y al reciclaje cada vez más eficiente por el esquema de la devolución.

Rentabilidad y modelo de negocio

Basándose en los beneficios económicos de la metodología de Índice de Circularidad, María trabaja junto con Marc, un analista del equipo de finanzas de la Fábrica de piezas, para producir un caso de estudio (*business case*) para el nuevo producto circular.

El producto circular reutiliza componentes de aluminio recuperados a través del esquema de devolución. Este ahorra costes significativos asociados con la fabricación de nuevos componentes de aluminio y la empresa considera que estos ahorros absorben fácilmente los costes asociados con el proceso de devolución.

La empresa también incentiva la devolución ofreciendo un descuento en las ventas del producto circular, aumentando así la fidelidad de los clientes. Como alternativa, la Fábrica de piezas, ofrece un modelo de alquiler en el que el cliente puede pagar un cargo por servicio en lugar de comprar el producto directamente. El enfoque de alquiler ha atraído a algunos clientes, pero no tiene efecto en el IC.

En general, el caso de estudio para el nuevo producto circular es muy atractivo, no solo demuestra márgenes más altos, sino también aumenta la lealtad del cliente.

Empresas ACME – Indicadores complementarios

La empresa ACME produce tabletas electrónicas portátiles. El director ejecutivo de ACME, Marcus, conoció a María de la Fábrica de piezas en un evento de gestión de recursos, donde aprendió de ella sobre el éxito del producto circular. Marcus quiere probar este enfoque con su dispositivo electrónico portátil.

Le pide a William, diseñador jefe de tabletas de ACME, que considere diseños más circulares, al tiempo que considera y no pasa por alto otras prioridades comerciales: el cumplimiento de REACH, la huella de carbono, la variación de precios y los riesgos de la cadena de suministro que son parte de los indicadores clave de rendimiento de ACME.

William evalúa la tableta electrónica portátil estándar que pesa 0,68 kg, utiliza 100% materiales vírgenes y, en promedio, se desechan en vertederos después de 2 años de uso¹.

La tableta tiene un polímero- carcasa y un cristal frontal sensible al tacto que cubre la pantalla LCD. Después de una cuidadosa evaluación de la tableta actual, los resultados de William destacan que:

La principal contribución a la huella de carbono y al riesgo de la cadena de suministro proviene de los componentes electrónicos.

Los metales preciosos y de tierras raras utilizados en la placa de circuito impreso y otros componentes electrónicos presentan la mayor variación de precios de las materias primas.

Las concentraciones más altas de sustancias reguladas por REACH se utilizan en los plásticos utilizados para la carcasa de la tableta y el aislamiento del cable. Además, debido a la presencia de un retardador de llama, el estuche no puede reciclarse después de su uso.

Como William sabe que en un horizonte de tiempo corto los componentes electrónicos no se pueden cambiar fácilmente, centra sus esfuerzos en mejorar la carcasa y la tapa frontal de cristal. Después de las sesiones con expertos y su equipo de diseño, decide sustituir el material de la caja por una aleación de aluminio y, para modificar el diseño de la pantalla para permitir una reutilización más fácil de la cubierta de vidrio frontal. Sus cálculos muestran que esta solución mejora la circularidad del producto. También reduce la presencia de sustancias enumeradas bajo el reglamento REACH porque el nuevo material evita el uso de la llama retardante que está presente en la carcasa de plástico que entra en la lista de sustancias candidatas de REACH de Muy Alta Preocupación (SVHC).

Las características básicas en cuanto a los materiales y su origen y destino de lo antiguo y lo nuevo diseño se da en la Tabla 1.

¹ En Europa, este no suele ser el caso, ya que la eliminación de productos electrónicos debe cumplir con los requisitos de la directiva WEEE. Sin embargo, en este ejemplo ilustrativo, esto se asume por simplicidad y destacar la influencia de los componentes reciclados y reutilizados en la evaluación de indicadores para las opciones de rediseño.

Tabla 1: Característica de la tableta electrónica portátil: línea de base y rediseño.

