



Propuesta de una ruta metodológica para el acompañamiento y la evaluación de la circularidad en las empresas del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.

Paulina Martínez González

Informe de práctica para optar al título de Ingeniera Ambiental

Asesor

José Miguel Fernández Zapata, Ingeniero Químico

Universidad de Antioquia
Facultad de ingeniería, Escuela ambiental
Ingeniería Ambiental
Medellín
2024

Cita	(Martínez González, 2024)
Referencia	Martínez González, P. (2024). <i>Propuesta de una ruta metodológica para la evaluación de la circularidad en las empresas del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín</i> . [Semestre de Industria]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/director: Julio César Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Lina María Berrouet Cadavid

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
1. Planteamiento del problema	10
1.1. Antecedentes	10
2. Justificación	14
3. Objetivos	15
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. Marco teórico	16
5. Metodología	20
5.1. Revisión y análisis de la información	20
5.2. Especificación de los criterios de evaluación	21
5.3. Síntesis de la metodología de acompañamiento empresarial	21
5.4. Visión general de la metodología empleada	23
6. Resultados	24
6.1. Diagnóstico	25
6.2. Plan de acción y seguimiento	30
7. Discusión	35
8. Conclusiones	37
Referencias	38

Lista de tablas

Tabla 1 Marco normativo aplicable.....	12
Tabla 2 Indicadores del programa economía circular del Plan de Desarrollo Medellín 2020-2023	13
Tabla 3 Síntesis de algunas herramientas para medir la circularidad.....	18
Tabla 4 Descripción de la estructura del diagnóstico.....	26
Tabla 5 Descripción de la estructura del plan de acción	31
Tabla 6 Formato para el seguimiento general	32
Tabla 7 Formato para el seguimiento específico.....	32
Tabla 8 Indicadores definidos	33

Lista de figuras

Figura 1 Diagrama del sistema de Economía Circular.....	17
Figura 2 Descripción de las fases principales de la metodología.....	20
Figura 3 Funciones principales de la plataforma KoboToolbox	22
Figura 4 Interfaz principal de la plataforma KoboToolbox	22
Figura 5 Síntesis de la metodología empleada.....	23
Figura 6 Etapas de la metodología propuesta	24
Figura 7 Esquema de la estructura del documento diagnóstico	27
Figura 8 Ejemplo de calificación en las opciones de respuesta del diagnóstico	28
Figura 9 Ejemplo de la calificación por sección	29
Figura 10 Clasificación de la empresa según su circularidad	30
Figura 11 Análisis de limitantes y oportunidades del sector empresarial para la implementación de la metodología para el acompañamiento y evaluación de su circularidad.	36

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
BCN	Biblioteca del Congreso Nacional
EEA	European Environment Agency
ENEC	Estrategia Nacional de Economía Circular
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PAC	Plan de Acción Climática
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos
PNPCS	Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible
PPEC	Política Pública de Economía Circular
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

Resumen

Ante la necesidad de migrar hacia un modelo de desarrollo económico que propenda por la conservación del medio ambiente e impulse el bienestar social, la economía circular emerge como una alternativa crucial para optimizar recursos y reducir residuos, fundamental para ciudades como Medellín. Este trabajo propone una metodología para acompañar y evaluar la transición hacia un modelo económico circular en las empresas del Distrito de Medellín, su desarrollo se basa en la revisión de marcos normativos, metodologías de medición y casos de éxito, para luego establecer criterios de evaluación y consolidar su estructura de acompañamiento. El resultado es una metodología que evalúa el progreso hacia la economía circular, estructurada en tres etapas: diagnóstico, plan de acción y un seguimiento, implementados mediante encuestas en la herramienta KoboToolbox. La implementación de esta metodología proporcionará una base sólida a nivel distrital y empresarial para evaluar el progreso y orientar la toma de decisiones hacia un sistema circular, permitiendo aumentar la eficiencia operacional del sector empresarial de Medellín y disminuir sus impactos ambientales, alineando los objetivos empresariales, locales y ambientales para un desarrollo sostenible en el Distrito.

Palabras clave: economía circular, sostenibilidad, gestión de recursos, gestión empresarial, indicadores de circularidad, metodología, acompañamiento empresarial.

Abstract

Given the need to migrate towards an economic development model that promotes environmental conservation and social welfare, the circular economy emerges as a crucial alternative to optimize resources and reduce waste, which is essential for cities such as Medellin. This work proposes a methodology to accompany and evaluate the transition towards a circular economic model in the companies of the District of Medellin, its development is based on the review of regulatory frameworks, measurement methodologies and success cases, to then establish evaluation criteria and consolidate its accompanying structure. The result is a methodology that evaluates progress towards the circular economy, structured in three stages: diagnosis, action plan and follow-up, implemented through surveys in the KoboToolbox tool. The implementation of this methodology will provide a solid basis at the district and business level to evaluate progress and guide decision making towards a circular system, allowing to increase the operational efficiency of the business sector of Medellin and reduce its environmental impacts, aligning business, local and environmental objectives for sustainable development in the District.

Keywords: circular economy, sustainability, resource management, business management, circularity indicators, methodology, business support.

Introducción

El modelo de producción y consumo actual se basa en un sistema lineal enfocado en el incremento del capital, este utiliza los recursos y las materias primas como si fueran infinitas, sin considerar la capacidad de carga del planeta Tierra ni sus tiempos de asimilación, lo que conlleva a enfrentar grandes problemáticas ambientales, como la actual crisis climática (BBVA, 2022). Son muchas las acciones que contribuyen al reciente deterioro del medio ambiente, sin embargo, gran porcentaje de la contaminación generada puede asociarse a las actividades desarrolladas por el sector productivo y su cadena de producción (Oberle, y otros, 2019) Es allí donde la economía circular surge como herramienta para transformar las actividades económicas existentes, beneficiando su crecimiento y reduciendo su impacto ambiental. (Miguel, Martínez, Pereira, & Kohout, 2021)

Dada la influencia del sector empresarial en la generación de residuos no residenciales, y su incidencia en el uso de materiales aprovechables o no, es imprescindible implementar cambios ligados al diseño de los productos, los modelos de negocios, el flujo de recursos y la creación de valor en este sector (SYSTEMIQ & Fundación Ellen MacArthur, 2017). En este sentido, la medición de la circularidad empresarial se convierte en una herramienta fundamental para lograr una trazabilidad, evaluar el progreso y orientar la toma de decisiones hacia la sostenibilidad (WBCSD, 2020).

El Distrito de Medellín reconoce la importancia de transitar hacia un modelo circular y en concordancia, ha implementado en sus políticas de gobierno y planes de desarrollo distintas estrategias que le apuntan a la sostenibilidad, mediante la optimización de los recursos disponibles y la reducción en la generación de residuos y emisiones de GEI (Universidad de Antioquia & Alcaldía de Medellín, 2021). Si bien existen diversas metodologías para medir la circularidad, aún no se cuenta con una herramienta específica distrital para conocer el nivel de las empresas de Medellín, esto dificulta la evaluación del desempeño ambiental del sector y su avance en la implementación de prácticas de producción y consumo sostenible, debido a que no se dispone de suficiente información para consolidar una línea base y fijar mejoras en el tiempo.

Este trabajo propone una metodología para el acompañamiento y la evaluación de la circularidad del sector empresarial del Distrito de Medellín, incorporando tres aspectos fundamentales: eficiencia operacional, desempeño circular y creación de valor circular, con el objetivo de obtener un indicador de circularidad en función de las acciones y procesos realizados

por la empresa. Esta se realizó por medio de tres fases: revisión y análisis de información, especificación de indicadores claves de circularidad y la elaboración de una serie de preguntas y aspectos a mejorar, para medir las acciones circulares y facilitar el progreso del sector empresarial hacia la sostenibilidad.

Como resultado, se presenta una metodología estructurada en tres etapas: diagnóstico, plan de acción y seguimiento, materializada por medio de tres documentos tipo encuesta desarrollados en la plataforma KoboToolbox, con los que se proporcionará un enfoque integral para la transformación hacia la circularidad empresarial. Esta metodología no solo contribuye a reducir los impactos ambientales, sino que también fomenta la conciencia ambiental en empresas y consumidores, aspecto esencial para alcanzar objetivos más amplios de economía circular. Además, su implementación promueve la transición hacia un modelo de producción y consumo más sostenible, eficiente y responsable, minimizando residuos y preservando el medio ambiente.

