

Revista **IDGIP**

ISSN 2619-1830 (en línea)

Volumen 8, N.º 1

Enero-diciembre de 2025,
pp. 41-63

Recibido: 24/01/2025

Aceptado: 21/07/2025

Disponible en <http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/idgip>

Metodología para la implementación de principios de economía circular en la construcción de proyectos de vivienda de interés social en Bogotá, D.C.

Jeampierre Bermúdez Ocampo

Estudiante de la Maestría en Gerencia Integral de Proyectos, Universidad Militar Nueva Granada.

Ingeniero de Asistencia Técnica en PVC Gerfor SAS

prbermudez@gmail.com

Juan Manuel González Guzmán

Profesor de tiempo completo de la Universidad Militar Nueva Granada

juan.gonzalez@unimilitar.edu.co

Resumen: Este estudio tuvo como objetivo desarrollar una metodología de gestión para la implementación de modelos de economía circular en proyectos de vivienda de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., A través de una revisión bibliográfica inicial, se identificaron modelos y mejores prácticas gerenciales aplicables al sector de la construcción. Posteriormente, se llevó a cabo un estudio exploratorio que involucró a los principales actores del sector de la construcción de VIS en la ciudad, con el fin de comprender sus experiencias, opiniones y necesidades con respecto a la adopción de principios de economía circular. Los resultados indicaron que la implementación de estos principios podría reducir el impacto ambiental y promover un uso más sostenible de los recursos naturales en la construcción de VIS. Además, los expertos coincidieron en que la metodología propuesta podría facilitar la adopción de prácticas sostenibles, impulsando la innovación y mejorando la competitividad del sector, puesto que este enfoque muestra un alto potencial para mejorar la eficiencia en los procesos de construcción de vivienda de interés social en Bogotá, D.C.

Palabras claves: construcción sostenible, economía circular, gerencia de proyectos, sector de la construcción, VIS.

Methodology for the implementation of Circular Economy models in Low-Income Housing (VIS) projects in Bogotá, D.C.

Abstract: This study aimed to develop a management methodology for the implementation of Circular Economy models in Low-Income Housing (VIS) projects in Bogotá, D.C., An initial literature review identified applicable models and best management practices for the construction sector. Subsequently, an exploratory study was conducted, involving key stakeholders in the VIS construction sector in the city to understand their experiences, opinions, and needs regarding the adoption of Circular Economy principles. The results indicated that the implementation of these principles could reduce environmental impact and promote more sustainable use of natural resources in VIS construction. Furthermore, experts agreed that the proposed methodology could facilitate the adoption of sustainable practices, driving innovation and improving sector competitiveness, as this approach has significant potential to enhance the efficiency of Low-Income Housing construction processes in Bogotá, D.C.

Keywords: Sustainable Construction, Circular Economy, Project Management, Low-Income Housing, Construction Sector.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la creciente preocupación por los desafíos ambientales y la necesidad de promover prácticas sostenibles en diversos sectores, el sector de la construcción desempeña un papel crucial, puesto que la industria de la construcción es ampliamente conocida por su importante contribución económica, su notable impacto en la sociedad y su constante interacción con el medioambiente (Ramírez, 2021). Por consiguiente, es esencial que este sector adopte medidas responsables para conservar y proteger el entorno natural. En particular, en ciudades como Bogotá, D.C., donde existe una alta demanda de vivienda de interés social (VIS) (Giraldo, 2023), por lo cual surge la necesidad de desarrollar metodologías innovadoras que permitan abordar tanto las necesidades habitacionales como los efectos ambientales relacionados con la construcción de viviendas.

La economía circular (EC) emerge como una solución prometedora para abordar estos desafíos, al proponer un modelo económico que busca optimizar el uso de recursos y reducir la generación de residuos durante todo el ciclo de vida de productos y procesos (Vallejo, 2023). En este contexto, esta investigación se enfoca en desarrollar una metodología de gerencia para implementar los principios de EC en proyectos de construcción. El objetivo es cerrar la brecha entre la teoría y la práctica en la aplicación de la EC en el sector (Pineda, 2023), particularmente en el contexto de la vivienda de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., donde se busca, además de fomentar la adopción de principios de EC, impulsar una transformación integral en la forma en que se conciben, diseñan, construyen y gestionan las VIS. Se aspira a generar un cambio cultural y estructural que les permita a las empresas constructoras y a las autoridades gubernamentales repensar sus procesos y decisiones, priorizando la reducción de residuos, la reutilización de materiales y la optimización de recursos.

Además, se pretende reforzar la colaboración entre los actores involucrados en el ciclo de vida de las viviendas VIS, incluyendo diseñadores, constructores, proveedores de materiales, autoridades locales y la comunidad en general. Esto implica establecer redes de colaboración, fomentar el intercambio de conocimientos y experiencias, así como identificar oportunidades para la innovación y la mejora continua.

REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA. ESTADO DEL ARTE

Economía circular

Desde una perspectiva histórica, en los últimos 150 años la evolución industrial ha adoptado un modelo lineal de producción y consumo en el que los productos son fabricados a partir de recursos naturales, vendidos, empleados y luego desechados (Wautelet, 2018). Cuando se hizo evidente que el modelo económico lineal estaba perjudicando de manera constante la calidad de vida de las personas y el estado del medioambiente, surgieron diversas propuestas de cambio (Lazaridis & Narin, 2021), entre las cuales se encuentran los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), los cuales son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos, es decir, son una herramienta de planificación para los países a escala tanto nacional como local. Su perspectiva a largo plazo proporcionará apoyo a cada nación en su

búsqueda de un desarrollo sostenible, inclusivo y alineado con el medioambiente, a través de políticas públicas y mecanismos de presupuesto, seguimiento y evaluación (Comisión Económica para América Latina, 2019). Por consiguiente, el desarrollo sostenible hace alusión a un progreso económico, ambiental y social que cumple con las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (Baumgartner & Rauter, 2017).

A su vez, la economía circular (Geissdoerfer et al., 2017; The Ellen MacArthur Foundation, 2013b) se refiere a una economía industrial con un enfoque regenerativo que pretende conservar los productos, elementos y materiales en su máxima funcionalidad y valor en todo momento. Este enfoque busca optimizar la eficacia en la utilización de los recursos y minimizar la producción de residuos, promoviendo un ciclo permanente en el que los productos son reaprovechados y reciclados, en lugar de ser desechados al concluir su vida útil (Mendoza, 2021). Y es que, la transición del modelo económico lineal hacia un sistema de energía circular requiere un análisis integral de las interacciones entre la economía y el medioambiente, considerando tanto los elementos individuales como sus relaciones dentro de un sistema más amplio que abarca dimensiones físicas, biológicas, sociales, económicas, mentales y lingüísticas (Prado, 2023). Por lo anterior, la EC representa una estrategia de desarrollo que implica un crecimiento económico sin aumentar el consumo de recursos, transformando profundamente las cadenas de producción y hábitos de consumo, y rediseñando sistemas industriales en el nivel sistémico (Wautelet, 2018), donde el objetivo es minimizar los recursos que se escapan del círculo para que el sistema opere de forma eficiente (European Commission, 2014).

Y es que la transición hacia un modelo de EC implica un cambio en los procesos de producción y consumo, así como en la forma en que las comunidades se relacionan con su entorno. La construcción de viviendas no puede ser vista aisladamente; debe integrarse en un enfoque que considere el ciclo de vida completo de los edificios, desde la obtención de materias primas hasta su eventual demolición, lo cual exige un compromiso por parte de todos los actores involucrados en el proceso constructivo, así como el desarrollo de políticas públicas que promuevan prácticas de EC (Palacios, 2024).