	Tabla de referencia	Tabla rediseñada
Lista de materiales	Carcasa de plástico Cubierta de vidrio frontal Componentes electrónicos	Carcasa de aluminio Cubierta de vidrio frontal Componentes electrónicos
Masa	0.68 kg	0.74 kg
Materia prima materiales	100% materiales vírgenes 0% materiales reciclados 0% componentes reutilizados	58,3% materiales vírgenes 0% materiales reciclados 41,7% componentes reutilizados
Destino después de utilizar	100% a vertedero 0% al reciclaje 0% para reutilizar	58,3% a vertedero 0% al reciclaje 41,7% para reutilizar

Era muy importante para William revisar los riesgos e impactos relevantes en el cambio de diseño para ACME. El nuevo diseño ofrece una menor proporción de sustancias de alto riesgo, así como una marginal disminución de su huella de carbono. Aunque el aluminio utilizado para la caja en el nuevo diseño tiene una mayor huella de carbono en comparación con el plástico, esto se compensa en exceso con la reutilización de la carcasa que disminuye la cantidad de material virgen necesario.

Un resumen de esta comparación entre los dos diseños para el Índice de Circularidad y algunos de los indicadores complementarios de riesgo e impacto examinados se pueden encontrar en la Tabla 2 a continuación. Calcular el índice de circularidad del material de la tableta rediseñada da un valor de 0,46 en comparación con 0,10 para la versión de referencia.

Tabla 2: Índice de Circularidad e indicadores complementarios para los dos diseños.

	Tabla de referencia	Tabla rediseñada
Índice de circularidad del material	0.10	0.46
Huella de carbono (CO2eq)	20,0 kg	19,6 kg
Obligaciones de REACH	Sustancia de mayor riesgo 1,3% en peso	Sustancia de mayor riesgo 0,53% en peso
Variación media anual de precios en los últimos 5 años	±30% del precio medio	±30% del precio medio
Riesgo de suministro de material - materiales de conflicto	22 piezas que contienen elementos de alto riesgo	22 piezas que contienen elementos de alto riesgo

Fábrica piezas: circularidad a nivel de empresas

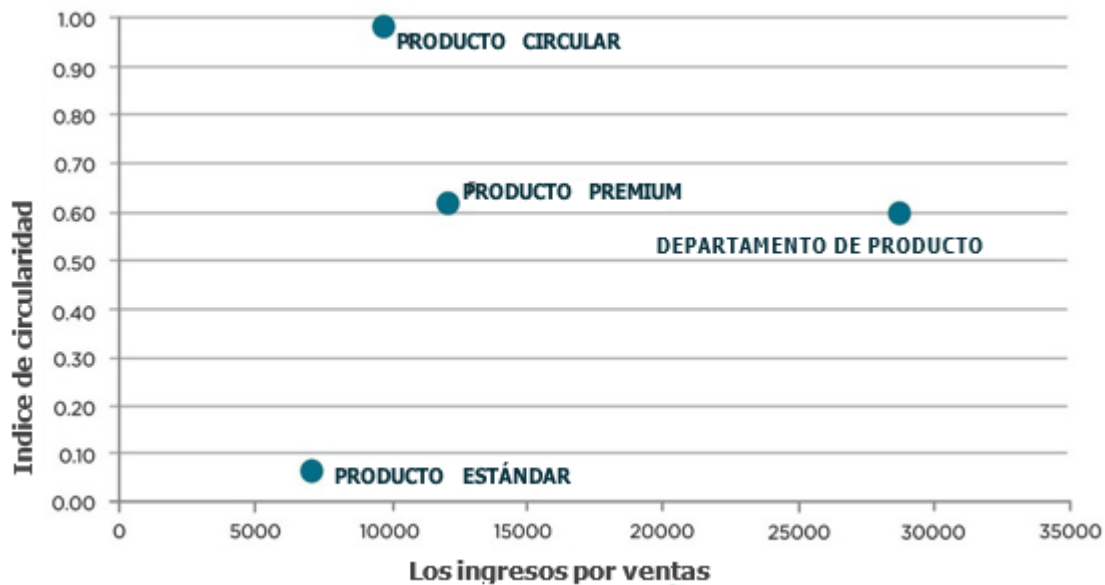
La dirección de la Fábrica de piezas quedó tan impresionada por el éxito comercial del nuevo producto circular que convirtió la circularidad en una parte importante de la estrategia comercial de la empresa. Para poner en marcha esta nueva estrategia, le pidieron a Susana que hiciera una evaluación comparativa de las diversas gamas de productos. Susana usa la metodología a nivel de empresa para desarrollar su evaluación comparativa, utilizando los ingresos por ventas como factor de normalización, y trabaja junto con Cristina, la contable principal de la Fábrica de piezas, para obtener los datos de ingresos relevantes para los departamentos de la Fábrica de piezas.

