



VOLUMEN 4 NÚMERO 2

Revista Internacional de

Sostenibilidad

Estrategias para la gestión sostenible de
sillas de aulas aplicando los principios de
economía circular para el caso de la
Universidad de Antioquia

BETZY J. CÁRDENAS, LUISA F. JIMÉNEZ Y PABLO A. MAYA-DUQUE.

REVISTA INTERNACIONAL DE SOSTENIBILIDAD

Primera Edición Common Ground Research Networks 2022
University of Illinois Research Park
2001 South First Street, Suite 202
Champaign, IL 61820 USA
Tel.: +1-217-328-0405
www.cgespanol.org

ISSN: 2642-2719 (versión impresa)

ISSN: 2642-2700 (versión electrónica)

Derechos de autor:

© 2022 Autor(es). Publicado y Sostenido por Common Ground Research Networks



Disponible bajo los términos y condiciones de Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0
Licencia Pública Internacional: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Estrategias para la gestión sostenible de sillas de aulas aplicando los principios de economía circular para el caso de la Universidad de Antioquia

(Circular Economy Strategies for the Sustainable Management of School Chairs at the University of Antioquia– Colombia)

Betzy J. Cárdenas,¹ Estudiante, Colombia

Luisa F. Jiménez, Estudiante, Colombia

Pablo A. Maya–Duque, Profesor titular, Colombia

Resumen: La Economía Circular nace como una alternativa viable al modelo económico actual. Se define desde una perspectiva restaurativa y regenerativa, diseñada con el objetivo de mantener por el mayor tiempo posible los recursos y componentes dentro del ciclo de producción y de uso, obteniendo de ellos el máximo provecho. La Universidad de Antioquia como institución pública de educación superior y consumidora de gran volumen de sillas de aula en cumplimiento con su eje misional en la formación, transmisión y difusión de conocimiento, tiene el potencial de ser un referente al cambio en los procesos internos de abastecimiento de este tipo de mobiliario. A modo de ejemplo, la Facultad de Ingeniería alberga alrededor de 1916 sillas universitarias y ha realizado compras en los últimos tres años de 1924 sillas, es decir que se ha hecho una reposición mayor al 100% de la cantidad existente. Este proyecto, tiene como objetivo proponer estrategias viables en el marco de la Economía Circular para la gestión de mobiliario, específicamente las sillas de las aulas, en el marco de la tarea docente de la Universidad de Antioquia. Para el desarrollo del mismo se lleva a cabo una metodología mixta que consta de cinco etapas las cuales son: revisión de literatura y estado del arte, identificación de las estrategias de economía circular y criterios de evaluación aplicables al mobiliario de aulas, ejecución de panel de expertos para la priorización de las estrategias de acuerdo a las necesidades y limitaciones de la Universidad, medición del impacto de la estrategia de compra con servicio extendido mediante un Análisis de ciclo de vida (ACV), y finalmente se propone una hoja de ruta de acción para la implementación de las estrategias para la gestión circular del mobiliario de aulas en las distintas Facultades y sedes de la Universidad.

Palabras clave: economía circular, mobiliario de aula, hoja de ruta, sostenibilidad, gestión pública

Abstract: The Circular Economy was born as a viable alternative to the current economic model. It is defined from a restorative and regenerative perspective, designed with the aim of maintaining resources and components within the production and use cycle for as long as possible, obtaining from them the most out of it. In this research, the case of the provision of furniture for classrooms at the University of Antioquia is analyzed. As a public institution of higher education and consumer of a large volume of school chairs, the University has the potential to be a benchmark for change in the internal processes of supplying this type of furniture. The Faculty of Engineering, the largest in number of students, makes use of 1916 chairs distributed among 52 classrooms. The last three years the Faculty has bought 1924 chairs, which constitutes a replacement of more than 100% of the existing inventory. Therefore, this research project aims at proposing an action roadmap for the implementation of circular economy strategies for the management of classroom furniture in the different Faculties and premises of the University. The study considers a mixed methodology that describes the cycle of current furniture management, identifies the circular economy strategies applicable to classroom furniture and finally, with the help of a panel of experts, assess the relevance and adaptability of the strategies to the needs and limitations of the University.

Keywords: Circular Economy, School Chairs, Roadmap, Sustainability, Public Management

¹ Autor de Correspondencia: Betzy Cárdenas, Cra 53 A #45–84, Antioquia, Estudiante de Ingeniería Industrial, Bello, 051050, Bello. email: betzy.cardenas@udea.edu.co

Introducción

La Economía Circular (EC) nace como una alternativa viable al modelo económico actual, el cual está pensado y diseñado de manera lineal en el que se “Toma, hace, y desecha” lo cual a lo largo plazo no es rentable ni amigable con el medio ambiente. La EC se define desde una perspectiva restaurativa y regenerativa, diseñada con el objetivo de mantener los recursos y componentes dentro del ciclo de producción y de uso, obteniendo de ellos el máximo provecho. En la Unión Europea (UE) la EC ha sido contemplada como una alternativa viable en el sector mobiliario. Según la Oficina Europea de Medio Ambiente, la UE produce alrededor del 28% de los muebles a nivel mundial, mientras que las empresas y los consumidores desechan 10 millones de toneladas de muebles cada año, donde la mayoría se destinan a vertederos o incineración (Circular Economy Opportunities in the Furniture Sector. European Environmental Bureau (EEB)). Sin embargo, estudios apuntan que estrategias como la reutilización de muebles, responsabilidad extendida del productor, diseño ecológico, compra con servicio extendido, entre otras, podrían contribuir de manera significativa al factor económico y ambiental de este sector (European Environmental Bureau (EEB) 2017

Colombia no ha sido ajena a la preocupación internacional que generan ciertos materiales y recursos de difícil degradación y alta posibilidad de recuperación. Es así como el marco normativo ha evolucionado para permitir su gestión. La Figura 1, presenta la línea de tiempo del contexto normativo, en la que se observa cómo se ha abordado aspectos relacionados con residuos peligrosos, medicamentos, aparatos eléctricos y electrónicos, y empaques y envases.

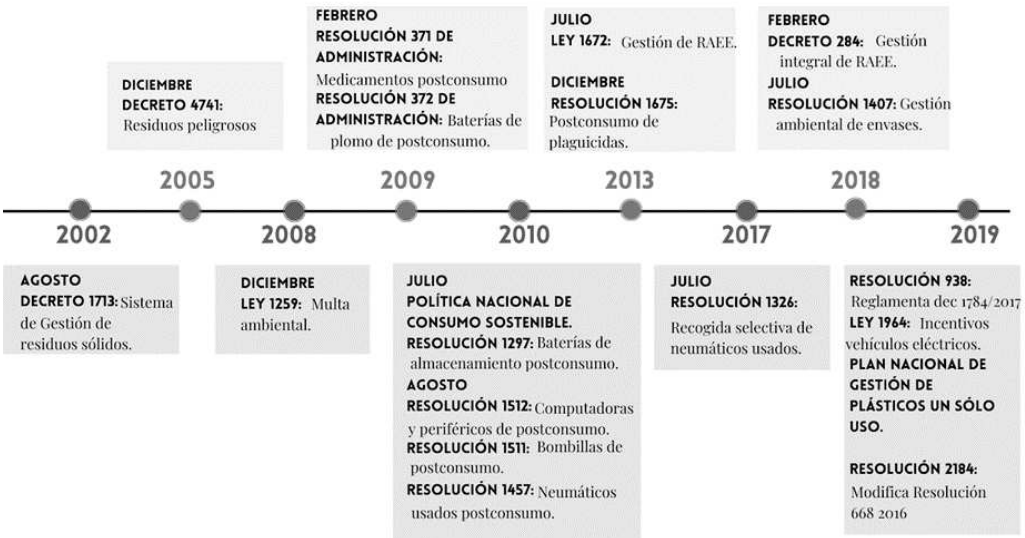


Figura 1: Marco normativo asociado a Economía Circular en Colombia
Fuente: Elaboración propia, 2021.

La evolución de la aplicación de estrategias de EC y su marco normativo en Colombia, ha estado guiada por su desarrollo en países más avanzados en el tema, particularmente por los países de la UE. Es por ello por lo que este proyecto se centra en el mobiliario como nicho de estudio y desarrollo de la EC en Colombia. De manera particular, se aborda el caso del mobiliario de las aulas en instituciones educativas, teniendo como caso de estudio el mobiliario de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

Por lo anterior, este proyecto propone una base teórica que fundamenta y expone alternativas circulares para la gestión sostenible del mobiliario trazando una ruta de acción para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, contribuyendo de manera indirecta a la implementación de estrategias sostenibles para el sector del mueble, incentivando a otras dependencias al interior de la universidad o a otras instituciones externas, a explorar y llevar a cabo métodos disruptivos, como algunas de las estrategias de E.C. que contribuyen económica, social, ambiental y sosteniblemente a la institución que lo ejecuta y su entorno.