Por lo tanto, las empresas ya no se enfocan únicamente en generar valor aumentando la producción o reduciendo costos a través de la eficiencia en la cadena de suministro. En su lugar, se centran en el diseño sostenible, la reducción de residuos y la reorganización de los procesos de producción, maximizando la utilidad de productos, componentes y materiales, y creando valor de manera colaborativa (Restori, 2018). Como resultado, la construcción circular implica el desarrollo, uso y reutilización de edificios y estructuras de manera sostenible, gestionando los recursos para preservar su valor (The Ellen MacArthur Foundation, 2013a). Se busca que la construcción sea económicamente viable, beneficie a las empresas y contribuya al bienestar de las personas y la sociedad. Esto implica diseñar edificios y elementos constructivos que sean fácilmente adaptables, desmontables y que rara vez sean demolidos. Los materiales de construcción se recuperarían de manera eficiente, creando un ciclo cerrado donde los materiales de calidad se reciclan sin generar residuos significativos (Pérez, 2021).

El sector de la construcción y la economía circular

Durante los últimos años, en la búsqueda de alternativas de solución a los modelos de desarrollo tradicionales, surge la propuesta de la economía circular (EC) como un enfoque innovador que busca reducir el consumo, al tiempo que incentiva la reutilización y el reciclaje de materiales, transformando así la manera en que se gestionan los recursos en diversos sectores (Ruiz, 2022). En el sector de la construcción, la EC ha incentivado la reducción de desechos al mantener los materiales y recursos en un sistema circular, lo cual es especialmente relevante, toda vez que la industria de la construcción ha sido objeto de críticas por sus prácticas que producen grandes cantidades de residuos, obstaculizando el logro de los (ODS) (Ogunmakinde et al., 2022). Esto sucede porque el sector de la construcción mayormente adopta un modelo de “tomar, fabricar, desechar”, adquiere materiales para la construcción de edificaciones y los desecha al final de su vida útil, dado que se ensamblan para un solo uso y no retienen su potencial para la reutilización (Fritz et al., 2020).

A pesar de este enfoque poco sostenible, la industria de la construcción continúa siendo un sector clave para el desarrollo económico y social de los países, ya que genera una gran cantidad de empleos, mejora la infraestructura urbana y contribuye al crecimiento de las regiones, impactando positivamente el bienestar general de la sociedad (Serebrisky et al., 2020). Sin embargo, este sector afronta desafíos como una gran dependencia de la extracción de recursos no renovables para la fabricación de materiales y componentes que se utilizan a lo largo del ciclo de vida de los edificios, que generalmente oscila entre 50 y 75 años (Pineda, 2023). Ahora, si bien el sector de la construcción es fundamental para el avance de las sociedades contemporáneas, se adapta positivamente a las tendencias económicas mundiales y es crucial su papel como impulsor clave de la producción durante periodos de crisis, su productividad es insuficiente (Sarmiento et al., 2023), pues las construcciones son productos de larga duración con cadenas de suministro complejas, que incluyen diversos componentes y materiales, cada uno con diferentes funciones y ciclos de vida (Hart et al., 2019).

Por consiguiente, para alcanzar un equilibrio armónico entre los aspectos económicos, sociales y ambientales de la actividad humana, la industria de la construcción debe estar alineada con los principios de sostenibilidad, especialmente en relación con el medioambiente, buscando un equilibrio coherente entre ellos. De todos modos, la situación actual dista mucho de este objetivo y se evidencia un tratamiento deficiente en diversas áreas (Lazaridis & Narin, 2021). Tal como se mencionó anteriormente, la construcción tradicional se basa en un modelo lineal de producción y consumo, donde los recursos se extraen, se utilizan y finalmente se desechan, con un enfoque que agota los recursos naturales, a la vez que genera una cantidad considerable de residuos, lo que causa serios problemas ambientales (Bautista & Loaiza, 2016), así como la necesidad de buscar soluciones sostenibles, especialmente en un contexto en el que el cambio climático se ha convertido en un tema urgente y central (Saladino, 2021).

A diferencia del modelo lineal, la EC promueve la reutilización y el reciclaje de materiales, con lo cual fomenta que los recursos sean usados de manera más responsable y eficiente, (Hosseini et al., 2023). La EC en la construcción mejora la sostenibilidad al priorizar la reutilización, el reciclaje y la reducción de impactos ambientales, pues busca resultados sostenibles al enfocarse en las dimensiones

ambiental, económica y social, mientras ofrece un marco integral para gestionar ciclos de vida de materiales, promover la rentabilidad y fomentar la responsabilidad social (Zvirgzdins et al., 2019). En el marco del modelo de economía lineal (EL), una proporción considerable de los recursos materiales concluye su ciclo de vida útil en vertederos, lo que propicia un impacto ambiental significativo, toda vez que esta práctica implica la disposición inadecuada de recursos con valor potencial, lo que conlleva impactos ambientales adversos, entre los que se destacan la emisión gases de efecto invernadero, el uso excesivo de energía y agua para fabricar nuevos materiales, así como el fomento de una cultura de consumo, lo cual es insostenible para el planeta (Hodkinson et al., 2018).

Como se deriva de lo anterior, la EC tiene el potencial de transformar la manera en que se conciben, construyen y gestionan los proyectos, lo cual beneficia a largo plazo tanto a la industria como a la sociedad en su conjunto (Bravo et al., 2021). Es decir, la implementación de la economía circular en la construcción implica adoptar prácticas que faciliten la recuperación y reutilización de materiales. Por ejemplo, durante la fase de diseño, se pueden seleccionar materiales que sean reutilizables y fácilmente desmontables. Esta estrategia permite minimizar los residuos generados al final del ciclo de vida del edificio y, paralelamente, reducir la demanda de nuevos recursos (Haro et al., 2024). Además de favorecer la sostenibilidad ambiental, la EC puede aumentar el valor y la viabilidad económica de los sistemas constructivos a través de la reutilización de materiales, lo que permite reducir los costos asociados a la adquisición de nuevos recursos y mejorar la eficiencia operativa del sistema (Osorio & Castañeda, 2024).

VIS en Bogotá, D.C.

La industria de la construcción ha desempeñado un papel fundamental en el impulso económico del país. Esta área se divide principalmente en dos sectores de la construcción: viviendas e infraestructuras civiles, que comprenden una amplia gama de proyectos que incluyen proyectos residenciales (vivienda de interés social (VIS), vivienda de interés Prioritario (VIP) y vivienda no VIS), proyectos comerciales (centros empresariales, bodegas, centros comerciales), así como vías, carreteras, acueductos, puertos, represas, hidroeléctricas, entre otros (Moreno, N. et al., 2016). En el caso particular de la VIS, que se implementa para asegurar el derecho a la vivienda de las familias de bajos ingresos, se adhiere a los criterios de calidad en planificación urbana, diseño arquitectónico y construcción sostenible, cuyo costo no debe sobrepasar, en el contexto de Bogotá, D.C., los 150 salarios mínimos legales mensuales vigentes (smmlv) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2012).