1. Planteamiento del problema

El sector empresarial de Medellín juega un rol importante en el modelo de producción y consumo tradicional. Actualmente, existe la necesidad de contar con una metodología de acompañamiento y evaluación de la circularidad en las empresas del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín, que permita establecer una línea base y apoye su transición hacia la sostenibilidad.

1.1. Antecedentes

En el contexto actual, la economía circular se ha convertido en un modelo crucial para enfrentar desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la escasez de recursos naturales. Así, un modelo circular es aquel que busca cerrar el ciclo de los materiales, manteniendo su valor durante el mayor tiempo posible y minimizando el uso de recursos, la generación de residuos y el impacto sobre el medio ambiente (Kowszyk & Maher, 2018). Diversos estudios han abordado la importancia de este modelo, destacando su potencial para transformar las prácticas empresariales y promover un desarrollo sostenible.

Para hablar de las iniciativas de Economía circular es necesario considerar la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), tanto los ODS como la economía circular buscan alcanzar la prosperidad social y económica respetando la capacidad natural del planeta, por consiguiente, la economía circular se configura como un concepto clave para alcanzar las metas propuestas por la Agenda 2030 (Pacto Global, 2020).

En el marco de la administración pública, la economía circular se ha implementado como estrategia central en las agendas de diversas ciudades, esta se materializa por medio de políticas y programas que fijan metas para impulsar la sostenibilidad. Las ciudades tienen un rol determinante en el desarrollo de la circularidad, en particular, el estado puede crear condiciones para facilitar y acelerar la transición hacia una economía circular estableciendo acciones, regulaciones e incentivos que orienten a la acción colectiva y estimulen la investigación e innovación. (ANDI, 2023)

A nivel internacional, varios países y empresas han implementado iniciativas para avanzar hacia el modelo circular. En Europa, la transición hacia una economía circular ha sido impulsada por políticas como el Pacto Verde Europeo y el Plan de Acción para la Economía Circular (EEA, 2023). En China, la Ley de Promoción de la Economía Circular, adoptada en 2009, y la prohibición de importación de residuos en 2018, han destacado como medidas clave para reducir la dependencia de recursos importados y fomentar la industria del reciclaje local (BCN, 2018).

América Latina ha avanzado significativamente en los últimos años, varios países han implementado políticas y estrategias para fomentar la circularidad en sus economías, México, ha progresado en la industria automotriz y del papel, mientras, países como Chile, Perú, Brasil, Argentina y Uruguay han desarrollado programas para reducir la generación de residuos mediante la reutilización y el reciclaje. Un ejemplo destacado es Colombia, que en 2018 lanzó la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) con el fin de incentivar a todos los actores de los sistemas productivos a desarrollar nuevos modelos de negocio que integren la gestión de residuos y el uso eficiente de materiales (Miguel, Martínez, Pereira, & Kohout, 2021).

Además, Colombia cuenta con La Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible que tiene como propósito orientar el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad hacia la sostenibilidad ambiental, esta considera al sector empresarial y su encadenamiento como eje central para generar sinergias y colaboración entre actores (MADS, 2010). Dentro su normatividad, también se contemplan la Ley 2169 de 2021, enfocada en alcanzar la carbono neutralidad y mejorar la resiliencia climática del país, y la Ley 2232 de 2022 orientada a reducir la producción y el consumo de plásticos de un solo uso, ambas leyes potencian la transición hacia modelos de producción y consumo circulares.

En este sentido, existen a nivel distrital otras herramientas como el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y el Plan de Acción Climática (PAC), que contemplan estrategias específicas para acompañar a la ciudadanía y al sector empresarial en la adopción de modelos circulares. Algunas de estas, brindan asesoría, acompañamiento y capacitación, y proponen incentivos para la investigación y la implementación de buenas prácticas en campos como la gestión de residuos, eficiencia energética, energías renovables, adaptación al cambio climático y economía baja en carbono (Bedoya Ramírez, y otros, 2021; Alcaldía de Medellín & Universidad de Antioquia, 2021). En la *Tabla 1* se enuncia con mayor detalle el marco normativo aplicable a nivel nacional y distrital.

Tabla 1*Marco normativo aplicable*

Orden	Norma	Descripción
	Constitución política de 1991	Eleva a rango constitucional los conceptos de desarrollo sostenible, patrimonio ecológico y calidad de vida.
	Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible 2010	Orienta el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad hacia la sostenibilidad ambiental.
	CONPES 3874 de 2016: Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos	Promueve instrumentos para la GIRS, mejorando la cultura y educación ciudadana, coordinando diferentes actores y optimizando el reporte y monitoreo de la información sobre los residuos.
	CONPES 3866 de 2016: Política Nacional de Desarrollo Productivo	Busca solucionar las fallas de mercado y de gobierno que limitan la productividad, diversificación y sofisticación del país y generar un entorno institucional que promueva la coordinación y sostenibilidad.
Nacional	CONPES 3934 de 2019: Política de Crecimiento Verde	Promueve la creación de oportunidades de negocio basadas en el capital natural, optimizando recursos, fortaleciendo la gobernanza y mejorando las capacidades en ciencia y tecnología para el crecimiento verde.
	Estrategia nacional de economía circular -ENEC	Promueve la creación de nuevos modelos bajo la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los flujos de materiales.
	Ley 2169 de 2021	Impulsa el desarrollo bajo en carbono, incluyendo la reducción de emisiones de GEI y la carbono neutralidad a 2050.
	Ley 2232 de 2022	Establece medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso.
	Decreto 1131 de 2021	Mediante el cual se adopta la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Medellín.
Distrital	Decreto 0942 de 2021	Adopta el Plan de Acción Climática del municipio de Medellín y el Plan de adaptación en salud al cambio y la variabilidad climática.
	Acuerdo 043 de 2021	Establece los lineamientos para la Política Pública de Economía Circular del Municipio de Medellín.

Fuente: Elaboración propia a partir de las normas citadas y (Concejo de Medellín, 2021)

El Distrito de Medellín presenta en sus planes de desarrollo municipales anteriores, estrategias enfocadas de forma directa a avanzar hacia un modelo económico sostenible, donde reconoce la economía circular como parte de los fundamentos estratégicos de planeación y propende por fomentar las energías alternativas, las compras públicas sostenibles y la adecuada

gestión de los residuos sólidos. El Plan 2020-2023, definió dentro de la línea estratégica Ecociudad el programa de economía circular y gestión de residuos sólidos con el objetivo de fomentar la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) y generar hábitos responsables en la ciudadanía (Concejo de Medellín, 2021), para este definió los siguientes indicadores (*Tabla 2*):

Tabla 2

Indicadores del programa economía circular del Plan de Desarrollo Medellín 2020-2023

Indicadores de producto	Unidad de medida	Línea base	Meta 2023
Viviendas cubiertas con la campaña “Tu separas, yo reciclo”.	Número	6.500	25.000
Proyectos de diagnóstico, educación y gestión de RCD implementados.	Número	0	4
Recicladores acompañados.	Número	850	3.080
Reducción de puntos críticos de residuos sólidos.	Número	105	65
Planta piloto para el aprovechamiento de residuos sólidos implementada.	Número	0	1
Política Pública de Economía Circular formulada.	Número	0	1

Fuente: (Alcaldía de Medellín, 2020)

Como resultado, el Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín formuló una Política Pública para la Economía Circular (PPEC), que busca implementar a partir del acuerdo 043 de 2021 “Por medio del cual se establecen los lineamientos para la Política Pública de Economía Circular para el Municipio de Medellín”, con esta pretende asegurar recursos que permitan, entre otras cosas, generar cambios estructurales en la gestión integral de los residuos sólidos del distrito y generar un desarrollo productivo bajo en carbono (Alcaldía de Medellín, 2021). En adición a esta, recientemente se llevo a cabo la firma de La Gran Alianza por la Economía Circular en Medellín, esta involucra diversos actores del distrito con el proposito de adoptar un sistema de gobernanza circular, y fija como meta “convertir a la capital antioqueña en referente mundial de economía circular” (Ríos, 2024), lo que evidencia el compromiso de la actual administración por avanzar hacia un modelo circular.

2. Justificación

Actualmente existe la necesidad de promover un cambio hacia un modelo económico más sostenible y responsable en el sector empresarial del Distrito de Medellín, la adopción de una metodología de acompañamiento y evaluación de la circularidad permitirá evaluar el progreso y orientar la toma de decisiones hacia la sostenibilidad, facilitando la transición hacia un sistema económico más circular y eficiente.