El presente artículo se estructura de la siguiente manera: La segunda sección describe el problema analizado, la tercera sección aborda el marco teórico, la cuarta sección describe la metodología usada, la quinta sección presenta los resultados obtenidos y, por último, la sexta sección aborda las conclusiones de la investigación.

Descripción del problema

En el marco del cumplimiento de las consideraciones ambientales y sociales del país, Colombia tiene como tarea integrar a diversos actores y sectores económicos en una estrategia que fomente nuevas formas de “pensar” y “hacer”, promoviendo dentro sus procesos la innovación, la generación de valor agregado y el aprovechamiento de los recursos disponibles, haciendo que toda la cadena de valor, es decir, proveedores, productores y consumidores se integren para lograr una economía regenerativa y colaborativa.

Para lograr efectivamente la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2020), las instituciones de educación superior cumplen un papel principal ya que son un referente de cambio de sus procesos internos, siendo centros para la formación, transmisión y difusión de conocimiento con el potencial de responder a las necesidades específicas de las comunidades. Por un lado, debe proporcionar y adecuar los espacios y recursos mobiliarios para los procesos académicos en el aula, y al mismo tiempo generar prácticas sostenibles para el consumo, uso y disposición final de estos. Las universidades son instituciones consumidoras de grandes volúmenes de mobiliario, en particular de sillas para dotar las aulas con que cuenta en las distintas sedes. A modo de ejemplo, en la Facultad de ingeniería de la Universidad de Antioquia, con base en información suministrada por el Departamento de Recursos de Apoyo e Informática (DRAI), las aulas albergan alrededor 1916 sillas universitarias, durante los tres últimos años se han comprado 1924 sillas (por un valor de 198.965.000 COP, aproximadamente 47.000€), es decir que se ha hecho una reposición mayor al 100% de la cantidad existente. Así mismo, del total de sillas que se encuentran inventariadas sólo 35% está en condiciones óptimas, el resto presenta obsolescencia o faltantes lo que ocasiona que de los 8700 estudiantes que tiene la facultad exista 1 silla en condiciones adecuadas para cada 13 estudiantes. En el caso de las sillas con faltantes, en el año 2018 se han realizado compras de 150 partes para espaldares y asientos, mientras que para tuercas, tornillos y arandelas una cantidad aproximada de 450 unidades, lo que indica que cerca del 31% del mobiliario total de aula es reparado y vuelve a incorporarse dentro de la facultad, en lo relacionado con el mobiliario restante se entrega al área de reintegros para el proceso de mantenimiento especializado o disposición final correspondiente.

La situación evidenciada por la Universidad de Antioquia presenta un panorama de lo que podría estar sucediendo en otras instituciones de educación superior, en las que se emplea un modelo económico lineal en el que adquiere (compra), usa y desecha. De lo anterior, surge la necesidad de estudiar e implementar estrategias circulares para la gestión sostenible de las sillas de aula. Desde el aprovisionamiento y adquisición se pueden considerar la adopción de estrategias como el pago por uso en lugar de la compra del bien (i.e. Producto como servicio), estrategias de aprovisionamiento circular o el llamado a la innovación en el diseño por parte de los proveedores facilitando la modularidad y estrategias de reparación y reutilización (i.e., ecodiseño).

Según este contexto, resulta de interés de estudio analizar la posibilidad de hacer un manejo diferente del mobiliario de las aulas de la Universidad, ya que no solo podría tener una reducción significativa en los costos que asume como comprador, sino también un impacto ambiental y social que contribuye a estas nuevas alternativas de consumo responsable y sostenible donde se permea la ciudad y sus regiones a través de sus sedes.

Marco conceptual

La EC nace como un paradigma de sostenibilidad que se ha extendido en los últimos años y en torno al cual se han generado diferentes definiciones. Teniendo en cuenta el trabajo realizado por (Kirchherr, Reike, y Hekkert 2017) en el que se hace un análisis detallado de 114 definiciones que diversos autores le han dado al concepto de EC, esta puede definirse en términos generales como “un sistema económico que reemplaza el concepto de ‘final de vida útil’ por la reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de los materiales en los procesos de producción/distribución y consumo. Opera a nivel micro (productos, empresas, consumidores), a nivel meso (parques ecoindustriales) y a nivel macro (ciudad, región, nación y más), con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible, creando al mismo tiempo calidad ambiental y económica”.

Según (Ellen Macarthur Foundation 2013), la EC busca mantener el valor de los productos, materiales y componentes en todo su proceso para así dar cumplimiento a su objetivo de desacoplar el crecimiento económico de la explotación y consumo de recursos finitos. En la conceptualización de la EC se distinguen dos ciclos de materiales. El ciclo biológico integra alimentos y materiales biológicos de ciclo de vida corto, no tóxicos, que pueden retornar a la naturaleza, diseñados para que sean regeneradores de capital natural que proporcionan recursos renovables, mientras que en el ciclo técnico se integran productos y materiales con amplio ciclo de vida, esperando ser usados en ciclos consecutivos de producción y uso, diseñados para ser reutilizados, restaurados, remanufacturados y reciclados (De Angelis, Howard, y Miemczyk 2018, 425–437) (Ellen Macarthur Foundation 2021).

El modelo planteado por la EC está fundamentado en 3 principios: (1) preservación y mejora del capital natural a partir de control de reservas finitas y el equilibrio en el flujo de recursos renovables; (2) optimización en el uso de recursos para la recirculación y contribución económica de los productos, componentes y materiales; y (3) enfoque en la eficacia del sistema desde el diseño en aras de detectar y eliminar factores externos negativos (Ellen Macarthur Foundation 2013). Con base en la definición de la EC y sus principios, se establecen algunas de las características fundamentales que deben perseguirse en su implementación, por ejemplo: diseñar sin residuos, aumentar la resiliencia por medio de la diversidad, trabajar hacia un uso de energía de fuentes renovables, pensar en sistemas y pensar en cascadas.

En torno al modelo de EC (Yang et al. 2018) señala cuatro fuentes de creación de valor que impactan la circularidad de la cadena de suministros y cuyas estrategias están enfocadas en el final de vida útil del producto, estas se definen como: (1) Potencia del círculo interno, que consiste en reducir el costo de material, haciendo círculos internos como producción, reutilización y restauración; (2) Potencia de círculos largos, se emplean tantos círculos como sea posible, permitiendo que el tiempo de duración del producto sea mayor; (3) Potencia del uso en cascada, en el cual se hace diferentes usos de los productos, y se emplean enfoques de simbiosis; y (4) Potencia de círculos puros, se emplea material no contaminado permitiendo que la redistribución y la productividad del material aumente.

En el sector mobiliario, la UE se ha caracterizado por impartir estudios tejidos alrededor de la EC, estas iniciativas tienen un gran potencial para ayudar a contrarrestar esta línea de desechos en dicho sector. En el informe “Circular economy opportunities in the furniture” de la Oficina Europea de Medio Ambiente (EEB) apunta a que la EC contiene las suficientes herramientas (reparaciones, renovaciones y reacondicionamientos) para lograr recuperar el valor, el

crecimiento económico, ahorro de recursos y medio ambiente, y a su vez la creación de empleo dentro de la industria del mueble (European Environmental Bureau 2017).

Una de las iniciativas de la UE es la reutilización, pero es dirigida con motivos sociales locales y no es llevada a cabo a una mayor escala de tipo ambiental y económico. Partiendo de esto, la EEB nombra una serie de barreras: Materiales de menor calidad y diseño deficiente, falta de información para el consumidor y disponibilidad de repuestos, limitada infraestructura de recogida y logística inversa, alto costo de reparación y renovación, débil demanda de muebles de segunda mano, poca demanda de materiales reciclados. Esta identificación de limitantes es el punto de partida para poder hallar iniciativas y proyectos que puedan contrarrestar estas barreras. Una vez identificadas las barreras, se han aplicado de manera emergente prácticas relacionadas con EC en las fases de diseño y manufactura, comercialización, uso, disposición y retorno.

La industria europea del mueble tiene un vocero que es la Confederación Europea de Industrias del Mueble (EFIC), con 14 años de historia representan a más del 70% de la facturación total del mobiliario en Europa y se acogen a la iniciativa de la Comisión Europea para la implementación del proyecto “Circular Economy Strategy”. EFIC afirma que para el desarrollo de la iniciativa se debe abordar unos criterios que se consideran importantes, como la ayuda y participación de las PYME, garantizar una competencia leal, destacan la gran influencia del ecodiseño y la tarea de despertar conciencia en los consumidores como clave de éxito, entre otros (European Furniture Industries Confederation 2006).