De este modo, la construcción de VIS es una herramienta para afrontar la crisis habitacional que vive la ciudad, dado que, al término del 2021 para el caso de Bogotá, D.C., cerca del 10,5 % de los hogares en la capital se encontraba en déficit habitacional (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2022). Considerando que el déficit habitacional en Bogotá, D.C., y Colombia es un desafío estructural que ha perdurado a lo largo de los últimos años, lo cual se evidencia tanto en el número como en la calidad de las viviendas disponibles, a lo cual, se ha optado por la construcción masiva de viviendas sociales accesibles (Bermúdez

Ayala et al., 2022). No obstante, este enfoque ha estado marcado por la falta de atención a los efectos negativos en el medioambiente que derivan de los métodos de construcción y el uso de recursos (Torres, 2022).

Así pues, implementar la resiliencia es más necesario que nunca para abordar la crisis habitacional existente (Brai et al., 2022), por el hecho de que es necesario concientizar a todos los actores de su responsabilidad de gestionar y preservar los recursos naturales y procurar el bienestar de los demás mediante la transformación de sus patrones de consumo y sus métodos de producción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019). Investigaciones e informes muestran que el sector global de la construcción ofrece vastas oportunidades para la aplicación de la economía circular, lo cual se debe a dos razones principales: el impacto ecológico del sector y la organización local de las cadenas de valor (Scheuer, 2019).

Del mismo modo, la construcción de VIS afronta desafíos significativos en términos de sostenibilidad ambiental y de eficacia en la utilización de recursos debido a que la vivienda social en Colombia no incorpora, como parte de sus criterios de diseño, consideraciones ambientales ni sociales, ya que prevalece la necesidad de cumplir con el cierre financiero (Valencia, 2018). Por lo tanto, implementar políticas, metodologías o modelos de crecimiento verde permitirán un progreso sostenible que asegure el desarrollo económico y social de los ciudadanos en el futuro, al mismo tiempo que garantiza que los recursos medioambientales conserven su potencial de brindar los servicios y productos que sostienen la economía del país; de esta manera, se puede asegurar que los recursos seguirán siendo una fuente de crecimiento y bienestar a largo plazo (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2022). Aunque la implementación de la EC en el sector de la construcción en Colombia afronta desafíos relacionados con la innovación tecnológica, también representa una oportunidad estratégica para el desarrollo de modelos de negocio sostenibles que optimicen el uso de recursos y fomenten la resiliencia económica y ambiental del país (Bravo et al., 2021).

Por consiguiente, la EC emerge como una solución ante la creciente necesidad de materias primas y recursos naturales para respaldar el crecimiento poblacional global (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019), pues las actuales consecuencias del cambio climático, los fenómenos migratorios, la pandemia y la guerra afectan la ya inestable situación del sistema de vivienda. Por consiguiente, la construcción de viviendas VIS basada en los principios de la EC, trae beneficios ambientales a la ciudad, a la vez que brinda beneficios empresariales entre los que se encuentran mayor competitividad, seguridad de los recursos, flexibilidad y diferentes modelos de negocio que permiten la creación de valor a largo plazo (Adams et al., 2017). Así mismo, las empresas constructoras que adoptan prácticas de EC pueden mejorar su imagen corporativa y atraer a un público más consciente del medioambiente. En el ámbito de la construcción de viviendas de interés social (VIS), éstas contribuyen significativamente al desarrollo económico al impulsar el sector de la construcción, que es un indicador clave del crecimiento del PIB. Además, representan una alternativa crucial en la lucha contra la pobreza extrema (Moreno, M. et al., 2016).

La gerencia de proyectos en el entorno de la economía circular

La gestión sostenible y la economía circular (EC) se manifiestan en diversas formas y grados en la sociedad actual. En este contexto, resulta relevante examinar de qué manera los proyectos y su gestión pueden apoyar los negocios sostenibles y la EC, así como el impacto que pueden generar en la sociedad cuando se gestionan según los principios de dicha economía (Bericé, 2023). Aunque la EC ha ganado amplio reconocimiento, la gestión de proyectos aún no ha profundizado lo suficiente en este concepto (Zarghami et al., 2024). Los proyectos son esenciales para que las organizaciones puedan concebir, planificar y llevar a cabo sus iniciativas, asumiendo retos en áreas como gestión, medioambiente, tecnología y seguridad. Integrar los principios de la EC en la gestión de proyectos puede mejorar la gestión ambiental y optimizar el uso de recursos, mientras incrementa el valor de los resultados, promoviendo la innovación y la colaboración entre los involucrados. A pesar de estos beneficios, sigue existiendo una brecha en la comprensión de sus implicaciones prácticas, lo que pone de relieve la necesidad de más investigación para superar los desafíos y aprovechar al máximo las oportunidades que la EC ofrece en los proyectos (Zarghami et al., 2024).

De hecho, la transición hacia una EC orientada a reducir el impacto ambiental de las actividades industriales es un proceso complejo. A menudo exige el desarrollo de nuevas tecnologías de alto riesgo y transformaciones profundas en los sistemas de producción. Por lo tanto, la implementación de estas tecnologías puede beneficiarse de un enfoque de gestión de proyectos, ya que las iniciativas de EC presentan características propias de proyectos complejos: ausencia de precedentes, objetivos ambiciosos, alta complejidad y un nivel significativo de riesgo (Kurzydłowska, 2017).

Sin embargo, la sostenibilidad y la EC brindan numerosas oportunidades para profesionales, académicos y responsables políticos en la gestión de negocios y la economía. Dado que la gestión sostenible y los principios de circularidad ya están presentes en distintos niveles de la sociedad, es crucial explorar cómo los proyectos y su gestión pueden contribuir a negocios más sostenibles, así como el impacto positivo que pueden generar en la sociedad cuando se gestionan con enfoques circulares (Todorovic & Obradović, 2023).

Por lo tanto, el rol del gestor de proyectos en un proyecto circular implica supervisar la integración de los principios circulares desde la fase inicial de planificación. Esto incluye identificar los factores claves de éxito que deben incorporarse desde el principio para asegurar la realización exitosa del proyecto. Además, el gestor de proyectos ayuda a establecer los requisitos necesarios para el marco que respalde un proyecto de construcción circular (Többen & Opdenakker, 2022).

METODOLOGÍA

La investigación adoptó un enfoque mixto que integró elementos cuantitativos y cualitativos, lo cual permitió abordar de manera integral la complejidad de la investigación y obtener una comprensión completa de los aspectos relacionados con la implementación de modelos de economía circular (EC) en la construcción de viviendas de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., La población de estudio se com-

puso de manera estratégica por empresas constructoras con experiencia significativa en proyectos de VIS en Bogotá, D.C., organizaciones ambientales involucradas en el sector de la construcción, así como expertos en áreas pertinentes como construcción sostenible, EC y políticas públicas relacionadas con la VIS en la ciudad.

Para llevar a cabo esta investigación, se diseñó un conjunto de actividades que facilitaron la comprensión y el logro de resultados efectivos. Estas actividades estuvieron alineadas con lo que se definió en el estado del arte y el marco teórico correspondiente. En primer lugar, se llevó a cabo un estudio comparativo de las metodologías actuales de gestión de proyectos y aquellas que incorporan los principios de la economía circular en el sector de la construcción. Este análisis permitió identificar las mejores prácticas y adaptar componentes relevantes a las necesidades del contexto bogotano. Se identificaron cinco variables claves: sostenibilidad, normativa, economía, técnica y riesgos. Para cada una de estas variables, se establecieron sus respectivas matrices FODA, evaluando cada una de acuerdo con las directrices de las metodologías en gestión de proyectos.