Por medio de su implementación es posible establecer una línea base para medir el nivel circular actual y los avances en la incorporación de hábitos circulares, esto es fundamental para aplicar acciones eficaces y de mejora continua tanto en la organización interna de la empresa como a un nivel distrital. A su vez, esta metodología promueve la innovación y la optimización en el uso de recursos, y contribuirá a fomentar una conciencia ambiental en las empresas y consumidores.

Desde una perspectiva económica, las empresas que adopten prácticas circulares podrán reducir costos operativos y aumentar su competitividad, la aplicación de esta metodología aportará beneficios en términos de desempeño ambiental, reducción de costos de gestión de residuos y adquisición de materias primas, optimización de procesos, creación de nuevas oportunidades de negocio y reconocimiento como organizaciones ambientalmente responsables.

De igual manera, una evaluación sistemática de la circularidad contribuirá a reducir los impactos ambientales negativos, como la contaminación y la generación de residuos, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos y protegiendo el medio ambiente. Este proyecto contribuirá al desarrollo sostenible del Distrito de Medellín y facilitará la creación de una cultura ambiental, alineando los objetivos locales con metas globales de sostenibilidad y economía circular. Además, aportará a la ingeniería conocimientos y herramientas prácticas para implementar modelos de economía circular, avanzando en la sostenibilidad empresarial.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Proponer una metodología para el acompañamiento y la evaluación de la circularidad en las empresas del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar la literatura existente asociada al desarrollo de metodologías para la medición de la circularidad en empresas.
- Especificar los criterios claves para evaluar la circularidad en las empresas del Distrito de Medellín considerando aspectos como la eficiencia en el uso de recursos, la generación de residuos, la vida útil de los productos y el cierre de ciclos de los materiales.
- Sintetizar la metodología de acompañamiento empresarial para su posible implementación en el Distrito de Medellín.

4. Marco teórico

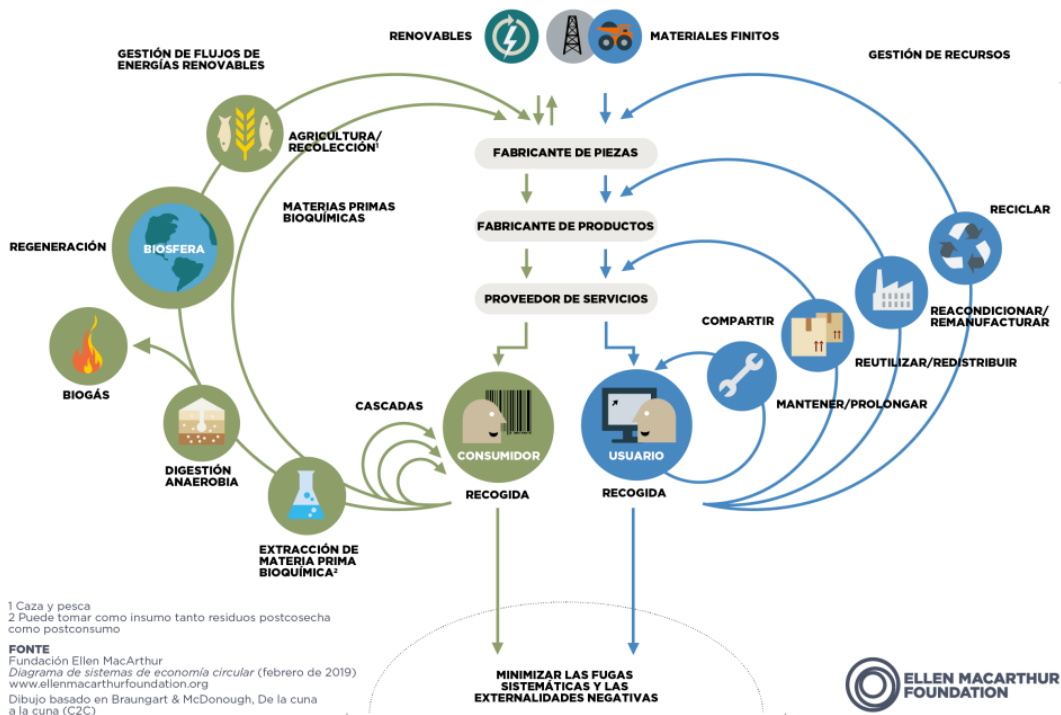
Las predicciones a futuro a cerca del crecimiento poblacional y la demanda de recursos demuestran que el modelo económico actual es insostenible. La economía circular representa un marco de soluciones para afrontar los desafíos globales actuales y reducir la huella ambiental de las actividades económicas; constituyendo una herramienta para avanzar en la transición de un modelo económico lineal tradicional hacia un modelo económico sostenible. (Albaladejo, Mirazo, & Franco Henao, 2021; Fundación Ellen MacArthur, s.f.)

El concepto de economía circular ha evolucionado a lo largo del tiempo. Inicialmente se centró en la transición de los procesos de producción industrial hacia ciclos cerrados, luego, en 1990 se formaliza sugiriendo un análisis holístico de las interacciones entre la economía y el ambiente. Actualmente, incluye principios fundamentales como el diseño regenerativo, la extensión de la vida útil de los productos, y la desmaterialización de la economía, promoviendo la reutilización, reparación, remanufactura y reciclaje (Espinoza H, 2023).

La economía circular propone entonces, un nuevo modelo económico basado en ciclos cerrados, donde los recursos se aprovechan al máximo y se minimizan los residuos, este enfoque integral busca generar cambios estructurales en la forma en que producimos y consumimos (Kowszyk & Maher, 2018). La *Figura 1* expone el diagrama del sistema de economía circular desarrollado por Ellen MacArthur en 2019, este es comúnmente conocido como el diagrama de la mariposa y permite visualizar con mayor profundidad los procesos y el desarrollo de este sistema.

Este diagrama ilustra el proceso a través del cual se crea valor en la economía circular, priorizando la generación de estrategias desde los círculos más estrechos, y asegurando que los productos puedan ser aprovechados en distintas etapas de la cadena de producción y distribución. (Yáñez Paño, 2021) La economía circular destaca tres aspectos clave: el diseño, enfocado en producir con menos recursos y mayor durabilidad, la prestación de servicios, que se centra en crear nuevos modelos de negocio y el trabajo en red entre industrias, aspecto crucial para que los residuos de una se conviertan en materias primas para otra (Cerdá & Khalilova, 2016).

Figura 1
Diagrama del sistema de Economía Circular



Fuente <https://www.ellenmacarthurfoundation.org> (Fundación Ellen MacArthur , 2019)

Transitar a un modelo económico circular requiere el desarrollo e implementación de estrategias que, a su vez, exigen una articulación entre la administración pública, actores económicos y la sociedad en general, cada sector tiene un rol fundamental a desempeñar en el actuar hacia la circularidad (Fundación Ellen MacArthur, 2021; Marcet, Marcet, & Vergés, 2018).

Si bien el sector público juega un papel crucial en la transformación circular, esta requiere, sobre todo de un avance por parte del sector empresarial; siendo este quien produce, distribuye y provee servicios, se reconoce su papel fundamental para promover la producción y el consumo sostenible. Este sector puede contribuir al identificar oportunidades de economía circular, generando sinergias para reutilizar recursos, innovando en procesos y modelos de negocio eficientes, y desarrollando capacidades técnicas internas relacionadas con la economía circular. (Colombia Productiva, 2022)

Uno de los retos más apremiantes para la transición, es lograr crear un sistema estandarizado para medir los avances circulares y establecer un marco común que permita comparar y evaluar los distintos progresos, este marco debe incluir indicadores que den información sobre el impacto de

dichas acciones, considerando la eficiencia de recursos y facilitando la toma de decisiones estratégicas a nivel empresarial. (Ruiz , Canales, & García, 2019)

Aunque todavía no existe ningún marco que permita medir el progreso de las organizaciones en economía circular y compararlos a nivel global, nacional o distrital; algunas empresas con presencia en Medellín, ya han comenzado a medir el desempeño de sus acciones e incluso han desarrollado sus propios marcos, como es el caso de Bancolombia quién consolidó una herramienta de Diagnóstico Circular con la finalidad de identificar el nivel de circularidad actual de compañías asociadas (Bancolombia, s.f.).