Se han evidenciado problemas ambientales relacionados con el consumo de muebles de oficina, lo que indica que se requiere generar un uso más eficiente de ellos para disminuir las emisiones en su fase de producción y volumen de residuos generados. Dos de los mecanismos propuestos para enfrentar estos impactos ambientales son: mejorar el diseño del mueble pensando en su posterior reciclaje y prolongar la vida útil del mueble para disminuir su consumo. Respecto a este último mecanismo, se incluyen los elementos de: diseño para durabilidad, servicio de mantenimiento y reparación, reutilización de piezas de muebles, remanufactura de muebles usados, además de arrendamiento o alquiler en el cual se establece la estrategia de PSS (Product as a Service) (Besch 2005). Algunas aplicaciones de PSS en el sector mobiliario se evidencian a continuación:

Con la Red de Reutilización de Muebles del Reino Unido (FRN), mediante el comercio de muebles usados, se logró que aproximadamente 5000 toneladas de mobiliario fueran reutilizadas y como consecuencia se dejarán de emitir 3600 toneladas de CO₂, además de bajar los costos operacionales por adquisición de productos reciclados (Wrap 2011).

En España, mediante el Plan Español de Residuos 2016–22, se plantea reacondicionar y reparar los productos mobiliarios del sistema de reciclaje y vertederos, para su reventa, generando así que permanezcan en el ciclo durante más tiempo (Circular Economy Opportunities in the Furniture Sector. European Environmental Bureau (EEB)).

En Francia se implementa REP (Responsabilidad Extendida del Productor) para la recolección, reciclaje y reutilización de muebles mediante entidades como Eco-mobilier y Valdelia, que tienen como parte de sus objetivos llegar a un porcentaje del 45% de reutilización y reciclaje de los muebles, para disminuir la disposición de desperdicios en los vertederos y evitar impactos ambientales (European Environmental Bureau 2017).

En Chile la organización Remuebla, realiza gestión sostenible de mobiliario, que se encarga de realizar remanufactura de muebles de oficina a partir de materia prima reutilizada, partiendo de un ecodiseño y fabricación sustentable, extendiendo de esta forma la vida útil de los muebles (González 2019).

Metodología de la investigación

Con el propósito de proponer una base teórica que fundamente y exponga alternativas circulares para la gestión sostenible del mobiliario y permitir trazar una ruta de acción para su implementación, se desarrolló una metodología que consta de cuatro etapas. Inicialmente se realiza una revisión de la literatura y el estado del arte en relación con la economía circular y su aplicación en el sector mobiliario para identificar iniciativas que se han desarrollado en este contexto. La segunda etapa clasifica las iniciativas identificadas en nueve estrategias, así como establece cinco criterios para evaluar dichas estrategias a la luz de su aplicabilidad en instituciones como la considerada en el caso de estudio. La tercera etapa consiste en la evaluación cuantitativa y cualitativa de las estrategias con expertos. Por último, la cuarta etapa desarrolla la medición del impacto de la estrategia de compra con servicio extendido empleando un análisis de ciclo de vida (ACV).

Revisión de literatura y el estado del arte

La revisión de la literatura se hizo con base en los artículos identificados en tres bases bibliográficas (ScienceDirect, Scopus y Google Scholar) usando la ecuación de búsqueda “Circular economy” AND “Furniture”. Después de eliminar los documentos duplicados y aplicar un primer filtro basado en el título, las palabras claves y el resumen, se seleccionaron 17 artículos. La revisión de las referencias de estos artículos permitió identificar un documento más que fue incluido en la lista de seleccionados. Por último, teniendo en cuenta documentos de referencia importantes surgidos de iniciativas como el paquete europeo de economía circular, se identificaron a través de google scholar seis reportes técnicos que alimentaron el cuerpo de documentos considerado en esta revisión siendo así un total de 24 documentos en consideración.

Identificación de estrategias y criterios de evaluación

Se identifican en los documentos seleccionados las iniciativas de economía circular empleadas, no necesariamente excluyentes para luego agruparlas según su similitud en un número reducido de categorías generales. De igual forma, los criterios de evaluación para dichas estrategias se obtienen desde la revisión de literatura y casos de estudios sobre las estrategias de Economía Circular implementadas para la gestión de mobiliario, y específicamente tomando como referente las experiencias de las instituciones educativas.

Priorización de las estrategias

Un grupo de cuatro expertos relacionados directamente con la gestión y compra de mobiliario de aulas para instituciones de educación evalúa de manera cuantitativa la importancia de cada criterio usando para ello la estrategia de comparación pareada del análisis jerárquico propuesto por (Saaty 2008, 83–98), la cual arroja como resultado el peso otorgado a cada criterio. Posteriormente, se evalúa cada alternativa respecto a cada criterio en una escala de 1 a 5, siendo 1 el valor más bajo y 5 el valor más alto de viabilidad en la implementación de dicha estrategia respecto al criterio en cuestión. El valor asociado a cada estrategia se determina como la suma ponderada de la evaluación de cada criterio por el peso específico de este. Para la evaluación por parte de los expertos se hace uso del formulario creado en SurveyMonkey (Anexo 1).

Medición del impacto de la estrategia de compra con servicio extendido

Con el propósito de estimar el posible impacto de la implementación de las estrategias, se realiza un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para el caso en que una de las estrategias identificadas sea

puesta en marcha, usando como caso de estudio la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia mediante un análisis de ciclo de vida. El ACV es una herramienta metodológica que permite medir el impacto ambiental que puede tener un producto, proceso o sistema a lo largo de su ciclo de vida, es decir, desde que se adquieren las materias primas hasta que llega a su fin de uso. El desarrollo de la metodología se define en cuatro etapas: la definición del objetivo y el alcance esperado, el análisis del inventario o información para las entradas y salidas del sistema de producto, la evaluación del impacto a través de indicadores ambientales y la interpretación de los resultados de acuerdo con los objetivos y alcance planteados.

Hoja de ruta para la implementación

La hoja de ruta tiene como objetivo describir las etapas para llevar a cabo la implementación de la estrategia de compra con servicio extendido para el mobiliario de aula en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Para el desarrollo de la hoja de ruta se plantean diversas políticas que deben ser ejecutadas por la Universidad de Antioquia desde el nivel estratégico, táctico y operativo, cada una de ellas con un conjunto de acciones que permita llevar a cabo una correcta implementación de la estrategia para el mobiliario de aula.

Resultados y análisis

Como resultados de la presente investigación, dentro de la revisión de literatura realizada se identifican nueve estrategias de Economía circular aplicadas dentro de la gestión de mobiliario de aula y cinco criterios de evaluación.

Identificación de estrategias y criterios de evaluación

Los documentos seleccionados fueron revisados identificando los siguientes aspectos: 1) Las iniciativas de EC empleadas y 2) Las herramientas de evaluación de estrategias circulares aplicadas al mobiliario. En total se identificaron 37 iniciativas, no necesariamente excluyentes, las cuales se agruparon, según su similitud, en categorías generales denominadas *estrategias de economía circular para el mobiliario* como se muestra en la Figura 2.