Para continuar con la investigación, se realizó una revisión de la bibliografía académica y técnica sobre la economía circular centrada en su aplicación en la construcción. Se identificaron principios claves tales como la reducción de residuos, el reciclaje de materiales y la reutilización, que permitieron comprender cómo estos enfoques podrían adaptarse a las características socioeconómicas y culturales de Bogotá, D.C., Este análisis proporcionó un marco teórico sólido para la metodología propuesta, destacando la importancia de adoptar prácticas sostenibles que minimizaran el impacto ambiental en el sector.

Luego se procedió con el diseño de una metodología adaptada al contexto de Bogotá, D.C., que contemplara los principios de la economía circular. Esta investigación se valió de fuentes primarias, centrando la recolección de datos en una encuesta como técnica principal. Los 62 participantes se seleccionaron mediante un muestreo por conveniencia, focalizando las diez empresas constructoras más importantes de la ciudad, lo cual permitió obtener una visión clara sobre la aplicación de la economía circular en la construcción de VIS en Bogotá, D.C., A partir de estos resultados, se definieron los componentes esenciales de la metodología, tales como el diagnóstico inicial, el diseño participativo, la selección de materiales y el proceso constructivo circular. Además, se elaboraron características esenciales que se consideraron para asegurar la viabilidad y sostenibilidad de la metodología, incluyendo la inclusión social y la viabilidad económica. También se delinearon pasos claros para la implementación de esta metodología, con el fin de garantizar que fuera accesible y reproducible para los actores involucrados en la construcción de VIS en Bogotá, D.C.

La investigación se centró en la validación de la metodología desarrollada. Se trabajó de manera colaborativa con expertos en construcción, urbanismo y sostenibilidad, quienes evaluaron la aplicabilidad y eficacia de la metodología. Este equipo estaba compuesto por doce especialistas, cada uno con más de 25 años de experiencia en gerencia o diseño de proyectos en el sector constructor, incluyendo arquitectos e ingenieros civiles. Su perfil se destacaba por trayectoria consolidada, liderazgo probado en proyectos de alta complejidad, profundo dominio de las normas vigentes y marcada capacidad para innovar y optimizar procesos.

Para validar la propuesta, se organizaron talleres participativos en los que se presentaron los resultados obtenidos, y se recibió retroalimentación de los expertos del sector. Posteriormente, se realizó un análisis detallado de los comentarios recibidos y se ajustó la metodología conforme a las recomendaciones. Este enfoque integral no sólo buscó cumplir con los objetivos establecidos en este proyecto de investigación, sino contribuir al desarrollo sostenible del sector de la construcción en Bogotá, D.C., estableciendo un modelo reproducible que pudiera ser adoptado por futuros proyectos de vivienda.

RESULTADOS

Fortalezas y limitaciones relacionadas con la construcción de viviendas tipo VIS basadas en los principios de economía circular

El análisis de las matrices FODA en el diseño de una metodología para implementar principios de EC en la construcción de proyectos VIS en Bogotá, D.C., revela un panorama complejo y multifacético. En cuanto a las fortalezas, se destaca el compromiso de las empresas líderes en adoptar prácticas sostenibles, así como la innovación en materiales y técnicas constructivas que facilitan la sostenibilidad. La experiencia acumulada y las colaboraciones multisectoriales brindan un sólido apoyo para la implementación de estas prácticas, mientras que la reducción de costos a largo plazo y la disponibilidad de incentivos gubernamentales proporcionan un contexto favorable para la adopción de la EC en el sector de la construcción.

FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
FORTALEZAS (+)	IMPORTANCIA Alta - Media - Baja	OPORTUNIDADES (+)	IMPORTANCIA Alta - Media - Baja
1 Innovación en materiales sostenibles: Desarrollo de nuevos materiales reciclables y menos contaminantes.	Media	1 Incentivos gubernamentales: Políticas y subsidios que apoyan proyectos de construcción sostenible.	Alta
2 Experiencia acumulada: Proyectos previos que han implementado principios de economía circular.	Alta	2 Creciente demanda de sostenibilidad: Aumento del interés de los consumidores por viviendas sostenibles.	Media
3 Colaboraciones intersectoriales: Alianzas con ONGs y universidades para el desarrollo de proyectos.	Alta	3 Tendencias globales: Presión internacional hacia prácticas sostenibles en la construcción.	Media
4 Reducción de residuos: Estrategias de gestión que permiten disminuir la generación de residuos en la construcción.	Media	4 Acceso a financiamiento sostenible: Nuevos fondos y créditos para proyectos que cumplen con criterios de sostenibilidad.	Alta
DEBILIDADES (-)	IMPORTANCIA Alta - Media - Baja	AMENAZAS (-)	IMPORTANCIA Alta - Media - Baja
1 Costos iniciales elevados: Inversión alta para la implementación de tecnologías sostenibles.	Alta	1 Resistencia cultural: Reticencia en la adopción de prácticas de economía circular por parte de actores tradicionales.	Alta
2 Falta de normativas claras: Regulaciones insuficientes que dificultan la adopción de prácticas circulares.	Alta	2 Competencia desleal: Otras empresas que ofrecen soluciones más baratas sin considerar sostenibilidad.	Media
3 Escasez de capacitación especializada: Falta de formación en economía circular para profesionales del sector.	Alta	3 Cambios en políticas públicas: Inestabilidad regulatoria que podría afectar la viabilidad de proyectos.	Media
4 Cultura de reciclaje limitada: Baja aceptación y práctica del reciclaje de materiales en el sector.	Media	4 Impactos económicos adversos: Crisis económicas que pueden limitar la inversión en proyectos sostenibles.	Alta

Figura 1. Matriz FODA general. Implementación de economía circular en el sector de la construcción.

Las debilidades identificadas en la figura 1 presentan desafíos significativos. La alta inversión inicial requerida para la transición hacia modelos de EC puede ser una barrera para muchas empresas, especialmente las de menor tamaño. Además, la escasez de capacitación especializada dificulta la estandarización y la efectiva implementación de prácticas circulares. Esta situación se ve agravada por la percepción negativa hacia los cambios necesarios para adoptar la EC, lo que limita aún más la participación de los actores del sector en esta transformación.

Desde la perspectiva de las oportunidades que se presentan en la figura 1, se identifican factores externos que pueden potenciar la implementación de la EC en la construcción de vivienda de interés social en Bogotá, D.C., El crecimiento del mercado de materiales reciclados y el aumento en la demanda de productos sostenibles por parte de los consumidores expone un contexto favorable. Así mismo, los incentivos gubernamentales y la colaboración con el sector privado pueden facilitar la creación de proyectos que promuevan la sostenibilidad. Sin embargo, estas oportunidades deben ser aprovechadas en un marco que permita la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, garantizando así la viabilidad de la EC. A pesar de las oportunidades, las amenazas también juegan un papel crucial en este análisis. La resistencia cultural a la adopción de nuevas normativas y prácticas circulares, junto con la incertidumbre política y económica, pueden limitar la efectividad de los esfuerzos en este ámbito. La competencia desleal de empresas que ofrecen soluciones más baratas sin considerar la sostenibilidad y los impactos del cambio climático son factores que podrían desincentivar la inversión en proyectos de EC.