De igual modo, se han desarrollado diversas herramientas con el mismo objetivo, algunas de estas son Circle Assessment, CTI Tool, CircularTRANS, Circular Economy Toolkit, los indicadores de circularidad de Ellen MacArthur, entre otras. Cada una de estas herramientas tiene sus propias especificaciones, ventajas y desventajas. Por ejemplo, algunas simulan un análisis de ciclo de vida y se aplican solo a la circularidad de un producto, mientras que otras se enfocan en la estrategia empresarial y prestan menos atención a los flujos de materiales, además, no todas son aplicables a cualquier tipo de organización y difieren en la cantidad de preguntas e indicadores (Valls-Val, Ibáñez-Forés, & Bovea, 2021). A continuación, en la *Tabla 3* se presenta una síntesis de las herramientas mencionadas.

Tabla 3

Síntesis de algunas herramientas para medir la circularidad

Herramienta	Descripción	Ventajas	Desventajas
Circle Assessment	Utiliza 7 categorías clave: priorización de recursos renovables, conservación y expansión de lo ya producido, utilización de los residuos como un recurso, diseñar de cara al futuro, colaborar para crear valor compartido, repensar el modelo de negocio y, por último, incorporar tecnología digital.	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona una visión general del desempeño circular. • Fácil de usar, con interfaz intuitiva. • Adaptable al tipo de empresa y sector. 	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso puede ser complejo y requerir mucho tiempo. • No está integrado con otros sistemas de gestión. • No ofrece un análisis profundo.
	https://www.circle-economy.com/		
CTI Tool	Estructura datos y calcula resultados sobre el nivel circular, además conecta a los usuarios con partes interesadas internas y socios de la cadena de valor.	<ul style="list-style-type: none"> • Da orientación y soporte técnico durante el proceso. • Ofrece resultados comparativos con otras empresas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Complejo de usar y requiere información técnica. • Requiere datos de alta calidad.
	https://ctitool.com/		

Herramienta	Descripción	Ventajas	Desventajas
CircularTRANS	Desarrollada por la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Mondragón. Es una herramienta cualitativa estructurada en 10 aspectos. Brinda un diagnóstico, oportunidades de mejora, una hoja de ruta y define un plan de acción	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptable a diferentes sectores. • Considera la circularidad de productos y procesos. • Enfoque holístico. • Permite evaluar el impacto ambiental, social y económico de la circularidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere conocimientos técnicos. • Necesita una gran cantidad de datos. • Requiere mucho tiempo y recursos para implementarse. • Los resultados pueden ser subjetivos
https://circulartrans.mondragon.edu/			
Circular Economy Toolkit	Diseñado por la Universidad de Cambridge (2013). Incluye 7 áreas de acción: diseño, manufacturas y distribución, utilización de materiales, mantenimiento y reparación, reutilización y redistribución, renovación y producto como servicio.	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas prácticas y guías fáciles de implementar. • Adaptable a las necesidades de la empresa. • Fomenta la colaboración entre diferentes actores. 	<ul style="list-style-type: none"> • No ofrece un análisis en profundidad del desempeño circular. • No incluye indicadores específicos para todos los sectores. • Requiere conocimientos técnicos.
http://www.circulareconomytoolkit.org/			
Indicadores de Ellen MacArthur	Los indicadores de la Circularidad (2017), ofrecen una aproximación para medir los progresos en circularidad en las empresas, cuenta con 2 categorías generales: Facilitadores y resultados.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicable a los diferentes sectores. • Reconocidos internacionalmente. • Basado en evidencia científica • Ofrece resultados comparativos con otras empresas y sectores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Complejo de usar y requiere información técnica y de alta calidad. • Necesita una gran cantidad de datos y tiempo. • No ofrece recomendaciones personalizadas.
https://www.ellenmacarthurfoundation.org/			

Fuente. Elaboración propia con base a las herramientas mencionadas y análisis de (Valls-Val, Ibáñez-Forés, & Bovea, 2021; Ruiz, Canales, & García, 2019)

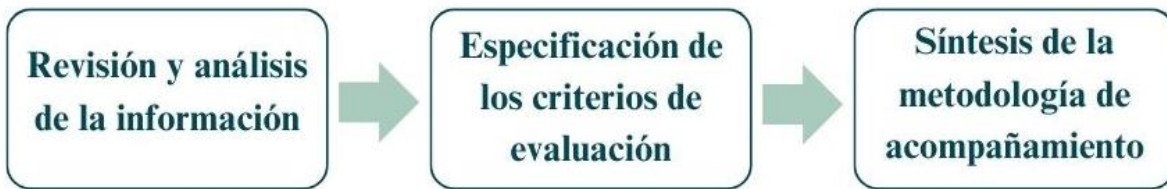
Implementar cualquier herramienta de medición implica, en general, una gran inversión de tiempo, información y recursos. Sin embargo, estas posibilitan que las organizaciones puedan reportar indicadores de circularidad, facilitando el seguimiento de su desempeño operacional y financiero, además, les permite informar a sus grupos de interés sobre su gestión responsable y sostenible. A pesar de los desafíos identificados, estos indicadores son esenciales para analizar el rendimiento en los objetivos estratégicos y medir el impacto positivo en términos de sostenibilidad (Ruiz, Canales, & García, 2019).

5. Metodología

Para cumplir los objetivos propuestos y elaborar la metodología de acompañamiento y evaluación de la circularidad en el sector empresarial del Distrito de Medellín, se plantean tres fases principales desarrolladas bajo un enfoque analítico, tal como se muestra a continuación en la *Figura 2*. De igual manera, cada una de ellas se describe de forma detallada en esta sección.

Figura 2

Descripción de las fases principales de la metodología



Fuente Elaboración propia

5.1. Revisión y análisis de la información

La primera fase se centró en recopilar, analizar y sintetizar la información relevante sobre la economía circular, incluyendo el marco normativo aplicable, las políticas de acompañamiento empresarial y las herramientas existentes para su medición, así como literatura que documentaba procesos y casos de éxito en otros contextos. Primero, se realizó una revisión de la legislación nacional y distrital que contemplaba estrategias y metas con relación a la economía circular, específicamente, en la producción y el consumo sostenible y el acompañamiento al sector empresarial, esto con el propósito de encaminar la metodología propuesta al cumplimiento de objetivos de sostenibilidad más amplios. En este sentido, fue esencial la lectura de las estrategias contempladas en la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (PNPCS), el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y el Plan de Acción Climática (PAC) de Medellín.

De igual manera se analizó la literatura existente sobre casos de éxito y las diferentes herramientas para la medición de la circularidad en empresas, se compararon sus ventajas, desventajas y enfoques, con el objetivo de identificar los aspectos fundamentales a medir y seleccionar el procedimiento más adecuado para el contexto de Medellín.

Este análisis se realizó bajo un enfoque de revisión narrativa, utilizando principalmente la herramienta Google Scholar y las bases de datos suministradas por la Universidad de Antioquia,

además, como criterio de selección se limitó el periodo de publicación de la información a los últimos seis años, lo que permitió ubicar el 90% de las referencias entre el 2019-2024, cabe resaltar que dichos documentos fueron integrados por medio del gestor de referencias bibliográficas que ofrece el programa Microsoft Word y se almacenaron en una carpeta del equipo. Por último, los resultados de la búsqueda fueron organizados por temas bajo el “método de Índices”, este consiste en ir concretando los apartados del índice general y colocar las referencias seleccionadas en cada tema o subtema.

Algunas de las herramientas identificadas y el marco normativo aplicable se evidencian en secciones anteriores del presente informe (1.1. Antecedentes y 4. Marco teórico). Así, el análisis de esta información resultó crucial para establecer una base sólida que permitió desarrollar el resto de la metodología.

5.2. Especificación de los criterios de evaluación

En esta etapa se identificaron los criterios clave para evaluar la circularidad en las empresas, contemplando la eficiencia en el uso de recursos, la generación de residuos, la vida útil de los productos, el cierre de ciclos de materiales, la gestión ambiental empresarial, entre otros. Aquí se establecieron las dimensiones fundamentales a considerar, tomando como base los principios de la economía circular y las herramientas ya existentes, específicamente la desarrollada por Bancolombia y la nombrada CIRCUTRANS.

Para cada una de las dimensiones definidas, se reconocieron unos criterios específicos, medibles y comparables, que permitirán evaluar el desempeño de las empresas en materia circular. Una vez identificados, estos criterios se priorizaron según su relevancia, facilidad de medición y adaptabilidad de la información a los diferentes tipos de empresa, para posteriormente seleccionar los indicadores de circularidad. Además, en esta fase se determinó el proceso de cálculo, y los criterios de evaluación y seguimiento, proporcionando una estructura clara para la medición y comparación del desempeño circular de las empresas.