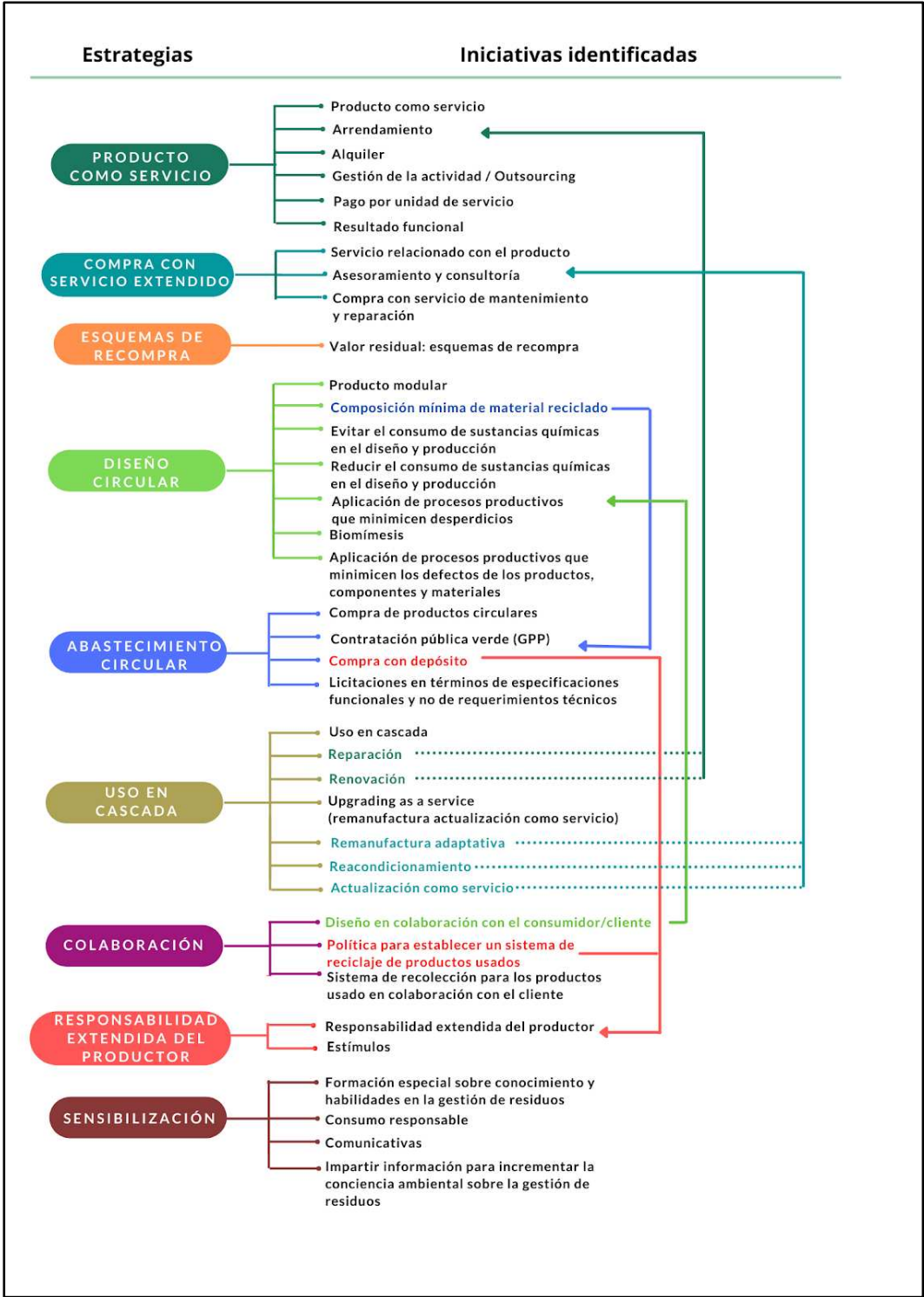


Figura 2: Estrategias de economía circular para la gestión del mobiliario
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Una breve definición para cada una de las estrategias definidas se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Estrategias de Economía Circular para la gestión del mobiliario

<i>Estrategia</i>	<i>Descripción</i>
<i>Responsabilidad extendida del productor</i>	Extiende la responsabilidad del fabricante a varias etapas del ciclo de vida, en especial a la recogida, al reciclaje y a la disposición final (Lindhqvist 2000).
<i>Abastecimiento circular</i>	Compra o adquisición de productos con características circulares o la implementación de un sistema de adquisición flexible con el fin de impulsar la sostenibilidad económica y ambiental (Van Oppen, Croon, y Bijl de Vroe 2018).
<i>Colaboración</i>	Cooperación del consumidor/cliente, proveedor o gobierno en el diseño y operación de una cadena de suministro verde, para reducir el desperdicio y los costos ambientales, aumentar la satisfacción del cliente, y maximizar los volúmenes de retorno (Laari et al. 2018) (Azevedo et. al 2011) (Zhu, Sarkis, y Lai 2013).
<i>Sensibilización</i>	Se entiende al consumidor como el eslabón central para cerrar el ciclo de la EC, aquí se exige un cambio de mentalidad para acceder a modelos que minimicen la generación de residuos y extiendan la vida útil de los productos con actividades de co-creación (Economistas sin fronteras 2020).
<i>Uso en cascada</i>	Pretende retener el valor de los materiales y recursos dentro del sistema tanto como sea posible. Para ello, los materiales y recursos experimentan diferentes usos de manera secuencial. En esta estrategia, la calidad de los materiales se reduce y se genera consumo de energía (Ellen Macarthur Foundation 2013).
<i>Producto como servicio</i>	Modelo de negocio donde el consumidor puede acceder a un bien o servicio sin tener que comprarlo u obtener su propiedad (De Angelis, Howard, y Miemczyk 2018), y a su vez puede enfocarse en potencializar la circularidad (Pieroni, McAloone, y Pigosso 2019).
<i>Compra con servicio extendido</i>	El proveedor no solo vende un producto, sino que también ofrece los servicios que se necesitan durante la fase de uso del producto. Este objetivo permite la circularidad del producto mediante un sistema de mantenimiento o reparación (Alhola et al. 2019, 96–109).
<i>Esquema de recompra</i>	Se otorga una segunda vida a los productos, ya sea para su mismo uso u otro, evitando la pérdida de su valor, garantizando la calidad ambiental de estos productos (Sociedad Pública de Gestión Ambiental 2018).
<i>Diseño circular/ Ecodiseño</i>	Forma en que se crean los productos, servicios y sistemas, donde se decide el método de fabricación, la forma en que se va a utilizar y lo

que sucederá al final de su ciclo de vida (Ellen MacArthut Foundation. 2017).

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la literatura se identifican diversos criterios que tanto proveedores como clientes establecen al evaluar posibles estrategias de EC aplicables en el mobiliario de aulas. Algunos de estos son: inversión inicial, costo logístico, costo total, requerimientos técnicos del producto y/o servicio, cláusulas contractuales, tipo de relacionamiento, contribución social, iniciativas éticas, aspectos ambientales, prácticas que promueven la innovación y el control/seguimiento. Con base en ello, se proponen cinco categorías que se resumen en la Figura 3 y que se describen a continuación.



Figura 3: Criterios de evaluación
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Criterios administrativos. Se refiere al alistamiento institucional y administrativo para la puesta en marcha y el cumplimiento de los objetivos de la estrategia. Por ejemplo, aspectos de índole contractual, de relacionamiento entre los actores y de especificación de los requisitos técnicos.

Criterios de operación. La operacionalización de la estrategia comprende la ejecución, que hace referencia a la puesta en marcha de la estrategia, el control/seguimiento, que se refiere a la facilidad de establecer un sistema que permita determinar las variables de interés y el análisis del avance programado, y por último la evaluación para identificar, cuantificar y valorar los resultados obtenidos y los costos generados de la operación durante un periodo de tiempo.

Criterios de costos. Comprende los costos incurridos por la institución para la implementación de la estrategia propuesta, dentro de los que se encuentra la inversión inicial, el costo logístico y operativo y el costo total que requiere tanto la implementación como la ejecución de la alternativa durante un periodo de tiempo determinado.

Criterios respecto a la contribución. Considera los posibles beneficios que puede ofrecer la implementación de la estrategia, teniendo en cuenta el factor ambiental, el factor innovación,

refiriéndose a la integración de bienes o servicios que buscan avanzar técnica y tecnológicamente, mejorando especificaciones y procesos, y el factor social y ético, que incluye la creación de valor a la sociedad, buscando exigir las garantías de producción, elaboración y comercialización de los productos de manera justa, implementando la normativa de manera transparente (Ferrer et al. 2017).

Criterios legales. Corresponden a un conjunto de instancias normativas y legales de carácter institucional o nacional a las que debe estar acogida la estrategia para su debida implementación. Por ejemplo, directrices de compra pública verde o planes estratégicos de las instituciones.

Evaluación con expertos

Las estrategias y criterios identificadas fueron evaluadas y priorizadas con base en las respuestas de los expertos. En primer lugar, se establece la importancia de cada categoría de criterios. Esta importancia se obtiene de promediar las ponderaciones resultantes de cada experto, las cuales a su vez provienen de la matriz de comparación pareada normalizada que cada uno de ellos realizó, las ponderaciones resultantes para cada conjunto de criterios se observan en la Tabla 2. La concordancia con el marco normativo y legal, criterios legales, se identifica como determinante para evaluar la viabilidad de las estrategias de economía circular identificadas, lo cual en buena medida se debe al reconocimiento de los complejos y diversos que son estos aspectos dentro de las instituciones de educación y aún más si estas son de carácter público. Así mismo, considerando la referencia a los modelos actuales de gestión del mobiliario, se otorga una importancia significativa al costo. Finalmente, los criterios asociados a la operabilidad son valorados en menor escala, lo cual puede deberse a que se da por sentada su necesidad y la capacidad para llevarlos a cabo.

Tabla 2: Ponderación de los criterios de evaluación

<i>Criterio</i>	<i>Valor promedio</i>	<i>Ponderación</i>
<i>Legal</i>	1,087	0,272
<i>Costos</i>	0,861	0,215
<i>Contribución</i>	0,773	0,191
<i>Administrativo</i>	0,754	0,188
<i>Operacional</i>	0,526	0,131

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La evaluación y priorización de las estrategias se obtiene ponderando la viabilidad de cada estrategia respecto a cada criterio por el peso asociado al criterio, lo cual arroja un valor para cada estrategia. El promedio de las valoraciones de cada estrategia para los distintos expertos se presenta en la Figura 4. Las tres estrategias de evaluación con mayor peso total son diseño circular, compra con servicio y responsabilidad extendidos. De estas estrategias es destacable que se identifica como actor principal al proveedor del bien, en este caso el mobiliario. Respecto a las tres estrategias con menor valoración, (abastecimiento circular, producto como servicio y uso en cascada), se observa que tienen un elemento disruptivo respecto a los esquemas tradicionales que se han venido implementado por las instituciones educativas. Así, por ejemplo, en ellas se demanda el fortalecimiento de los ciclos internos de las estrategias de uso en cascada o el cambio de paradigma del requerimiento de productos a servicios, conceptos que en buena medida demandan un rol activo del comprador.