En total, el Departamento Producto, produce dos productos *premium*, cinco estándar y dos productos circulares. Además del Departamento de producto, tiene dos departamentos más: un Departamento de bridas (*Flange department*) que produce una brida que se puede usar para conectar cualquiera de los productos juntos y un Departamento de accesorios que produce fundas protectoras y paños de limpieza para los productos.

En la metodología a nivel de empresa, la regla de mínimos permite descartar departamentos en el cómputo de un IC a nivel de empresa cuando su contribución es inferior a un cierto umbral. Como el Departamento de accesorios solo representa el 0,6% de los ingresos totales, esta división no fue considerada. También podemos no contabilizar, para el cómputo total de la entidad, valores que representen menos del 5% del total del indicador.

Dado que, para muchas empresas, no sería práctico calcular un IC para cada uno de sus productos, la metodología a nivel de empresa adopta un enfoque de producto de referencia en el que cada producto de referencia representa una gama de productos con propiedades similares en cuanto al material composiciones, tasas de reciclaje y reutilización, y utilidad (vida útil y unidades funcionales en comparación con un producto medio). Susana observa esas características de los productos de la Fábrica de piezas y determina que son bastante similares dentro de cada rango mientras que son bastante diferentes entre los distintos rangos. Por lo tanto, elige el producto estándar, el producto *premium* y el producto circular examinados anteriormente como productos de referencia. Con las cifras de ingresos de los diferentes productos, Cristina combina estos IC para calcular un Índice de Circularidad de 0.60 para el Departamento de Producto.

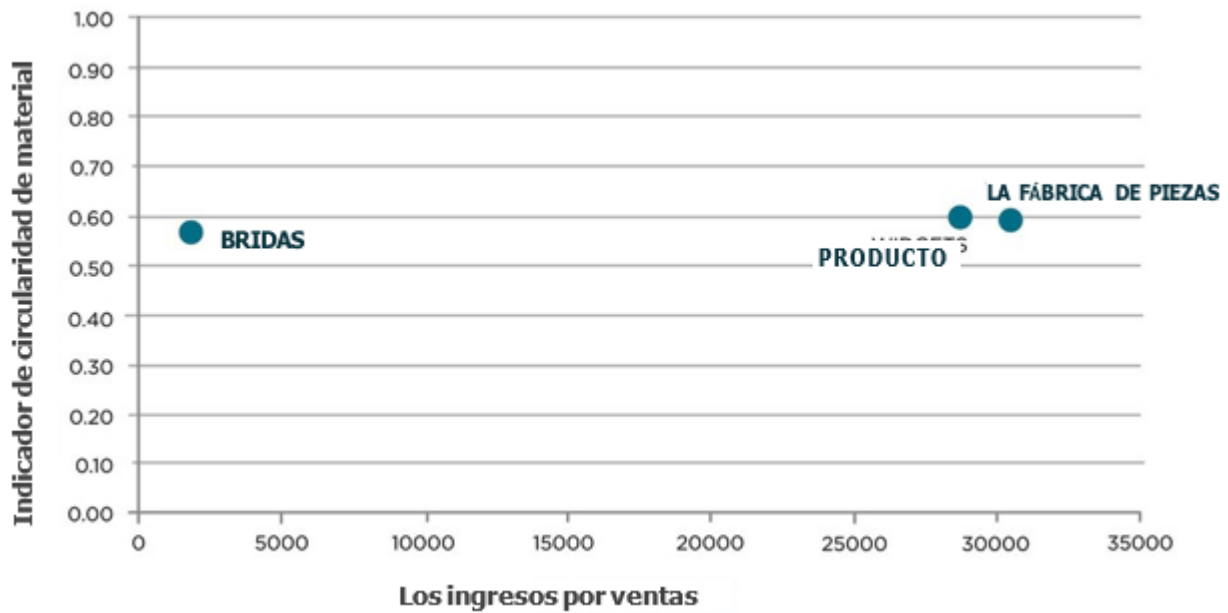
Figura 1: Combinando los rangos de widgets.