5.3. Síntesis de la metodología de acompañamiento empresarial

La tercera fase se enfocó en la construcción de la metodología de acompañamiento, para ello se definieron las etapas de la metodología cada una con objetivos específicos y diferentes tiempos de implementación. Se plantearon tres etapas estratégicas, un diagnóstico para evaluar la situación actual de las empresas, un plan de acción específico para mejorar la circularidad y un proceso de seguimiento, los últimos dos basados en los resultados arrojados por el diagnóstico.

Cada etapa de la metodología desarrollada (diagnóstico, plan de acción y seguimiento) se materializó por medio de un documento tipo formulario realizado mediante la herramienta KoboToolbox, esta es una plataforma web de recopilación, gestión y visualización de datos utilizada para la investigación y el bien social, suministrada por la organización internacional Kobo, su misión incluye apoyar sistemas de información para el desarrollo y la protección del medio ambiente, proporcionando datos accesibles y de calidad. Una gran ventaja de KoboToolbox es que se puede utilizar sin conexión a internet, además que sus funcionalidades principales son de uso gratuito para ciertas organizaciones (KoboToolBox, s.f.). La *Figura 3* enuncia las funciones principales y la *Figura 4* muestra la interfaz principal de dicha plataforma.

Figura 3

Funciones principales de la plataforma KoboToolbox



Potente desarrollo de formularios



Recopilación y análisis de datos



Gestión de proyectos y equipos

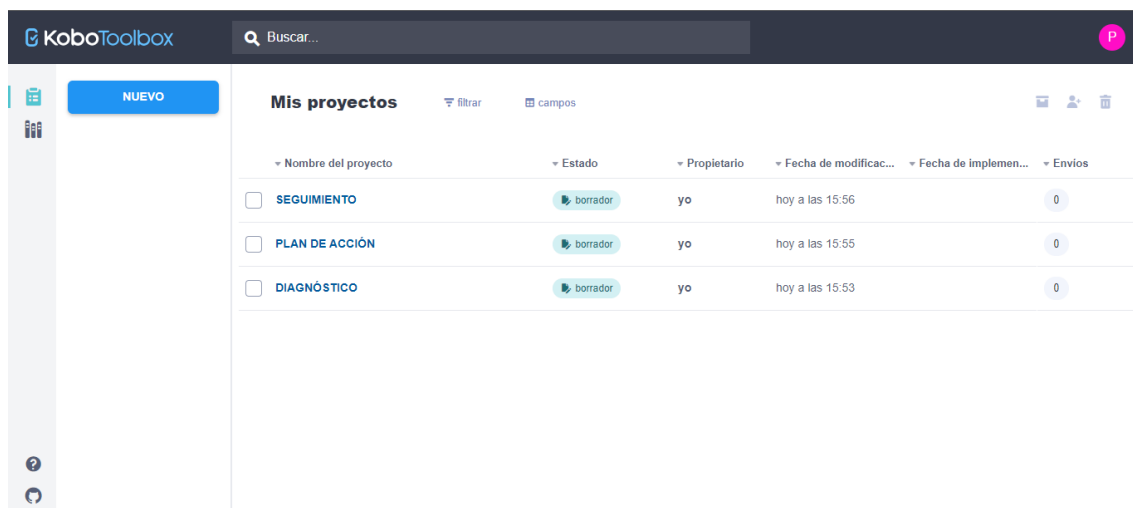


Hecho para entornos desafiantes

Fuente <https://www.kobotoolbox.org/> (KoboToolBox, s.f.)

Figura 4

Interfaz principal de la plataforma KoboToolbox



Fuente <https://www.kobotoolbox.org/>

5.4. Visión general de la metodología empleada

A continuación, en la *Figura 5* se presenta un gráfico que integra las fases principales de la metodología anteriormente descrita y las actividades realizadas en cada una de ellas.

Figura 5

Síntesis de la metodología empleada



Fuente *Elaboración propia*

6. Resultados

Se consolida una propuesta metodológica de acompañamiento y evaluación de la circularidad para el sector empresarial de Medellín, esta se fundamenta en tres etapas: diagnóstico, plan de acción y seguimiento, esta se ilustra en la *Figura 6*.

Figura 6
Etapas de la metodología propuesta



Propuesta metodológica de acompañamiento y evaluación de la circularidad en el sector empresarial del Distrito de Medellín

Fuente: Elaboración propia

Cada una de estas fases (*Figura 6*) se materializa en un documento tipo encuesta por medio de la herramienta KoboToolbox. El primer paso, consiste en realizar el diagnóstico, con el cual se pretende definir la situación actual de las empresas en términos de economía circular y sostenibilidad, el segundo, presenta los resultados de circularidad y ofrece un banco de acciones a implementar, a partir del cual se definirá un plan de acción para aumentar la circularidad. El tercer paso corresponde a un seguimiento para valorar el impacto de las acciones y detectar nuevas oportunidades, la metodología está planteada para ser ejecutada (incluyendo las tres fases) en el transcurso de un año.

Es importante destacar que esta metodología ha sido diseñada como un instrumento para ser implementada por la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito de Medellín, en su labor de acompañamiento al sector empresarial del distrito y conforme a sus funciones contempladas en la

normatividad. Su propósito es promover acciones de economía circular, contribuyendo al cumplimiento de proyectos integrados en programas como el PGIRS de Medellín.

Fuera de su ámbito se encuentra evaluar o sancionar las competencias técnicas, operacionales y administrativas de las organizaciones, ya que esto es responsabilidad de las propias empresas, autoridades ambientales y otras entidades. Sin embargo, la metodología se plantea como una herramienta de autogestión que permite obtener indicios sobre los procesos, el impacto ambiental, la gestión empresarial interna y su relación con los clientes. Aunque se espera que su implementación se dé en una muestra representativa del sector empresarial, su aplicación no es obligatoria y requiere consenso, cooperación y compromiso de ambas partes. Los siguientes numerales profundizan sobre esta.

6.1. Diagnóstico

Los criterios de evaluación seleccionados estructuran la primera fase de la metodología propuesta: el diagnóstico. Para su definición, fue fundamental la revisión del informe “La medición de la economía circular” publicado por El Grupo de Acción en Economía Circular impulsado por Forética, empresa líder en responsabilidad social empresarial y sostenibilidad en España y Latinoamérica. Este informe propone una hoja de ruta empresarial para medir la circularidad en las organizaciones, respondiendo a las preguntas de qué, cómo y para qué medir. (Ruiz , Canales, & García, 2019).

Además, se tomó como guía las herramientas de medición de circularidad CircularTRANS y la desarrollada por Bancolombia, ya que estas ofrecen una evaluación integral que incluye la circularidad no solo en el proceso de producción sino también en la estrategia empresarial. Con esto en mente, se detalla la estructura, objetivos y funcionamiento del diagnóstico para el acompañamiento y la evaluación de la circularidad para las empresas del Distrito de Medellín.

El diagnóstico tiene como objetivo evaluar el estado actual de las empresas en Medellín respecto a su circularidad y responsabilidad ambiental, con el fin de establecer una línea base a nivel distrital. Este formulario contiene 126 preguntas divididas en seis secciones principales que abarcan desde la información general hasta el reporte de indicadores. A continuación, se profundiza sobre cada una de las secciones en la *Tabla 4* y se presenta una síntesis de su estructura en la *Figura 7*.

Tabla 4*Descripción de la estructura del diagnóstico*

Sección	N° de preguntas	Descripción	
Información general	12	Recopila datos básicos de la empresa, como su nombre, ubicación, tamaño, y sector industrial.	
Estrategia y planificación	11	Pretende dar indicios sobre la preparación estratégica de la empresa para la economía circular incluyendo la implementación de sistemas de gestión ambiental, certificaciones, integración de objetivos de economía circular y la existencia de sinergias industriales.	
Eficiencia operacional	General	64*	
	Materia prima	11	Analiza el origen y la naturaleza de los materiales utilizados.
	Recurso hídrico	12	Examina el impacto de la empresa sobre el recurso hídrico y las medidas para reducir su consumo de agua.
	Recurso energético	8	Contempla el uso de energías renovables y la eficiencia energética.
	Emisiones atmosféricas	17	Indaga sobre los tipos y frecuencia de las emisiones atmosféricas.
	Residuos sólidos	16	Abarca el manejo integral de los residuos sólidos y su destino.
Creación de valor circular	13	Explora las prácticas de la empresa en el diseño de productos y servicios que fomenten la reutilización y el reciclaje, evaluando cómo la empresa incorpora principios de economía circular y su impacto en el medio ambiente, la economía y la sociedad.	
Desempeño circular	12	Mide el rendimiento de la empresa en la implementación de prácticas circulares, considerando sus operaciones y las de su cadena de valor.	
Reporte de indicadores	14	Recopila datos sobre los indicadores clave para medir el desempeño ambiental y circular de la empresa, proporcionando una base para el seguimiento y la mejora continua.	