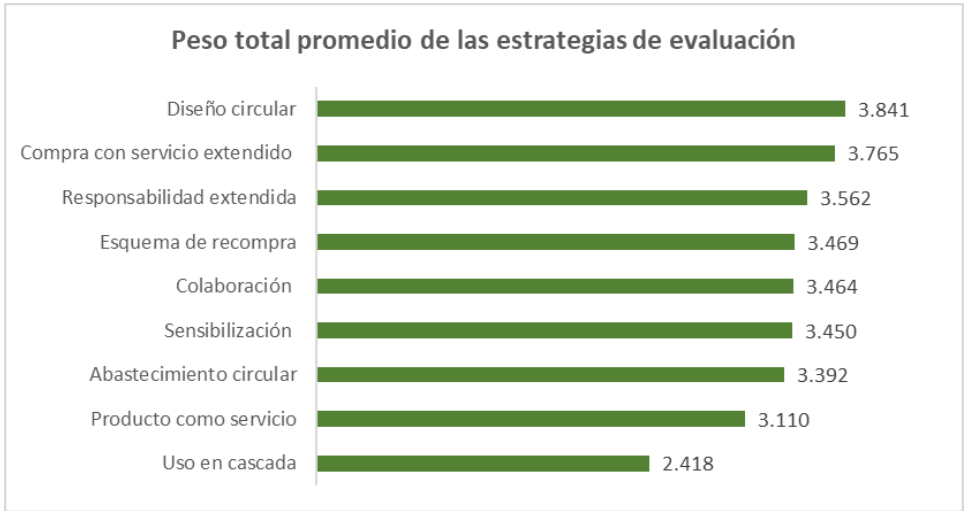


Figura 4: Criterios de evaluación
Fuente: *Elaboración propia, 2021.*

Adicionalmente al análisis cuantitativo del instrumento, la evaluación también considera las opiniones de los expertos a partir de su experiencia, campo de acción, criterio profesional y conocimiento respecto a otros criterios de evaluación, estrategias adicionales de economía circular que deberían considerarse y barreras para su implementación particularmente en el contexto de entidades públicas. El análisis de estas opiniones se hizo a través de la extracción de 35 unidades significativas del texto, las cuales se agruparon en 14 ideas secundarias, para finalmente obtener 5 ideas principales, este proceso de agregación de las ideas se detalla en el Anexo 2.

La primera idea identificada desde la opinión de los expertos es la importancia de los paradigmas del contexto institucional, donde se reconoce para el caso de estudio que existen particularidades en los procesos administrativos y legales para la gestión de bienes y recursos al ser una universidad pública. Además, se resaltan las deficiencias administrativas y la influencia que tiene la cultura organizacional en las transformaciones. La segunda idea identificada hace énfasis en el marco normativo, dada su relevancia al momento de entablar licitaciones y procesos administrativos en un organismo público, como lo es la universidad. Además, destaca la necesidad de apropiar el marco normativo en torno a economía circular y de los lineamientos de la estrategia nacional. Respecto a las estrategias identificadas se señala la oportunidad que existe en la definición de la extensión del alcance del modelo, ya que este tipo de iniciativas también se podría implementar en otro tipo de mobiliario, no únicamente el asociado a las aulas. En el nivel más operativo, se resaltan requerimientos sobre características del producto/servicio, tales como la ergonomía y robustez, debido a la intensidad del uso del mobiliario y su impacto en el confort de los estudiantes. Finalmente se identifica la necesidad de considerar factores e indicadores que describan las características de valor del mobiliario a la hora de realizar una evaluación en las adjudicaciones, basándose en lo justo y no en lo económico, lo que lleva a relacionar estas estrategias con la sostenibilidad y el cumplimiento de algunos de los ODS.

Medición del impacto de la estrategia de compra con servicio extendido

El proceso de gestión del mobiliario actual y un cambio de paradigma basado en la estrategia de producto como servicio constituyen los dos extremos dentro del panorama de estrategias identificados. En medio de este abanico, una estrategia intermedia pero que representa un avance en la consideración de la circularidad en el proceso es la compra con servicio extendido. Es por esto que, con el fin de visibilizar los posibles impactos ambientales de los cambios que puedan hacerse en el proceso se evalúan dos sistemas de producto que representan la gestión actual (GA01) y la gestión implementando la estrategia de compra con servicio extendido (GA02) mediante un análisis de ciclo de vida (ACV) que consta de cuatro etapas (ICONTEC 2007).



Figura 5: Etapas de metodología ACV según norma ISO 14.040

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Definición, objetivo y alcance

Cada uno de los sistemas de producto contempla la logística desde la adquisición de la silla universitaria (Unidad funcional), el transporte hasta la ciudadela universitaria, el uso en las instalaciones, la reparación interna o externa, y su posible disposición o aprovechamiento. La información sobre la unidad funcional se presenta en el Anexo 3, mientras que el sistema de producto para la estrategia de gestión GA01 y GA02 se presenta en las Figura 6 y Figura 7, respectivamente. Estos sistemas se diferencian en que la etapa de tratamiento y disposición final del GA01 la cual consiste en que de acuerdo con la condición de daño del mobiliario de aula, se puede realizar un mantenimiento especializado para luego integrar las sillas universitarias a otras dependencias, o en caso contrario venderlas como lotes de chatarra, se reemplaza por las etapas de tratamiento por el proveedor, una distribución y uso adicional en el GA02, estas permiten que el proveedor se encargue de realizar el mantenimiento requerido, y el embalaje de las sillas universitarias para ser nuevamente transportadas desde el proveedor hasta la Facultad de Ingeniería, y se realice la recepción y desembalaje del mobiliario de aula, para luego ser usado dentro de las aulas de clase.

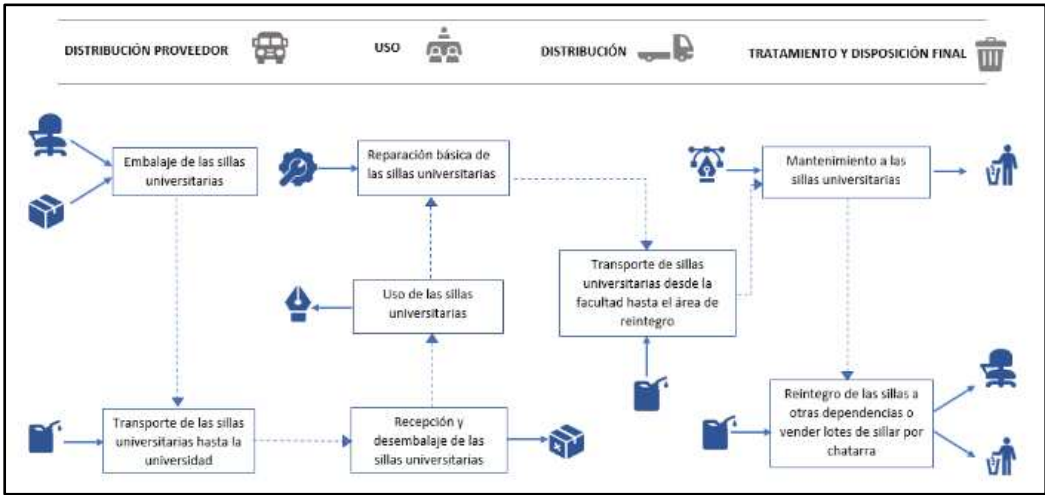


Figura 6: Esquema del sistema de producto GA01
Fuente: Elaboración propia, 2021.

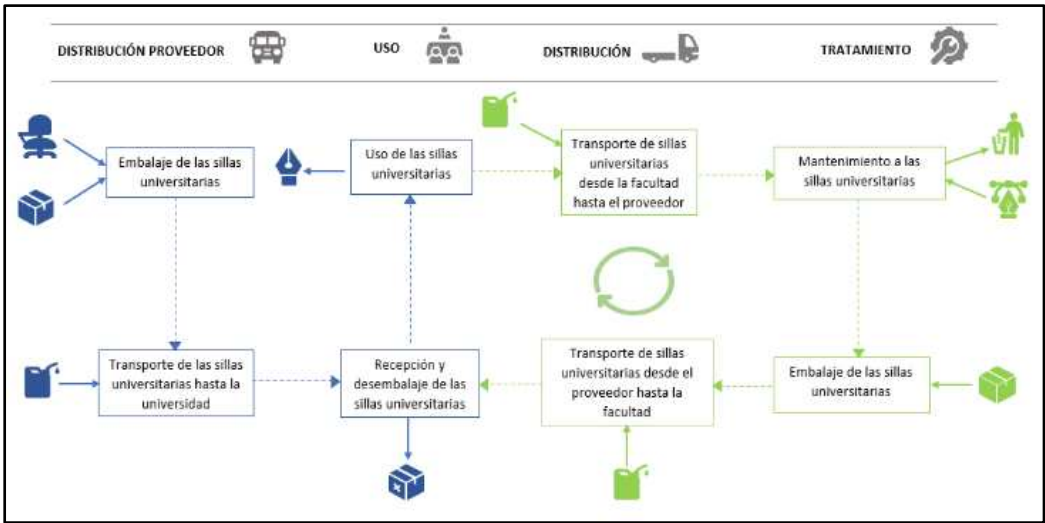


Figura 7: Esquema del sistema de producto GA02
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Análisis de inventario (ICV)

Las diferencias más notables entre la entrada y salida de materiales de los dos sistemas GA01 y GA02, es que el GA02 al presentar varios procesos adicionales como el embalaje, transporte del proveedor y desembalaje hace uso del doble de materiales y genera el doble de residuos, el GA02 utiliza y desecha 40 gr de plástico Strech como envoltura de la silla universitaria, recorre 11,98 Km con camión furgon Hino duto 300 emitiendo aproximadamente 11,98 KgCO₂.