El Departamento de bridas solo contiene una gama de productos para la cual Susana elige un producto de referencia, por lo que el IC de este departamento es igual al de este producto. Susana usa su herramienta de nivel de producto para calcular el Índice de circularidad del material de la brida de referencia como 0,57.

Usando los números de ingresos totales de los dos departamentos, Cristina ahora puede calcular el Índice de Circularidad para toda la compañía (ver Figura 2) como media ponderada. Ella deriva 0.60 como IC para la Fábrica de piezas.

Figura 2: Combinación de departamentos de producto y bridas.



Dado que los principales productos de la Fábrica de piezas son en realidad las piezas (productos), no sorprende que el índice de circularidad resultante de la Fábrica de piezas es similar al del departamento de Producto. Más tarde ese año, la Fábrica de piezas incorporó este análisis en su informe anual a los accionistas, destacando el éxito comercial de su gama de productos circulares. Varios analistas de la industria quedaron impresionados por estas ideas y, por lo tanto, pidieron a otras empresas del sector que revelaran información similar. Esto llevó a que la circularidad se convirtiera en un tema competitivo importante en la industria.

Continuación del estudio de caso: Fábrica de piezas

La fábrica de piezas es una empresa que produce piezas y productos asociados.

Tiene tres departamentos de producto:

- Departamento de producto

El departamento de producto tiene tres gamas de productos (piezas) que comprenden:

- Una gama de cinco productos estándar.
- Una gama de dos productos *premium*.
- Una gama recientemente introducida de dos productos circulares que tienen un circuito cerrado con sistema de retorno.
- Departamento de bridas

La fábrica de piezas también produce una brida que se puede usar para conectar cualquiera de los productos.

- Departamento de accesorios

El departamento de accesorios tiene dos gamas de productos que comprenden:

- Una gama de dos fundas para proteger los productos.
- Un paño de limpieza de productos.

Los productos circulares se encuentran en un sistema de devolución de bucle cerrado, lo que significa que la Fábrica de piezas recopila todos los productos antiguos después de su uso. Las piezas de aluminio recuperadas se dividen entre las que se pueden reutilizar (83 %) y las que se envían a reciclar (17 %).

Tabla: Información de contabilidad estándar para La fábrica de piezas.

Departamento	Rango	Modelo	Unidades vendidas	Precio unitario (EUR)	Unidad de masa (kg)	Masa total vendida (T)	Ingresos totales (1000 EUR)
Producto						3395	28775
	Estándar					1370	7100
		SWa	25000	50	10	250	1250
		SWb	30000	65	12	360	1950
		SWc	15000	80	14	210	1200
		Swd	45000	50	10	450	2250
		Swe	10000	45	10	100	450

Para efectos de este estudio de caso, se asume que, a pesar de ser un nuevo producto, la gama de productos circulares ya ha alcanzado un estado estable en el que hay suficientes productos recuperados después de su uso para proporcionar componentes para su reutilización en nuevos productos.

Departamento	Rango	Modelo	Unidades vendidas	Precio unitario (EUR)	Unidad de masa (kg)	Masa total vendida (T)	Ingresos totales (1000 EUR)
Producto						1300	12000
		PWa	50000	120	12	600	6000

	PWb	70000	110	10	700	6000	
	Circular						
	CWa	65000	90	7	455	5850	
	CWb	45000	85	6	270	3825	
	2. Bridas						
	Fa	355000	5	0.5	177.5	1775	
	3. Accesorios					4.25	190
	Cubiertas protectoras					2.25	150
	PCa	10000	10	0.15	1.5	100	
	PCb	5000	10	0.15	0.75	50	
	Trapos de limpieza					2	40
	CCa	20000	2	0.1	2	40	
	Totales de la empresa					3576.75	30740

Aplicación de la regla de mínimos

El Departamento de accesorios contabiliza sólo 0.12% de la masa total de producto embarcado y 0,62% de los ingresos totales por ventas. En ambos casos, se sitúan muy por debajo del umbral del 5 % de mínimos. Entonces, para simplificar el enfoque y reducir la cantidad de información de entrada requerida, el Departamento de accesorios no se considera más.