*Esta cifra corresponde al total de preguntas contempladas en la sección: Eficiencia operacional, este valor considera la suma del número de preguntas de los subapartados: Materia prima, recurso hídrico, recurso energético, emisiones al aire y residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia.

El diagnóstico incluye estas secciones por la relevancia que tienen en la transición hacia una economía circular: La información general establece el contexto básico de la empresa para entender sus capacidades y limitaciones. La sección de estrategia y planificación es fundamental para evaluar la preparación y compromiso para la sostenibilidad. La Eficiencia Operacional

proporciona una visión detallada de los flujos de materiales y recursos, por otra parte, la creación de valor y desempeño circular se enfocan en prácticas específicas y el rendimiento circular de la empresa, lo que permite identificar prácticas exitosas y áreas de fracaso. Finalmente, el reporte de indicadores es la única sección que contiene respuestas abiertas, esta es fundamental para el monitoreo y la evaluación del progreso, y permite obtener un comparativo al final del proceso de implementación de la metodología. Para mayor entendimiento, se ilustra en la *Figura 7* la estructura del diagnóstico.

Figura 7

Esquema de la estructura del documento diagnóstico



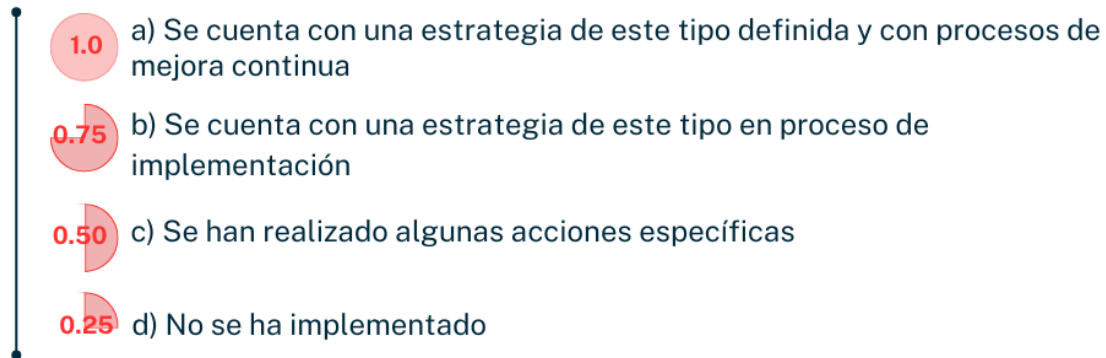
Fuente: Elaboración propia

El siguiente punto por explicar es el cálculo del indicador para evaluar la circularidad. Para esto solo se tiene en cuenta cuatro (4) de las secciones mencionadas: Estrategia y planificación, Eficiencia Operacional, Creación de valor circular y Desempeño Circular. Cabe aclarar que todas las preguntas en estos bloques son de opción múltiple, es decir, cerradas, con el propósito de evitar ambigüedades y facilitar el posterior análisis de la información. Cada opción de respuesta tiene un valor comprendido entre 0 – 1, donde 1 representa la respuesta más alineada con las prácticas circulares y los valores de las otras opciones disminuye en partes iguales, por ejemplo, si una pregunta tiene cuatro opciones de respuesta, una valdrá 1, otra 0.75, otra 0.50 y la última 0.25, según su alineación con la economía circular. La *Figura 8* permite ver lo explicado.

Figura 8

Ejemplo de calificación en las opciones de respuesta del diagnóstico

¿Ha implementado programas de sensibilización o educación ambiental al interior de la empresa?



Fuente: Elaboración propia

Al finalizar la encuesta del diagnóstico, se obtiene una calificación para cada sección evaluada por medio de una ponderación simple (realizada en Microsoft Excel), sumando cada uno de los valores de cada respuesta y dividiéndolo por el total de preguntas que forman la sección tal como lo muestra la *Ecuación 1*. Para la sección “Eficiencia Operacional”, la cual contiene subsecciones, se realiza el mismo procedimiento para cada una de ellas obteniendo una calificación para las 5 subsecciones, son estos 5 valores que bajo el mismo procedimiento (*Ecuación 1*) otorgan una calificación general a la sección. Desglosar los resultados diferenciando los bloques de preguntas, permite identificar las áreas que presentan mayor dificultad y proponer acciones específicas para su mejora, la *Figura 9* ejemplifica la calificación para la sección “Eficiencia Operacional” y su subsecciones.

Ecuación 1

Calculo para determinar la calificación de una sección

$$\text{Calificación} = \frac{(v_1+v_2+\dots+v_n)}{n} \times 100\%$$

Con v = valor asociado a cada respuesta

n = total de preguntas que componen la sección

Figura 9

Ejemplo de la calificación por sección

*Fuente: Elaboración propia*

El nivel de circularidad de la empresa se calcula teniendo en cuenta los valores obtenidos para los distintos apartados, siguiendo la fórmula propuesta en la *Ecuación 2*. El bloque de Eficiencia Operacional tiene el mayor peso en el cálculo de la circularidad, ya que ofrece resultados más tangibles y permite inferir acerca de si se está haciendo aprovechamiento o disminuyendo la generación de residuos y emisiones, acciones que garantizan un menor impacto ambiental de la empresa, bajo el mismo sentido, el bloque de Creación de Valor Circular y Desempeño Circular tienen un menor peso en la ponderación.

Ecuación 2

Cálculo para determinar la circularidad de una empresa

$$Circularidad = \left(\frac{1}{5} EP + \frac{1}{2} EO + \frac{3}{20} (VC + DC) \right) \times 100\%$$

Con EP = Calificación obtenida en el apartado de Estrategia y Planificación*EO* = Calificación obtenida en el apartado de Eficiencia Operacional*VC* = Calificación obtenida en el apartado de Creación de Valor Circular*DC* = Calificación obtenida en el apartado de Desempeño Circular

El resultado general obtenido de la *Ecuación 2*, define el nivel de circularidad de la empresa clasificándola en tres niveles: Circularidad básica (0-40%), Circularidad intermedia (41-70%) y Circularidad alta (71-100%), tal como se muestra en la *Figura 10*.

Figura 10

Clasificación de la empresa según su circularidad



Fuente: *Elaboración propia*

Esta clasificación es clave para definir las estrategias a implementar y el seguimiento a la organización, etapas que dan continuidad a la metodología y se explican en el siguiente apartado.

6.2. Plan de acción y seguimiento

Basado en la clasificación circular obtenida por la empresa, se proponen una serie de recomendaciones a corto, mediano y largo plazo. Estas recomendaciones se presentan en el documento "Plan de Acción", que constituye el segundo paso de la metodología, y serán seleccionadas según el criterio del profesional que acompañe el proceso. Para fortalecer las áreas que mostraron mayores deficiencias en el diagnóstico, las acciones a implementar se sugieren por bloques, respetando la estructura del diagnóstico, así (*Tabla 5*):

Tabla 5*Descripción de la estructura del plan de acción*

Sección	Objetivo	Nº de recomendaciones
Estrategia y planificación	Busca fortalecer la gestión ambiental e integrar principios de sostenibilidad en la estrategia empresarial, para esto incluye acciones como: incorporar objetivos de economía circular, aumentar la inversión en iniciativas circulares y fortalecer los procesos de educación e innovación sostenible.	15
Eficiencia operacional	Pretende optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental de las operaciones empresariales, además de promover prácticas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos. Las acciones se centran en establecer sistemas de monitoreo y programas para el uso eficiente del agua y la energía, y la correcta separación de residuos.	52
Creación de valor y desempeño circular	Busca promover la sostenibilidad a lo largo de toda la cadena de valor y fortalecer la imagen empresarial ambiental, para esto propone integrar criterios de circularidad en las políticas de compras y la estrategia de comunicación, y fomentar modelos de negocio sostenibles.	20
TOTAL		87

Fuente: Elaboración propia.