En la etapa de uso se considera que en GA01 se adquieren aproximadamente tres tornillos para la reparación básica, para ambos sistemas durante el período de uso se estima el daño del mobiliario como una salida de material de 0,3079 Kg del total general de la silla universitaria. Para el proceso de mantenimiento en ambos sistemas se contempla que se integren las partes que componen a la silla, es decir, 9 tornillos, 4 botas, 1 estructura metálica, 1 raqueta y 1 soldadura (30 cm).

Otra diferencia importante entre los dos sistemas es que el GA01 hace uso de un transporte interno para llevar el mobiliario de aula que requiere una reparación más avanzada desde la Facultad de Ingeniería hasta el área de reintegro a una distancia de 2,2 Km con emisiones de 0,80 KgCO₂, mientras que el GA02 usa un transporte externo para llevar las sillas desde la facultad hasta el proveedor a una distancia de 16,4 Km con una generación de 5,99 KgCO₂.

Evaluación del impacto

En esta etapa se evalúa la magnitud de los impactos ambientales asociados al sistema de estudio, para esto se hace la transformación de los datos suministrados en el análisis de inventario a resultados de carácter ambiental. Para el desarrollo del ACV se hace uso del software libre OpenLCA y de la base de datos Ecoinvent. Como metodología de evaluación de impacto se emplea la denominada ReCiPe, la cual permite obtener factores de caracterización por medio de 18 indicadores de punto medio y 3 de punto final (Huijbregts et al. 2017). Para el presente análisis se consideraron los 13 indicadores presentados en el Anexo 4 debido a la pertinencia con el sistema estudiado.

Luego de calcular los indicadores de punto medio para los dos sistemas de producto propuestos se obtiene el análisis comparativo como se muestra en la Figura 8.

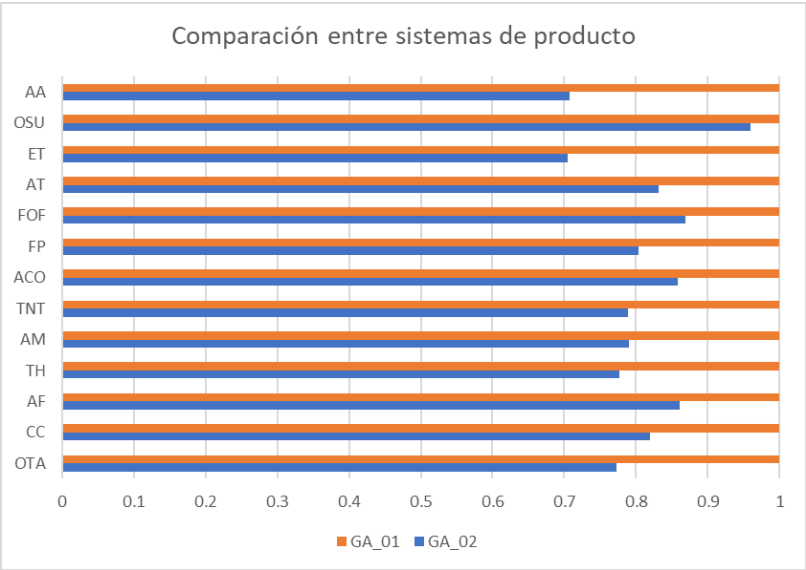


Figura 8: Evaluación de impacto del sistema GA01 y GA02
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se observa en la Figura 8, el sistema de producto GA02 presenta menor impacto potencial en los 13 indicadores analizados, con una menor participación en los indicadores de AA (Agotamiento de agua) y ET (Ecotoxicidad terrestre), esto está directamente relacionada ya que se reduce la extracción materias primas para el proceso productivo del mobiliario. Adicional, el indicador que no presenta diferencia significativa en los sistemas de producto es OSU (Ocupación del suelo urbano) ya que no está asociado al ahorro de la elaboración, ya que para ambas estrategias es requerido que exista un espacio donde se ubiquen las fábricas de producción. El ACV permite comparar y evaluar la estrategia de compra con servicio extendido y el proceso actual de gestión de mobiliario a nivel del impacto ambiental, teniendo en cuenta diversos indicadores que permiten determinar cuál sistema de producto presenta un mejor comportamiento ambiental para ser implementado por la institución.

Hoja de ruta para la implementación

Habiendo evaluado el impacto positivo que generaría la aplicación de la estrategia de compra con servicio extendido. Se plantea la hoja de ruta que permitiría su implementación. La Figura 9 presenta las etapas necesarias para su implementación, así como las actividades asociadas a cada una de ellas.

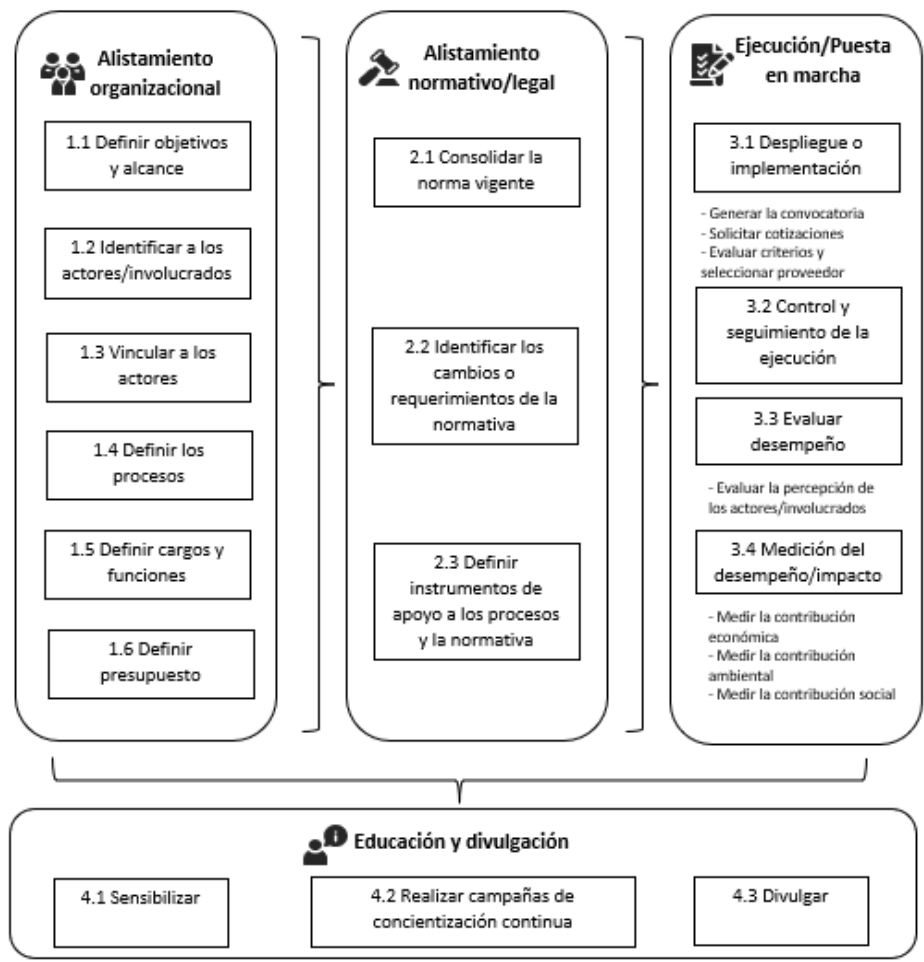


Figura 9: Hoja de ruta para la implementación de la estrategia de compra con servicio extendido
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Las dos primeras etapas corresponden al alistamiento tanto organizacional como normativo. El alistamiento organizacional delimita el alcance y los objetivos, identifica los actores involucrados en la estrategia, define los procesos requeridos, así como los cargos para llevarlos a cabo a través de sus respectivas funciones, por último, estima el presupuesto requerido y su procedencia. Por su parte, el alistamiento normativo que busca desde el nivel estratégico y táctico de la organización los procedimientos normativos o legales que se deben cumplir para la correcta ejecución de la estrategia. Para lo cual se requiere consolidar la normativa vigente, identificar los cambios o requerimientos de la normativa y definir instrumentos de apoyo a los procesos y la normativa. La tercera etapa hace referencia a la ejecución, la cual involucra no solo las actividades

para la puesta en marcha de la iniciativa sino aquellas para el control de su ejecución y la medición de su desempeño. Por último, se define una fase transversal destinada a la educación y divulgación que permita la correcta adopción de la estrategia, el rol de los usuarios en su éxito y la divulgación de los impactos y el desempeño obtenido.