Identificación y revisión de los principios fundamentales de la economía circular

La identificación y revisión de los principios fundamentales de la EC aplicables a la construcción de viviendas tipo VIS en el contexto de Bogotá, D.C., mediante la comparación de la bibliografía alrededor de este tema, permitió identificar que la integración de EC en la construcción de VIS en Bogotá, D.C., constituye una oportunidad valiosa para abordar los problemas socioeconómicos y ambientales de la ciudad. Tradicionalmente, la construcción de VIS en Bogotá, D.C., se ha basado en un modelo lineal que prioriza la eficiencia en costos y tiempo, a menudo sacrificando la sostenibilidad. En contraste, la EC promueve un cambio hacia un modelo que maximiza el valor de los materiales, manteniéndolos en uso durante el mayor tiempo posible. Esta transición puede disminuir los efectos adversos de la construcción sobre el entorno y al mismo tiempo aportar ventajas económicas y sociales, favoreciendo así una economía más sostenible y robusta.

Uno de los principales beneficios de implementar principios de EC en la construcción de VIS es la minimización de residuos a lo largo del ciclo de vida de los proyectos. La industria de la construcción es responsable de una alta producción de residuos, y la EC propone un enfoque donde los materiales se reutilizan, reciclan y regeneran, lo que puede aliviar la presión sobre los vertederos y fomentar la creación de un mercado para materiales reciclados y reutilizables, generando ahorros económicos significativos tanto para desarrolladores como para beneficiarios finales. Identificar y adoptar materiales de construcción sostenibles, así como diseñar viviendas que faciliten la reutilización y el reciclaje, son elementos claves en este proceso. Del mismo modo, desde una perspectiva social, la aplicación de

la EC en proyectos de VIS puede abordar la inequidad y mejorar la accesibilidad a viviendas dignas. La construcción circular incentiva la participación comunitaria en el proceso de diseño y construcción, lo que resulta en soluciones más adaptadas a las necesidades locales.

Así mismo, el diseño de viviendas siguiendo el enfoque de EC fomenta la eficacia en la utilización de recursos mediante prácticas como la adopción de energía renovable y la instalación de sistemas para la recolección y reutilización de aguas lluvias. Estas prácticas contribuyen a disminuir la huella ambiental de las viviendas y, al mismo tiempo, mejoran la calidad del entorno habitado por los residentes. Del mismo modo, la adopción de un enfoque circular contribuye a la creación de comunidades más sostenibles, con menor consumo de recursos y un menor impacto ambiental, lo que es especialmente relevante en un contexto urbano como Bogotá, D.C., que enfrenta desafíos ambientales significativos. Sin embargo, la implementación de la EC en la construcción de VIS aún se encuentra en una fase inicial. Las investigaciones consultadas sugieren que la adopción de principios circulares ha sido limitada a raíz de la falta de concientización sobre el concepto y sus beneficios. Muchos actores involucrados, incluidos entidades gubernamentales, empresas privadas y usuarios finales, no están completamente informados sobre cómo la EC puede integrarse en sus prácticas diarias. La ausencia de incentivos económicos y políticas robustas que fomenten el diseño de productos y edificios desmontables y reutilizables constituye una barrera significativa para la adopción más amplia de estos principios. De igual manera, es fundamental situar la EC en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la Agenda 2030, entre los que se destacan principalmente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), ODS7 (Energía asequible y no contaminante), ODS8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS12 (Producción y consumo responsables), ya que esto puede favorecer una gestión más eficiente de los desechos producidos por la construcción. Además de contribuir a disminuir la cantidad de residuos, este enfoque estimula la innovación en el diseño y la administración de materiales, impulsando la economía circular en el ámbito de la construcción.

Evaluación de la economía circular en la construcción de VIS en Bogotá, D.C.

La creciente preocupación por la sostenibilidad y el impacto ambiental en la construcción ha llevado a un interés renovado en los principios de EC. Este enfoque es particularmente crucial en sectores como la vivienda de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., donde la demanda de vivienda asequible es alta y las necesidades urbanas son apremiantes. En este contexto, es esencial explorar cómo estas prácticas pueden integrarse efectivamente en el desarrollo urbano. A raíz de esto, es imperativo evaluar el problema desde la óptica de variables de tipo sostenible, normativo, económico, técnico y de riesgos.

Variable normativa

La variable normativa en el contexto de la economía circular (EC) en la construcción de viviendas de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., revela una clara demanda

por parte de los encuestados de un papel activo y central del gobierno local. La mayoría de los participantes en el estudio considera que las políticas y estrategias gubernamentales deben enfocarse en promover la circularidad en el sector de la construcción. Esta percepción resalta la necesidad de una intervención estatal para impulsar la adopción de prácticas más sostenibles, lo que refleja un deseo de acciones concretas por parte de las autoridades locales. El análisis también destaca los obstáculos inherentes al marco regulatorio actual, específicamente la rigidez de las normativas de construcción y los complejos procesos para obtener permisos, pues tales elementos dificultan la implementación de la EC toda vez que el enfoque regulatorio sigue orientado a modelos más tradicionales que no favorecen la reutilización de materiales ni la innovación necesaria para transitar hacia un modelo circular.

Por otro lado, las regulaciones ambientales existentes son percibidas como barreras para la adopción de la economía circular en la construcción de VIS. Aunque algunas normativas tienen el potencial de promover prácticas sostenibles, una proporción significativa de los encuestados considera que estas regulaciones requieren mejoras para alinearse con los principios de la EC. La falta de claridad y la resistencia al cambio, tanto en la cultura social como en el marco normativo, son factores que limitan el progreso hacia la circularidad en la construcción de viviendas. Además, la implementación de cambios en las regulaciones puede generar demoras en los proyectos debido a los nuevos requisitos y procedimientos, lo que también incrementa los costos y reduce la viabilidad económica de las iniciativas. Esto subraya la necesidad urgente de una revisión y actualización de las políticas públicas y las normativas ambientales para facilitar un entorno más favorable a la adopción de la economía circular en el sector de la construcción de VIS en Bogotá, D.C.

Variable económica

La variable económica en relación con la adopción de prácticas de economía circular (EC) en la construcción de viviendas de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., revela que los principales incentivos necesarios para fomentar este modelo son de carácter financiero. La reducción de impuestos se percibe como el incentivo más relevante por el 37,04 % de los encuestados, lo que indica que los altos costos iniciales asociados con la implementación de prácticas sostenibles son una barrera considerable. Así mismo, los subsidios gubernamentales, las certificaciones que mejoran la reputación y el acceso a financiamiento, y la capacitación técnica, fueron identificados como mecanismos adicionales para promover la transición hacia la economía circular. Estos resultados sugieren que, para que los actores del sector de la construcción se adapten con éxito a la economía circular, es fundamental contar con un apoyo económico directo que aliviane los costos y riesgos asociados con la adopción de nuevas tecnologías y prácticas sostenibles, como los bonos verdes y el Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (Fenoge), entre otros.

En términos de financiamiento, los encuestados consideran que los créditos verdes son la opción más efectiva: un 31,58 % señala su importancia para facilitar el acceso a recursos para proyectos sostenibles. A continuación, los préstamos

con condiciones favorables, como tasas de interés reducidas, son vistos como otra herramienta crucial para promover la economía circular en proyectos VIS. Aunque los subsidios directos también son considerados relevantes, su percepción como opción menos efectiva en comparación con otras medidas refleja una preferencia por mecanismos financieros más sostenibles y de largo plazo. Además, se destaca que la implementación de la economía circular en los proyectos VIS podría generar beneficios económicos significativos para la economía local, como la innovación en el sector, la atracción de inversión y la generación de empleo especializado. Sin embargo, a pesar de los beneficios a largo plazo, aún existen desafíos, como la falta de incentivos suficientes y barreras en el acceso a financiamiento, que limitan la efectividad de la economía circular para transformar el sector de la construcción de VIS en Bogotá, D.C.