En total se cuenta con 87 acciones recomendadas en el Plan de Acción, que buscan facilitar la transición hacia un modelo de economía circular y la implementación de buenas prácticas ambientales. Para cada una de las estrategias seleccionadas, se definirá un horizonte de implementación, según el criterio del profesional que guíe el proceso, ya sea a corto plazo (acciones que se implementarán en un tiempo máximo de 4 meses), mediano plazo (acciones entre 4 a 8 meses de implementación) y largo plazo (acciones que se implementarán en un tiempo mayor a 8 meses), proporcionando una estructura clara para la priorización y seguimiento de las acciones que las empresas deben adoptar.

Una vez definido el plan de acción para la organización, se procede a implementar la tercer fase de la metodología, el seguimiento. Este último, tiene el objetivo de informar sobre el progreso en la implementación de las acciones seleccionadas previamente, además, permite identificar dificultades en su ejecución y valorar el impacto del plan de acción. El seguimiento se estructura en cuatro (4) secciones: preguntas base, seguimiento general, seguimiento específico y reporte de indicadores.

El primer apartado presenta cuatro (4) preguntas base sobre la implementación del plan de acción, las dificultades encontradas, los beneficios percibidos y el cumplimiento de requerimientos ambientales. El seguimiento general analiza qué acciones o actividades recomendadas han sido

implementadas en torno a nueve aspectos relacionados al recurso hídrico, recurso energético, emisiones atmosféricas y la gestión de residuos sólidos, la *Tabla 6* muestra el formato implementado en este apartado.

Tabla 6

Formato para el seguimiento general

Acción	SI	NO	Descripción
Ahorro y uso eficiente del agua			
Eficiencia energética			
Gestión de emisiones GEI			
Gestión integral de residuos sólidos			
Aprovechamiento de residuos orgánicos			
Manejo de residuos especiales y peligrosos			
Manejo de residuos posconsumo			
Movilidad empresarial sostenible			
Estrategias de educación ambiental			

Nota: En caso de que la respuesta sea SI: especifique cuáles, en el caso que sea NO: justifique porqué.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el seguimiento específico equivale al monitoreo de las acciones específicas seleccionadas por el responsable del proceso para el plan de acción, teniendo en cuenta que estas cambian según la empresa, se propone el siguiente formato para su evaluación (*Tabla 7*).

Tabla 7

Formato para el seguimiento específico

Componente	Estrategia	Plazo establecido	Estado	Observaciones

Nota: El componente, plazo y estrategia se conservan tal cual como se haya pasmado en el plan de acción. El Estado varía entre: No iniciada, Activa, Finalizada.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, la sección de reporte de indicadores incluye 14 indicadores enfocados a cuantificar el impacto de las acciones implementadas, relacionados a temas de consumo de agua, eficiencia energética, generación y aprovechamiento de residuos sólidos en sus diferentes corrientes y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estos indicadores son los mismos

utilizados en el diagnóstico (*Tabla 8*), permitiendo comparar los avances al finalizar el proceso tras un año. Además, es importante mencionar que, con el propósito de articular estrategias, algunos de los indicadores presentados fueron extraídos de la estrategia actual “Manifiesto verde”, la cual está siendo desarrollada por la Alcaldía de Medellín con el objetivo de consolidar un sistema de gobernanza en economía circular.

Tabla 8
Indicadores definidos

Indicador	Línea Base			Seguimiento		
	Pregunta	Unidades	Cálculo	Pregunta	Unidades	Cálculo
Consumo de Agua	¿Cuál es la cantidad promedio anual de agua consumida por la empresa?	m ³	m ³ FA: m ³ Facturados Año	¿Cuál es el porcentaje de consumo de agua reducido al año?	%	$\%RDAA = \frac{m^3 FA \text{ año } 1 - m^3 FA \text{ año } 0}{m^3 FA \text{ año } 1} \times 100$ Con: RDAA: Reducción de la Demanda Anual de Agua año m³ FA: m ³ Facturados Año
				¿Cuál es el porcentaje de eficiencia energética?		$\% EEM = \frac{CFE}{VAA}$ Con: EEM: Eficiencia Energética CFE: Consumo Final de Energía VAA: Valor Agregado año
Consumo de energía	¿Cuál es su consumo promedio anual de energía?	MWh	EC: Energía consumida año	¿Cuál es el porcentaje de ahorro de energía al año?	%	$\% AE = \frac{EC \text{ año } 1 - EC \text{ año } 0}{EC \text{ año } 1} \times 100$ Con: AE: Ahorro de energía año EC: Energía Consumida año
				¿Cuál es el porcentaje de residuos sólidos reducidos al año?		$\% RSR = \frac{kg RSG \text{ año } 1 - kg RSG \text{ año } 0}{kg RSG \text{ año } 1} \times 100$ Con: RSR: Residuos Sólidos Reducidos año RSG: Residuos Sólidos Generados año
Generación Residuos Sólidos	¿Cuál es su generación anual total de residuos sólidos?	kg	Kg RRG: Residuos Reciclables Generados año	¿Cuál es el porcentaje de residuos sólidos reciclables aprovechados al año?	%	$\% RRA = \frac{kg RRA}{kg RRG} \times 100$ Con: RRA: Residuos Reciclables Aprovechados año RRG: Residuos Reciclables Generados año
				¿Cuál es el porcentaje de los residuos sólidos reciclables aprovechados entregados a organizaciones de recicladores?		$\% RSRAEOR = \frac{kg RSRAEOR}{kg RRA} \times 100$ Con: RSRAEOR: Residuos Reciclables Aprovechados Entregados a Organizaciones de Recicladores año RRA: Residuos Reciclables Aprovechados año
				¿Cuál es su generación anual		Kg ROG: Residuos

	total de residuos sólidos orgánicos?	kg	Orgánicos Generados año	residuos orgánicos aprovechados al año?	%	Con: ROA: Residuos Orgánicos Aprovechados año ROG: Residuos Orgánicos Generados año
Emisiones atmosféricas	¿Cuál es la cantidad de emisiones GEI generadas?	ton CO ₂	TGEIG: Toneladas de Gases de Efecto Invernadero Generadas año	¿Cuál es la cantidad de emisiones de GEI reducidas al año?	ton CO ₂	$TGEIR = TGEIG \text{ año } 1 - TGEIG \text{ año } 0$ Con: TGEIR: Toneladas de Gases de Efecto Invernadero Reducidas año TGEIG: Toneladas de Gases de Efecto Invernadero Generadas año

Fuente: Elaboración propia con base a la estrategia “Manifiesto Verde” de la Alcaldía de Medellín (2024)

La metodología de acompañamiento y evaluación de la circularidad para el sector empresarial del Distrito de Medellín ha sido diseñada para ser una guía flexible y voluntaria, por lo tanto, su éxito depende de la cooperación y el compromiso entre el Distrito y las empresas. Se sugiere que todo el proceso vaya acompañado de una sensibilización y se ajuste según las necesidades específicas de cada empresa, garantizando así la implementación de acciones eficaces en la promoción de la economía circular y la sostenibilidad.

7. Discusión

La adopción de prácticas circulares para algunas empresas puede enfrentar desafíos ligados a limitaciones financieras y de conocimiento, especialmente en las micro, pequeñas y medianas empresas. Un desafío importante en la implementación de la metodología es la resistencia al cambio organizacional, ya que es posible que algunas empresas se muestren reacias a abandonar prácticas tradicionales o a cambiar su cultura empresarial. Además, el costo asociado a la implementación de la metodología puede ser una gran limitación, particularmente para las micro, pequeñas y medianas empresas, dado que la inversión inicial en tecnologías, formación y adaptación de procesos puede parecer difícil sin la garantía de un retorno inmediato.

Otro problema es la integración de sistemas de información con objetivos y prácticas circulares, ya que, la falta de tecnologías avanzadas y herramientas adecuadas para la recopilación y análisis de datos puede dificultar la medición precisa de los indicadores de circularidad. A su vez, muchas empresas carecen de personal capacitado y de los conocimientos técnicos necesarios sobre prácticas de economía circular. Contar con una adecuada formación y sensibilización, facilitará que las empresas comprendan los beneficios y la importancia de la economía circular.