Conclusiones

La aplicación de la EC es un concepto que tiene impacto en diferentes ámbitos de tipo económico, social y ambiental. Considerando el caso de estudio de la Universidad de Antioquia y la gestión que actualmente se realiza del mobiliario de aula, mediante la revisión de literatura se pudieron establecer nueve estrategias de EC que son apropiadas para ser implementadas por instituciones de educación superior que hacen uso de un gran volumen de mobiliario y que generan una cantidad considerable de reposición del producto en períodos corto de tiempo, lo que provoca que el mobiliario tenga menos ciclo de vida.

Adicionalmente, con la revisión de literatura y de casos de aplicados se establecieron cinco criterios que permiten evaluar la pertinencia de la estrategia de acuerdo con los requerimientos que tenga o la importancia que se le dé a uno u a otro criterio por parte de la institución. En el ejercicio realizado con los expertos, sobresalen los criterios más comunes de los procesos de licitaciones por parte de las organizaciones de carácter público, ya que son los que determinan en gran medida la viabilidad de la aplicación de cualquier proyecto, estos son legal, costos y administrativo.

En cuanto a la evaluación de las estrategias, se observa que existe una preferencia por mantener un esquema de dominio por parte del cliente y que sea en el contrato donde se fijan requerimientos de diseño, servicios y exigencias medioambientales por parte del proveedor. Este resultado concuerda con la gestión que se lleva a cabo en este tipo de instituciones educativas, donde se siguen ciertas tendencias tradicionales evitando en lo posible ideas que alteren lo convencional, como por ejemplo, las estrategias que posicionaron los expertos en últimos lugares: Abastecimiento circular, Producto como servicio y Uso en cascada, que se caracterizan por ser disruptivas y modificar los papeles que desempeñan los actores involucrados, que conlleva a ampliar el panorama y cambiar la visión hacia una gestión sostenible.

Por parte de los resultados cualitativos, las cinco ideas principales que se extrajeron, van dirigidas en diferentes líneas, pero se relacionan con los resultados cuantitativos, por ejemplo, en cuanto al carácter público de la institución, la importancia de la normatividad tanto interna como externa a la institución; y por otra parte, se enmarcan ideas que no se habían tenido en cuenta anteriormente, como por ejemplo, la ejecución del proyecto en otras dependencias o áreas de la institución, además de tener en cuenta no sólo lo económico a la hora de llevar a cabo una adjudicación e indicadores sobresalientes que se deben evaluar, resultado que no concuerda con los resultados cuantitativos en donde el factor de costos fue el de mayor peso.

Finalmente, se analiza la estrategia de Compra con servicio extendido mediante un ACV en el que se compara dos escenarios, el primero contempla la gestión actual de la Universidad y el segundo escenario plantea la implementación de la estrategia, de acuerdo con los resultados cuantitativos obtenidos se evidenció la disminución de los impactos ambientales generados, y esto debido a que se haría menor uso de la extracción de materias primas ya que el mobiliario no sería desechado en su totalidad, sino por el contrario sería llevado a un proceso de remanufactura por parte del proveedor.

Teniendo en cuenta lo anterior, se resalta que las estrategias de EC generan aportes claves para la institución desde diferentes ámbitos. En primer lugar, se reduce la huella ecológica emitida debido al menor uso de materias primas usadas por los fabricantes. En segundo lugar, se hace aportes a nivel social ya que se comienzan a pensar en escenarios que buscan concientizar sobre el consumo responsable; y, por último, se resaltaría la innovación en los procesos de gestión de mobiliario de aula. Esto se puede llevar a cabo con el desarrollo y puesta en marcha de la hoja de

ruta, que tiene como objetivo ser un instrumento de apoyo para las instituciones que estén interesadas en aplicar principios de sostenibilidad en el ámbito de la EC para la gestión de mobiliario de aula.

REFERENCIAS

- Alhola, Katriina, Sven – Olof Ryding, Hanna Salmenperä y Niels Juul Busch. 2019. “Exploiting the Potential of Public Procurement: Opportunities for Circular Economy” [Explotación del potencial de la contratación pública: oportunidades para la economía circular]. *Journal of Industrial Ecology* 23 (1): 96–109. <https://doi.org/10.1111/jiec.12770>
- Azevedo, Susana G, Helena Carvalho y V Cruz Machado. 2011. “The influence of green practices on supply chain performance: A case study approach. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review” [La influencia de las prácticas verdes en el desempeño de la cadena de suministro: un enfoque de estudio de caso. Investigación de Transporte Parte E: Revisión de Logística y Transporte]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 47 (6): 850–871. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.05.017>
- Besch, Katrin. 2005. “Product–service systems for office furniture: Barriers and opportunities on the European market” [Sistemas producto–servicio para mobiliario de oficina: Barreras y oportunidades en el mercado europeo]. *Journal of Cleaner Production* 13 (10 y 11): 1083–1094. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.12.003>
- De Angelis, Roberta, Mickey Howard y Joe Miemczyk. 2018. “Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain” [Gestión de la cadena de suministro y economía circular: hacia la cadena de suministro circular]. *Production Planning and Control* 29 (6): 425–437. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449244>
- Economistas sin fronteras. 2020. La economía circular: una opción inteligente. Consultado Octubre 15, 2020. <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2020/03/Dossieres-EsF-37-La-Econom%C3%ADa-Circular.pdf>.
- Ellen Macarthur Foundation. 2013. “Opportunities for the consumer goods sector” [Oportunidades para el sector de bienes de consumo]. *Towards the circular economy*. https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/sustainability/pdf/s/towards_the_circular_economy.ashx.
- _____. 2017. RUTA DE APRENDIZAJE – DISEÑO CIRCULAR. Consultado Julio 17, 2021 <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/circular-design>
- _____. 2021. Complete the picture: How the circular economy tackles climate change [Completa el cuadro: Cómo la economía circular aborda el cambio climático.]. Consultado Octubre 30, 2021. <https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>
- European Environmental Bureau (EEB). 2017. “Circular Economy Opportunities in the Furniture Sector” [Oportunidades de economía circular en el sector del mueble]. Consultado Octubre 29, 2021. <https://eeb.org/library/circular-economy-opportunities-in-the-furniture-sector/>
- European Furniture Industries Confederation. 2006. “The Furniture Industry and the Circular Economy” [La Industria del Mueble y la Economía Circular]. Consultado Junio 15, 2021. https://www.efic.eu/_files/ugd/a1d93b_881491e200674e38a8ee9135dd82b9d6.pdf
- Ferrer, Antonio, Lourdes Larripa Ferriz, Begoña María-Tomé Gil, Sara Pérez Díaz, Albert Vilallonga Ortiz (ISTAS) y Ana Belén Sánchez López. 2017. “Compras verdes y

- socialmente responsables*". Consultado Octubre 25, 2021. <http://istas.net/descargas/Las%20compras%20verdes%20y%20socialmente%20responsables.pdf>
- González, Cristian. 2019. "Remuebla: la empresa que remanufactura muebles de oficina a partir de materia prima reutilizada". *País Circular*. Consultado Noviembre 20, 2021. <https://www.paiscircular.cl/consumo-y-produccion/remuebla-la-empresa-que-remanufactura-muebles-de-oficina-a-partir-de-materia-prima-reutilizada/>.
- Huijbregts, Mark, Zoran J. N. Steinmann, Pieter M. F. Elshout, Gea Stam, Francesca Verones, Marisa Vieira, Michiel Zijp, Anne Hollander, y Rosalie van Zelm. 2017. "ReCiPe 2016 v1.1 A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level" [Receta 2016 v1.1 Un método armonizado de evaluación del impacto del ciclo de vida a nivel de punto medio y punto final]. *Int J Life Cycle Assess* 22: 138–147. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>.
- ICONTEC. 2007. *NORMA TÉCNICA COLOMBIA NTC-ISO14040*. <https://tienda.icontec.org/gp-gestion-ambiental-analisis-del-ciclo-de-vida-principios-y-marco-de-referencia-ntc-iso14040-2007.html>
- Kirchherr, Julian, Denise Reike y Marko Hekkert. 2017. "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions" [Conceptualizando la economía circular: un análisis de 114 definiciones]. *Resources, Conservation and Recycling* (127): 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Laari, Sini, Juuso Töyli y Lauri Ojala. 2018. "The effect of a competitive strategy and green supply chain management on the financial and environmental performance of logistics service providers" [El efecto de una estrategia competitiva y una gestión de la cadena de suministro verde en el desempeño financiero y ambiental de los proveedores de servicios logísticos]. *Business Strategy and the Environment* 27 (7): 872–883. <https://doi.org/10.1002/bse.2038>
- Lindhqvist, Thomas. 2000. "Extended Producer Responsibility in Cleaner Production – Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems" [Responsabilidad ampliada del productor en la producción más limpia – Principio de política para promover mejoras ambientales de los sistemas de productos]. Tesis doctoral, Lund University: 29–62. <https://lucris.lub.lu.se/ws/files/4433708/1002025.pdf>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2020. *Plastic– Tecnologías e información para la economía circular*. Consultado Noviembre 20, 2021. <https://www.plastic.org/contenido/el-rol-de-las-universidades-en-la-estrategia-nacional-de-economia-circular>.
- Pieroni, Marina de Padua, Tim McAloone, y Daniela Pigosso. "Business model innovation for circular economy: Integrating literature and practice into a conceptual process model" [Innovación del modelo de negocio para la economía circular: integración de la literatura y la práctica en un modelo de proceso conceptual]. Comunicación presentada en 22nd International Conference on Engineering Design, Delft, 5–8 de agosto de 2019. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.258>.
- Saaty, Thomas L. 2008. "Decision making with the analytic hierarchy process" [Toma de decisiones con el proceso de jerarquía analítica]. *International Journal of Services Sciences* 1 (1): 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>.
- Sociedad Pública de Gestión Ambiental. 2018. *Contratación circular. Cómo promover la economía circular con la compra y contratación pública verde*. Consultado Octubre 15, 2020. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/contratacion-circular.aspx>.
- Van Oppen, Cécile, Godard Croon, y Dirk Bijl de Vroe. 2018. *Circular procurement in 8 steps* [Contratación circular en 8 pasos]. Países Bajos: Copper8.