Variable de riesgos

El análisis de la variable de riesgos en relación con la adopción de la economía circular (EC) en la construcción de viviendas de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., identifica diversos desafíos que pueden obstaculizar el éxito de este modelo. El mayor desafío señalado por los encuestados es el escaso conocimiento y la falta de formación en economía circular: un 48,15 % de las respuestas indica que la falta de capacitación y sensibilización en el sector de la construcción es una barrera significativa, pues no sólo limita la implementación de prácticas sostenibles, sino que impide que los actores involucrados comprendan plenamente los beneficios de la circularidad. Además, los costos iniciales elevados, que afectan principalmente la inversión en nuevas tecnologías y la adaptación de procesos, son vistos como un obstáculo por un 33,33 % de los participantes. Otros riesgos importantes incluyen la resistencia al cambio de las partes interesadas y la falta de infraestructura adecuada, lo que refleja una desventaja significativa en términos de capacidad técnica y recursos disponibles para la transición hacia la economía circular.

En cuanto a los riesgos asociados con la cadena de suministro, los resultados muestran que la variabilidad en los costos de los materiales es una de las mayores preocupaciones: un 26,23 % de los encuestados señalan que las fluctuaciones en los precios pueden generar incertidumbre en la planificación financiera. También se destacan riesgos derivados de cambios en la normativa sobre materiales (22,95 %), la escasez de recursos (14,75 %) y la complejidad logística (12,3 %), que pueden afectar la disponibilidad, calidad y distribución de los insumos necesarios para los proyectos, impactando la competitividad del sector. La falta de experiencia en la implementación de la economía circular, identificada por un 27,45 % de los encuestados, también se considera un riesgo significativo, ya que puede dar lugar a dificultades en el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y a un aumento de los costos operativos y los retrasos en la ejecución de los proyectos. Además, el 21,57 % menciona que la falta de experiencia puede generar errores en el diseño y la construcción, comprometiendo la calidad y durabilidad de las viviendas. Estos riesgos subrayan la necesidad de capacitación, una cadena de suministro robusta y una planificación cuidadosa para minimizar los impactos negativos en los proyectos de VIS en Bogotá, D.C., y garantizar el éxito de la adopción de la economía circular.

Variable de sostenibilidad

En cuanto a la variable de sostenibilidad, los resultados muestran que, aunque existe un conocimiento moderado sobre los beneficios y principios de la economía circular (EC) en la construcción de viviendas de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., aún queda un amplio margen para profundizar en estos temas. La mayoría de los encuestados (62,96 %) tiene un conocimiento medio, lo que indica que, aunque hay una base general de comprensión, se necesita un esfuerzo educativo y de divulgación más profundo, especialmente considerando que el 27,78 % muestra un bajo conocimiento y sólo un pequeño porcentaje (1,85 %) tiene un alto conocimiento.

Esta brecha en la comprensión o experticia resalta la importancia de intensificar las iniciativas de sensibilización en el sector de la construcción para garantizar una adopción más efectiva de las prácticas sostenibles. Además, los encuestados reconocen la importancia de los constructores en la reducción de residuos sólidos, pues el 70,37 % considera que son fundamentales para implementar la economía circular, lo que subraya el papel central de la gestión adecuada en la optimización de los recursos y la minimización del impacto ambiental en los proyectos de VIS.

El apoyo de las comunidades locales también se destaca como un factor clave para la implementación exitosa de la economía circular en Bogotá, D.C.: el 59,26 % de los encuestados consideran fundamental este apoyo, lo cual refleja la relevancia del involucramiento de la comunidad en la promoción de la sostenibilidad, ya que la integración de la economía circular no sólo depende de los actores del sector de la construcción, sino de la aceptación y participación de los residentes. En cuanto a la reducción de la huella de carbono, existe una percepción mayoritaria de que la economía circular contribuiría significativamente a disminuir las emisiones asociadas a la construcción, pues un 44,44 % de los encuestados opinan que tendría un impacto considerable. Sin embargo, también se presenta una incertidumbre sobre ese impacto, ya que un 7,41 % de los participantes expresa dudas sobre los efectos reales de la economía circular en la huella de carbono. Finalmente, respecto de la información necesaria para implementar la economía circular, los encuestados resaltan la importancia de contar con datos sobre costos y beneficios económicos (29,69 %), casos de estudio y ejemplos prácticos (25,78 %), así como guías técnicas y normativas específicas (21,86 %), lo que indica una clara demanda de herramientas y conocimientos prácticos para facilitar la adopción de la economía circular en la construcción de VIS en Bogotá, D.C.

Variable técnica

El análisis de la viabilidad de implementar prácticas de economía circular en la construcción de viviendas de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., en términos de la variable técnica, refleja un panorama mixto. Aunque la percepción positiva de un 46,3 % de los encuestados evidencia un interés creciente en estas prácticas, el 51,85 % que las califica como moderadamente viables subraya que aún existen barreras significativas. Estos resultados sugieren que, si bien hay una base para fomentar la economía circular en el sector, factores como el desconocimiento, las limitaciones técnicas y la falta de recursos siguen siendo desafíos cruciales. Abordar estas barreras implicará diseñar estrategias específicas que promuevan la

adopción de prácticas circulares, mediante la mejora en la capacitación, el acceso a la información y la integración de incentivos que reduzcan la percepción de riesgo por parte de los actores involucrados.

Por su parte, la disponibilidad de materiales reciclables y sostenibles representa una limitación que dificulta el avance hacia la construcción sostenible. Con un 46,3 % de los encuestados que califican esta disponibilidad como suficiente, pero restringida, y un 42,59 % que destaca su escasez, se identifica una brecha significativa en las cadenas de suministro de estos materiales. Esta situación no se limita a impactar la viabilidad de proyectos sostenibles a gran escala; también resalta la necesidad de fortalecer la infraestructura y fomentar la innovación en la producción de materiales alternativos. La inversión en investigación e innovación, desarrollo de proveedores locales y políticas que incentiven el uso de materiales sostenibles será esencial para superar este desafío y promover un entorno más favorable para la construcción basada en principios de economía circular.

Metodología para la construcción de viviendas tipo VIS en Bogotá, D.C., de acuerdo con los principios de la economía circular

La metodología para la construcción de vivienda de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., se organiza en cuatro fases. La planificación estratégica analiza la disponibilidad de materiales reciclados y establece metas de aprovechamiento de residuos. En el diseño y la planificación detallada, se prioriza el uso de materiales reciclados y soluciones modulares. La fase de implementación y monitoreo se centra en asegurar la calidad de los materiales y una gestión eficiente de residuos, mientras que la evaluación y mejora continua ajusta el enfoque según los resultados obtenidos, promoviendo así la sostenibilidad del proyecto.