Productos de referencia

La selección de productos de referencia debe seguir este criterio:

Para que un producto forme parte de una gama de productos representada por un producto de referencia, debe ser suficientemente similar a este producto de referencia. En particular, debe exhibir:

- Composición material similar en términos del tipo de material y su relación masas.
- Niveles similares de contenido reciclado y reutilizado en la materia prima.
- Niveles similares de reciclaje y reutilización al final de la fase de uso.
- Características similares de la función de productividad.

Las composiciones de materiales, las tasas de reciclaje y reutilización y la función de productividad de las diversas gamas de productos (como se muestra en la siguiente sección) son bastante diferentes, por lo que cada gama de productos necesita al menos un producto de referencia. Sin embargo, dentro de cada gama lo principal que distingue a los diferentes productos es el tamaño, y el resto se mantienen bastante idénticas. Esto significa que un producto de referencia por gama de productos es suficiente.

A la luz de esta evaluación, los siguientes productos han sido seleccionados como **productos referencia: SWd, Pwb, Cwa and Fa**. Estos productos en particular fueron elegidos, ya que son los productos con el mayor número de unidades enviadas en su respectiva gama de productos.

Listas de materiales

Las listas de materiales para los cuatro productos de referencia son las siguientes:

Tabla: lista de materiales para Producto de Referencia SWd.

Componente	Material	Masa (Kg)	%Materia prima reciclada	% Materia prima reutilizada	%Reciclado después de su uso	%Reutilizado después de su uso
Componente 1	Aluminio (Al)	8.0	50%	0%	75%	0%
Componente 2	ABS	2.0	0%	0%	25%	0%

Tabla: lista de materiales para Producto de Referencia Pwb.

Componente	Material	Masa (Kg)	%Materia prima reciclada	% Materia prima reutilizada	%Reciclado después de su uso	%Reutilizado después de su uso
Componente 1	Aluminio (Al)	8.0	50%	0%	75%	0%
Componente 2	ABS	2.0	0%	0%	25%	0%

Tabla: Lista de materiales para Producto de Referencia Cwa.

Componente	Material	Masa (Kg)	%Materia prima reciclada	% Materia prima reutilizada	%Reciclado después de su uso	%Reutilizado después de su uso
Componente 1	Aluminio (Al)	6.0	17%	83%	17%	83%

Componente 2	ABS	1.0	100%	0%	100%	0%
--------------	-----	-----	------	----	------	----

Tabla: lista de materiales para Producto de Referencia Fa.

Componente	Material	Masa (Kg)	%Materia prima reciclada	% Materia prima reutilizada	%Reciclado después de su uso	%Reutilizado después de su uso
Componente 1	Aluminio (Al)	0.5	50%	0%	60%	0%

Indicadores de circularidad de materiales

Para calcular los IC, se requieren las vidas útiles de los productos que se enumeran a continuación. La vida útil promedio del producto en el mercado (Lav) para un widget es de 10 años y para una brida de 20 años.

En el caso del producto circular los materiales enviados a reciclar no están contaminados en comparación con los plásticos mixtos asociados con los productos estándar y premium. Como resultado la eficiencia de reciclado de ABS aumenta de 0,4 a 0,8.

Los IC se han calculado de acuerdo con la metodología del producto.

Tabla: Vida útil del producto de referencia y MCI.

Producto de referencia	Vida útil (años)	IC
SWd	8	0.06
PWb	12	0.61
CWa	12	0.98
Fa	20	0.57

El producto estándar tiene el IC más bajo debido a su vida útil reducida y al hecho de que es fabricado principalmente con ABS (plástico) virgen que no se recicla al final de su uso. El producto premium tiene un IC más alto debido a su vida más larga y al hecho de que está hecho principalmente de aluminio, que tiene altos niveles de contenido reciclado y altas tasas de recolección para el reciclaje. Las bridas están hechas completamente de aluminio, lo que les otorga un IC relativamente alto. El IC muy alto del producto circular refleja los altos niveles de reutilización y reciclaje.

Not.- Este documento ha sido traducido y adaptado de la información disponible en la página web de la Fundación Ellen MacArthur (www.ellenmacarthurfoundation.org)