<https://www.copper8.com/wp-content/uploads/2018/10/Circular-Procurement-in-8-steps-Ebook.pdf>.

- Wrap. 2011. *Benefits of Reuse Case Study: Office Furniture* [Beneficios de la reutilización Estudio de caso: Mobiliario de oficina]. Consultado Octubre 20, 2020. http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Clothing_reuse_final.pdf.
- Yang, Miying, Palie Smart, Mukesh Kumar, Mark Jolly, y Steve Evans. 2018. "Product-service system business models for circular supply chains" [Modelos de negocio de sistemas de productos y servicios para cadenas de suministro circulares]. *Production Planning & Control* 29 (6): 498–508. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449247>.
- Zhu, Qinghua, Joseph Sarkis, y Kee-Hung Lai. 2013. "Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices" [Antecedentes institucionales y resultados de desempeño de las prácticas internas y externas de gestión de la cadena de suministro verde]. *Purchasing and Supply Management* 19 (2): 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2012.12.001>.

SOBRE LOS AUTORES

Betzy Julianny Cárdenas: Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia*

Luisa Fernanda Jiménez: Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia*

Pablo Andrés Maya: Profesor vinculado, Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia*

*Grupo ALIADO: Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

ANEXOS:

ANEXO 1

Evaluación de estrategias de economía circular aplicadas al mobiliario de la Universidad de Antioquia

Presentación.

Esta etapa de evaluación de estrategias de Economía Circular hace parte de un proyecto de investigación, enfatizado en la gestión del mobiliario en las aulas de clase. De este proyecto usted va a ser parte y tanto su participación como sugerencias son muy importantes para nosotros. Para contextualizarlo, usted podrá ver el siguiente video. Bienvenido.



Figura 1. Modelo de evaluación de estrategias de economía circular para el mobiliario

* L. Por favor ingresar la información personal.

Nombre

XXXXXX

Organización

XXXXXX

Ciudad/Localidad

XXXXXX

Dirección de correo electrónico

XXXXXX

Enviar

1 de 8 respuestas

1 de 8 respuestas

Figura 1: Formulario en línea
Fuente: SurveyMonkey, 2020. Link: <https://es.surveymonkey.com/r/G8CPJCC>

	Costos	Legal	Administrativo	Operacional	Contribución
Costos	1 ▾	▾	▾	▾	▾
Legal	1 ▾	1 ▾	▾	▾	▾
Administrativo	1 ▾	1 ▾	1 ▾	▾	▾
Operacional	1 ▾	1 ▾	1 ▾	1 ▾	▾
Contribución	1 ▾	1 ▾	1 ▾	1 ▾	1 ▾

Figura 2: Matriz de comparación pareada
Fuente: SurveyMonkey, 2020

	Producto como servicio	Compra con servicio extendido	Esquemas de recompra	Diseño circular	Abastecimiento circular	Uso en cascada	Colaboración	Responsabilidad Extendida del productor	Sensibilización
Costos	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾
Legal	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾
Administrativo	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾
Operacional	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾
Contribución	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾	▾

Figura 3: Matriz para evaluación de estrategias
Fuente: SurveyMonkey, 2020

ANEXO 2



Figura 4: Unidades de significado
Fuente: *Elaboración propia, 2020.*

ANEXO 3

Tabla 1. Unidad funcional. Fuente: Elaboración propia

Unidad funcional	Características
	1 silla universitaria, estructura metálica con de hierro con espesor de 1.2 mm y calibre 18, parrilla en varilla de hierro con 50 x 35 centímetros, asiento y respaldo inyectados con polipropileno copolímero, raqueta aglomerada de 15 mm de espesor y recubierto en laminado plástico tipo formica, 5 tornillos para amarrar el brazo de acero 3/16 x 1.1/4 pulgadas, 4 tornillos para amarrar el asiento de 3/16 x 1 pulgada y 4 botas plásticas inyectadas en polipropileno.

Tabla 1. Unidad funcional. Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia, 2020.

ANEXO 4

Tabla 2. Indicadores de punto medio usados

Indicador	Abreviatura	Unidad	Descripción
Ocupación de tierras agrícolas	OTA	m2a	Se determina por la pérdida relativa de especies, ya que las actividades agrícolas afectan directamente el hábitat y la composición original de las especies.
Cambio climático	CC	kg CO2–Eq	Se entiende como el aumento de la temperatura media global (° C) generado por el incremento de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (ppb).
Agotamiento de fósiles	AF	kg oil–Eq	Categoría de impacto ambiental que se refiere al uso de combustibles procedentes del petróleo, del carbón o del gas natural no renovable. Se mide en unidades de energía.
Toxicidad humana	TH	kg 1,4–DCB–Eq	Corresponde a la inhalación o la ingesta oral de sustancias químicas presentes en el ambiente, lo que provoca un aumento en enfermedades y daño a la salud humana.
Agotamiento de metales	AM	kg Fe–Eq	La excesiva extracción de recursos minerales provoca la disminución general del recurso en el mundo.
Transformación natural de la tierra	TNT	m2	La transformación de la superficie de suelo natural que es usada para actividades como la agricultura, minería, viviendas, etc.

<i>Agotamiento de la capa de ozono</i>	ACO	kg CFC–11–Eq	Se genera por la emisión de sustancias con grupos de cloro o bromo en sus moléculas, las cuales interactúan con el ozono en la estratosfera, haciendo que esta se debilite y haya mayor radiación UVB golpeando la tierra.
<i>Formación de partículas</i>	FP	kg PM10–Eq	Se define como la cantidad de material particulado generado por aerosoles con un diámetro menor de 2,5 µm (PM2,5) que puede afectar las vías respiratorias al ser inhaladas.
<i>Formación oxidante fotoquímica</i>	FOF	kg NMVOC	Este tipo de formación depende de las condiciones meteorológicas y de las concentraciones en las reacciones fotoquímicas de NOx y compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM). Lo cual puede generar problemas respiratorios y en la vegetación.
<i>Acidificación terrestre</i>	AT	kg SO2–Eq	Es provocado por la deposición atmosférica de sustancias inorgánicas como sulfatos, nitratos y fosfatos que hacen que cambie la acidez de la tierra.
<i>Ecotoxicidad terrestre</i>	ET	kg 1,4–DCB–Eq	Se considera como los impactos tóxicos que afectan a la superficie terrestre, que son nocivos para distintas especies y que cambian la estructura y función del ecosistema.
<i>Ocupación del suelo urbano</i>	OSU	m2a	Se define como la pérdida de zonas terrestres por la construcción de espacios urbanos, lo cual genera alteraciones en el suelo y afecta directamente el hábitat natural de muchas especies.
<i>Agotamiento del agua</i>	AA	m3	La reducción de la disponibilidad de agua dulce se origina por los diferentes usos que se le da, ya sea que se evapora, se incorpora a los productos, se transfiere a otras cuencas hidrográficas o se desecha en el mar.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La Revista Internacional de Sostenibilidad busca crear un marco intelectual de referencia y de diálogo interdisciplinar a través de teorías innovadoras y prácticas de sostenibilidad.

La Revista Internacional de Sostenibilidad emplea un sistema de revisión por pares, apoyado en rigurosos procesos de clasificación de artículos conforme a criterios académicos y comentarios cualitativos, para asegurarse de que sólo los trabajos intelectuales de gran sustancia e impacto sean publicados.

La Revista Internacional de Sostenibilidad es una publicación académica sujeta a revisión por pares.