A pesar de estos desafíos, la implementación de la metodología también representa oportunidades para las empresas. La adopción de tecnologías avanzadas y la innovación en los procesos pueden mejorar significativamente la eficiencia operativa, aumentando la competitividad y adaptabilidad de la empresa y reduciendo costos. Al mismo tiempo, esta fomenta la colaboración y creación de sinergias entre empresas, lo que permite compartir recursos, conocimientos y tecnologías, facilitando el cumplimiento de los objetivos circulares.

Un aspecto que viabiliza el éxito en la implementación de la metodología es el respaldo del gobierno local, ya que este puede desarrollar programas de subsidios, incentivos fiscales o reconocimientos públicos para aquellas empresas que alcancen altos niveles de circularidad. La metodología también tiene el potencial de generar un impacto positivo significativo en la sostenibilidad ambiental y social de las empresas, mejorando su reputación y contribuyendo al desarrollo sostenible del Distrito de Medellín. La *Figura 11* representa el análisis de limitantes y oportunidades del sector empresarial en la implementación de la metodología para el acompañamiento y evaluación de su circularidad.

Figura 11

Análisis de limitantes y oportunidades del sector empresarial para la implementación de la metodología para el acompañamiento y evaluación de su circularidad.



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se cree que, para garantizar el éxito en la implementación de la metodología, debe existir una educación continua sobre los beneficios y las técnicas de economía circular, esto es esencial para asegurar que las prácticas adoptadas sean efectivas y sostenibles a largo plazo. Además, es crucial la colaboración entre el sector público y privado, la creación de alianzas estratégicas y el apoyo del gobierno local mediante políticas públicas que incentiven y apoyen la transición hacia una economía circular.

8. Conclusiones

La propuesta metodológica presenta un marco para evaluar y mejorar la circularidad en las empresas del Distrito de Medellín, sustentado en los principios y prácticas de la economía circular, desde la reducción del uso de recursos hasta la gestión del fin de vida útil de los productos, está se estructura en tres fases: diagnóstico, plan de acción y seguimiento, donde incorpora indicadores de desempeño para medir el progreso y una guía para la implementación de acciones de mejora, permitiendo identificar fortalezas del sector empresarial y fomentando un aumento de su circularidad.

Esta metodología, diseñada para ser ejecutada por la Secretaría de Medio Ambiente, busca promover la adopción de prácticas circulares en el sector empresarial, contribuyendo así al cumplimiento de objetivos de economía circular en Medellín mediante la evaluación y diagnóstico del estado actual de la circularidad en las empresas, la implementación de acciones para aumentar la circularidad, como la optimización de procesos y la mejora en la gestión de residuos, y el monitoreo del progreso. Además, incluye la sensibilización y capacitación sobre la importancia de la economía circular como etapa transversal a su implementación.

Aunque existen desafíos relacionados con limitaciones financieras, de conocimiento y tecnológicas, especialmente en las micro, pequeñas y medianas empresas, se espera que la implementación de la metodología permita a las empresas no solo mejorar sus prácticas internas, sino también reducir el impacto ambiental de sus operaciones, optimizar el uso de recursos naturales y energéticos, impulsar la innovación, desarrollar nuevos modelos de negocio y fortalecer la competitividad.

Para asegurar la sostenibilidad de las prácticas circulares a largo plazo, es crucial mantener un esfuerzo continuo en la educación y sensibilización de todas las partes involucradas. Las empresas deben ser incentivadas a innovar y mejorar sus procesos, mientras que el gobierno debe garantizar un entorno favorable para estas transiciones. La implementación efectiva de esta metodología requiere el compromiso y la colaboración de todos los actores involucrados.

Referencias

- Albaladejo, M., Mirazo, P., & Franco Henao, L. (22 de Marzo de 2021). *La economía circular: un cambio de paradigma para soluciones globales*. ONUDI.
- Alcaldía de Medellín & Universidad de Antioquia. (2021). *Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de Medellín*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023: Medellín Futuro*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (25 de Noviembre de 2021). *Medellín es la primera ciudad de Colombia en tener un acuerdo para definir los lineamientos de la Política Pública de Economía Circular*. Obtenido de Alcaldía de Medellín Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación: <https://www.medellin.gov.co/es/>
- ANDI. (2023). *Diseñando ciudades circulares: Oportunidades de sostenibilidad para los territorios colombianos*.
- Bancolombia. (s.f.). *Economía Circular*. Obtenido de Bancolombia: <https://www.bancolombia.com/>
- BBVA. (2022). *Monográficos de sostenibilidad: La Revolución Circular*.
- BCN. (18 de Mayo de 2018). *El sistema de reciclaje en China que potencia el rol de los gestores de residuos*. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: <https://www.bcn.cl/>
- Bedoya Ramírez, D., Arcila Marín, N., Benjumea Pérez, G., Céspedes Herrera, A., Frankel Gallo, D., Monsalve Cifuentes, J., . . . Zapata Zapata, O. (2021). *Plan de Acción Climática Medellín 2020-2050*. Medellín: Municipio de Medellín.
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía Circular . *Revista de Economía Industrial*, 11-20.
- Colombia Productiva. (2022). *Guía empresarial de Economía Circular: Una forma diferente de hacer negocios sostenibles*. Bogotá D.C.
- Concejo de Medellín. (2021). *Hacia la economía circular en Medellín*. Medellín.
- EEA. (2023). *Accelerating the circular economy in Europe: State and outlook 2024*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Espinoza H, A. (2023). Economía circular: una aproximación a su origen, evolución e importancia como modelo de desarrollo sostenible. *Revista de Economía Institucional Vol. 25 Núm. 49*, 109-134.

- Fundación Ellen MacArthur . (Febrero de 2019). *El diagrama de la mariposa: visualizando la economía circular* . Obtenido de Ellen MacArthur Foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>
- Fundación Ellen MacArthur. (2021). *Objetivos Universales de Políticas para la Economía Circular*.
- Fundación Ellen MacArthur. (s.f.). *Es hora de crear una economía circular*. Obtenido de Ellen Macarthur foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es>
- Kowszyk, Y., & Maher, R. (2018). *Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC*. FUNDACIÓN EU-LAC.
- Ley 2169 de 2021. *Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones*. 22 de diciembre de 2021. D.O. No. 51.896.
- Ley 2232 de 2022. *Por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones*. 07 de julio de 2022. D.O. No. 52.089
- MADS & MINCIT. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular: Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Bogotá D.C.
- MADS. (2010). *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible*. Bogotá D.C.
- Marcet, X., Marcet, M., & Vergés, F. (2018). Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio. En *Papeles del Pacto Industrial*.
- Miguel, C. d., Martínez, K., Pereira, M., & Kohout, M. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Oberle, B., Clement, J., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., & Schandl, H. (2019). *Global resources outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme.
- Pacto Global. (2020). *El camino hacia la Economía Circular y los ODS* . United Nations Global Company.

-
- Ríos, L. G. (13 de Marzo de 2024). *La Alcaldía de Medellín y los empresarios de la región se unen para fortalecer la economía circular y la gestión ambiental*. Obtenido de Alcaldía de Medellín: Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación: <https://www.medellin.gov.co/>
- Ríos, L. G. (11 de abril de 2024). Medellín firma alianza por la economía circular para avanzar hacia la sostenibilidad. *Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín*.
- Ruiz , E., Canales, R., & García, V. (2019). *La medición de la economía circular: Marcos, indicadores e impactos en la gestión empresarial*. España: Forética.
- SYSTEMIQ & Fundación Ellen MacArthur. (2017). *Achieving 'growth Within*.
- UNFCCC. (s.f.). *El Acuerdo de París*. Obtenido de United Nations Climate Change: <https://unfccc.int/es>
- Universidad de Antioquia & Alcaldía de Medellín. (2021). Componente de educación y sensibilización en la gestión de los residuos sólidos. En *Contrato interadministrativo 4600085937 de 2020 para la revisión y actualización del PGIRS de Medellín*.
- Valls-Val, K., Ibáñez-Forés, V., & Bovea, M. (2021). Medición de la circularidad en organizaciones: Revisión de herramientas y casos de aplicación. *25th International Congress on Project Management and Engineering*. AEIPRO.
- WBCSD. (2020). Indicadores de transición circular V1.0: Métricas para empresas, realizadas por empresas.
- Yáñez Paño, P. (2021). Viabilidad de la economía circular en países no industrializados y su ajuste a una propuesta de economías transformadoras. Un acercamiento al escenario latinoamericano. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa N°101*, 289-323.