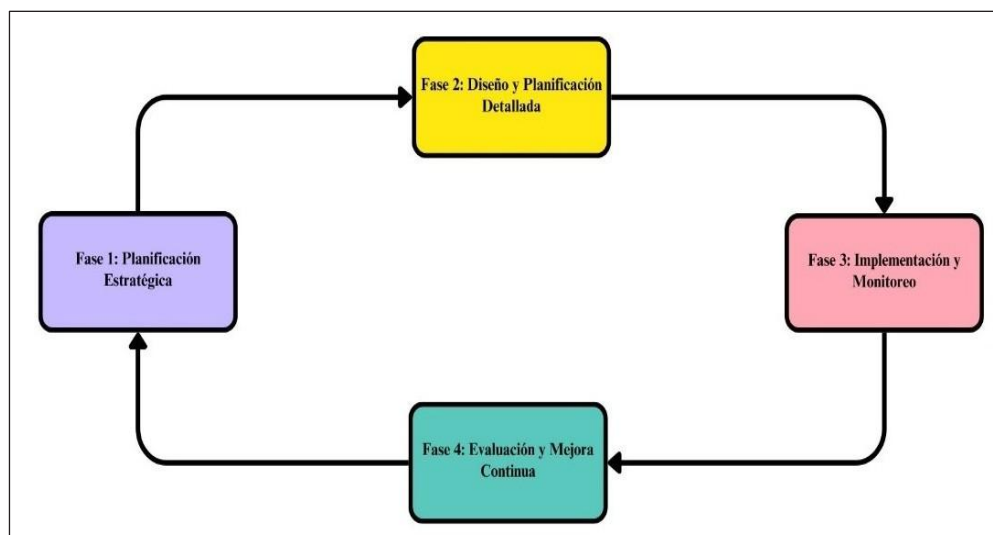


Figura 2. Metodología para la construcción de viviendas tipo VIS en Bogotá, D.C., según los principios de la economía circular.

Fase 1. Planificación estratégica

Esta fase involucra la recopilación y el análisis de datos claves, así como la definición de objetivos a corto y largo plazo. Las actividades que la conforman son las siguientes:

- **Análisis de materialidad:** realizar un inventario de los materiales reciclados disponibles en el mercado local, incluyendo bases y subbases recicladas, residuos de construcción y demolición (RCD), acero reciclado y madera certificada; y evaluar la calidad y disponibilidad de estos materiales para su integración efectiva en los proyectos de VIS.
- **Definición de metas de aprovechamiento:** establecer objetivos precisos y medibles para la utilización de los diversos tipos de desechos producidos durante el proceso de construcción, abarcando tanto la reutilización interna como la simbiosis industrial. Se debe buscar alcanzar un objetivo de al menos un 80 % de desvío de residuos de su disposición final.
- **Análisis del ciclo de vida (ACV):** llevar a cabo un análisis del ciclo de vida (ACV) de los materiales y métodos de construcción para evaluar su efecto ambiental durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de recursos hasta su eliminación final. Esto facilitará la toma de decisiones fundamentadas con respecto a la elección de materiales y tecnologías.
- **Evaluación económica:** realizar un análisis económico detallado para identificar los costos y beneficios asociados a la implementación de la economía circular, considerando tanto los costos iniciales como los ahorros a largo plazo en términos de operación y mantenimiento.
- **Fomento de la colaboración:** establecer redes de colaboración entre constructores, diseñadores, autoridades locales y comunidades para un enfoque integral en la implementación de la economía circular. Asegurar la participación comunitaria y la accesibilidad de las soluciones propuestas desde el inicio del proyecto.

Fase 2. Diseño y planificación detallada

Durante esta fase se desarrollan estrategias innovadoras que permiten integrar materiales reciclados de manera efectiva, asegurando la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto. Las actividades principales que componen esta fase son las siguientes:

- **Diseño con materiales reciclados:** incorporar en el diseño arquitectónico el uso de materiales reciclados y sostenibles, priorizando el uso de concretos compuestos con RCD, acero reciclado y estructuras de madera certificada. Evaluar la viabilidad técnica y económica de las estructuras de madera, considerando su resistencia al fuego, sismicidad y durabilidad.
- **Diseño modular:** considerar el diseño modular de los elementos constructivos para facilitar su fabricación en serie, transporte y posterior desmontaje y reutilización.
- **Adaptabilidad y flexibilidad:** diseñar edificios que puedan adaptarse a las necesidades cambiantes de los habitantes y a los futuros usos del espacio, promoviendo la durabilidad y la resiliencia.

- Selección de proveedores: priorizar la colaboración con proveedores que ofrezcan materiales reciclados certificados, que cuenten con sistemas de gestión de calidad y ambiental, y que estén alineados con los principios de la economía circular.
- Diseño de sistemas constructivos eficientes: implementar sistemas constructivos que permitan el fácil desmontaje y reutilización de los materiales al final de la vida útil del edificio, fomentando la adaptabilidad y flexibilidad en el diseño para satisfacer las necesidades cambiantes de las familias.
- Herramientas y recursos adicionales: utilizar plataformas de Building Information Modeling (BIM) para optimizar el diseño y la construcción, facilitando la integración de materiales reciclados y la planificación eficiente de recursos.

Fase 3. Implementación y monitoreo

Durante esta fase se hace énfasis en la formación, la supervisión continua y el monitoreo de las prácticas establecidas, con el objetivo de optimizar el uso de los materiales reciclados y asegurar el cumplimiento de los estándares. Las actividades que la componen son las siguientes:

- Control de calidad de materiales reciclados: establecer protocolos de control de calidad para garantizar que los materiales reciclados cumplan con los requisitos técnicos y normativos necesarios para la construcción.
- Capacitación continua: implementar programas de capacitación continua para los trabajadores de la construcción, asegurando que estén actualizados en las técnicas y tecnologías de construcción sostenible.
- Gestión de la cadena de suministro: establecer una gestión eficiente de la cadena de suministro, optimizando la logística y reduciendo al mínimo los residuos generados durante el transporte y la distribución de materiales.
- Plan de gestión de residuos: implementar sistemas de clasificación y separación de residuos en obra para optimizar la reutilización de materiales en otros proyectos y realizar un seguimiento continuo a los gestores de residuos para asegurar el cumplimiento de los contratos y la optimización de los procesos de aprovechamiento.
- Monitoreo de la generación y gestión de residuos: establecer un sistema de registro y seguimiento de la generación y gestión de residuos en obra, documentando la separación en origen y el destino final de los materiales.
- Financiamiento verde: explorar opciones de financiamiento verde y mecanismos de inversión de impacto que favorezcan la implementación de la economía circular en proyectos de VIS.

Fase 4. Evaluación y mejora continua

Durante esta etapa se evalúan los impactos ambientales y sociales, se establece un seguimiento continuo y se fomenta una retroalimentación constante que permita adaptar la metodología a nuevas necesidades o desafíos. Las actividades que la conforman son las siguientes:

- Evaluación del desempeño ambiental: realizar evaluaciones periódicas del desempeño ambiental de los proyectos, incluyendo análisis del ciclo de vida de los materiales y la eficiencia energética de los edificios. Comparar estos resultados con los de proyectos convencionales para evidenciar los beneficios de la economía circular.
- Indicadores de desempeño social: además de los indicadores ambientales y económicos, incluir indicadores sociales para evaluar el impacto de los proyectos en la calidad de vida de los habitantes y en la comunidad en general.
- Seguimiento a largo plazo: realizar un seguimiento a largo plazo del desempeño de los edificios para evaluar su durabilidad, eficiencia energética y adaptabilidad a los cambios climáticos.
- Retroalimentación con la comunidad: establecer mecanismos de retroalimentación con los habitantes para conocer sus opiniones y sugerencias sobre el diseño y la funcionalidad de las viviendas.
- Adaptación de la metodología: ajustar la metodología en función de los resultados obtenidos y de las nuevas tecnologías y oportunidades que surjan en el mercado. Promover la divulgación de los resultados a través de publicaciones, conferencias y eventos para sensibilizar a otros actores del sector.
- Base de datos de materiales reciclados: crear y mantener una base de datos de materiales reciclados que sea accesible, incluyendo sus características técnicas, costos y proveedores, para facilitar su integración en los proyectos.
- Certificaciones de sostenibilidad: obtener certificaciones como LEED, EDGE o BREEAM para aumentar el valor de mercado de los proyectos y asegurar su alineación con estándares de sostenibilidad.
- Legislación y normativa: mantenerse actualizado sobre la legislación y normativa vigente en materia de construcción sostenible y accesible, adaptando la metodología a los requisitos legales.
- Comunicación y sensibilización: implementar estrategias de comunicación y sensibilización para dar a conocer los beneficios de la accesible a todos los actores involucrados en el proyecto.
- Innovación: fomentar la innovación y la investigación en el campo de la construcción sostenible, buscando nuevas soluciones y tecnologías para mejorar el desempeño ambiental de los proyectos.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta para la construcción de viviendas de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., se concibe como un enfoque hacia el uso eficiente de materiales reciclados, a la vez que plantea una estrategia para la gestión integral de residuos y la mejora continua del desempeño ambiental y social de los proyectos. Este enfoque integral busca que la construcción de VIS en Bogotá, D.C., contribuya de manera significativa al desarrollo sostenible, equilibrando aspectos económicos, sociales y ambientales. De esta manera, se establece un modelo que va más allá de la simple reducción de impactos negativos y promueve una transformación auténtica en el sector de la construcción.

La fase de planificación estratégica es fundamental para identificar y maximizar el uso de recursos reciclados disponibles en el mercado local, lo que reduce la

dependencia de recursos vírgenes, al tiempo que promueve la economía circular en la comunidad. Este proceso de optimización de recursos contribuye a disminuir costos y a incrementar la competitividad de los proveedores locales, generando empleo y fortaleciendo la economía regional. Además, la integración de principios de economía circular en el diseño y construcción de VIS en Bogotá, D.C., no sólo favorece la sostenibilidad ambiental, sino que resulta en una mejora significativa en la calidad de vida de los habitantes toda vez que, al diseñar viviendas adaptables y flexibles, se atienden de manera más efectiva las necesidades cambiantes de las familias y se aumenta la resiliencia ante fenómenos climáticos, lo que fortalece la cohesión social y el sentido de comunidad.

Para acelerar la transición hacia una construcción más sostenible en Bogotá, D.C., es fundamental participar en plataformas de colaboración multisectorial que integre al gobierno, empresas constructoras, academia y comunidades. Estas plataformas servirían como un espacio de encuentro para compartir conocimientos, desarrollar proyectos piloto y establecer estándares de sostenibilidad. A través de esta iniciativa, se podrían coordinar acciones, atraer inversión, fomentar la investigación y la capacitación y sensibilizar a la ciudadanía sobre los beneficios de la economía circular. Al trabajar de manera conjunta, se lograría optimizar recursos, acelerar la implementación de soluciones innovadoras y construir un futuro más sostenible para la ciudad.

Un marco normativo favorable puede ser un motor de cambio significativo, ya que las políticas públicas que incentiven la economía circular son claves para acelerar la transición hacia modelos más sostenibles. Al establecer estándares claros, este marco guía al sector de la construcción, reduciendo la incertidumbre y facilitando la adopción de prácticas responsables. Además, es crucial que estas políticas incluyan incentivos financieros, como subsidios y créditos fiscales, que motiven a las empresas a invertir en soluciones innovadoras y sostenibles. También es necesario incorporar mecanismos de seguimiento y evaluación que permitan medir el impacto de las iniciativas, lo que facilitará ajustes en tiempo real durante el desarrollo de los proyectos. Por último, la participación de diversas partes interesadas, incluidos gobiernos, empresas y comunidades, es fundamental para asegurar que el marco normativo sea inclusivo y efectivo. Esto fomenta un compromiso colectivo hacia la sostenibilidad y crea un entorno propicio para el desarrollo de prácticas constructivas más responsables.

La innovación y la mejora continua en la construcción de vivienda de interés social (VIS) en Bogotá, D.C., especialmente en el marco de los principios de la economía circular, pueden llegar a ser un motor clave para la exploración de nuevas tecnologías y materiales sostenibles. Puesto que la adopción de estos conceptos permite implementar métodos constructivos que optimicen los procesos y promuevan una mayor eficiencia. Por ejemplo, el uso de tecnologías como la impresión 3D, ladrillos ecológicos y los sistemas de construcción modular podría transformar el diseño y la edificación de viviendas, contribuyendo a la reducción de plazos de entrega y costos. Además, la innovación podría promover una cultura de experimentación y aprendizaje dentro de las empresas constructoras, incentivando a los equipos a explorar nuevas soluciones y a reflexionar sobre las lecciones aprendidas. Este enfoque proactivo podría resultar en procesos más eficientes, posicionando a las empresas como posibles líderes en sostenibilidad dentro del contexto de la

economía circular, generando así un impacto positivo en la comunidad y el entorno de Bogotá, D.C.

La economía circular tiene el potencial de abrir nuevas oportunidades de negocio, ya que la transición hacia este modelo se enfoca en la reducción de residuos y el uso eficiente de recursos, mientras impulsa el crecimiento y desarrollo para empresas y emprendedores. A medida que las organizaciones buscan cumplir con estándares más altos de sostenibilidad, surgen demandas de productos y servicios que se alinean con estos objetivos. Además, la economía circular fomenta la creación de nuevos servicios, como consultorías en sostenibilidad y auditorías de proyectos. Esto les permite a los emprendedores establecer nichos de mercado donde pueden ofrecer su experiencia en la implementación de prácticas sostenibles. La creación de estas oportunidades beneficia tanto emprendedores como empresas, al igual que promueve el desarrollo económico local y la generación de empleo, contribuyendo a un ciclo positivo que potencia la sostenibilidad y el bienestar comunitario.

RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

La innovación es clave para avanzar hacia una construcción más sostenible. Por ello es necesario invertir en investigación para desarrollar nuevas tecnologías y materiales de construcción más eficientes y respetuosos con el medioambiente. Así mismo, se debe apoyar la creación de nuevos centros de investigación y desarrollo especializados en economía circular en el sector de la construcción, así como mecanismos de patrocinio para generar conocimiento y soluciones a medida.

Es fundamental fortalecer un marco legal claro y atractivo que incentive la construcción sostenible. Esto implica desarrollar normas y regulaciones específicas que ofrezcan beneficios tributarios, simplifiquen trámites administrativos y reconozcan públicamente a las empresas que adopten prácticas circulares. Además, se deben establecer estándares mínimos de sostenibilidad para los proyectos VIS, incluyendo requisitos de eficiencia energética, uso de materiales reciclados y gestión adecuada de residuos.

La capacitación es esencial para garantizar la implementación exitosa de la economía circular en la construcción. Se deben ofrecer programas de formación dirigidos a arquitectos, ingenieros, constructores y demás profesionales involucrados en el sector, para que adquieran las competencias necesarias para diseñar y construir edificios más sostenibles. Además, es importante crear una red de expertos y consultores especializados que puedan brindar asesoría técnica a los proyectos.

La demanda de viviendas sostenibles es un motor para impulsar la transformación del sector. De ahí que sea necesario desarrollar campañas de comunicación efectivas para informar a la ciudadanía sobre los beneficios de la construcción sostenible y fomentar la demanda de viviendas más eficientes y respetuosas con el medioambiente. También se debe involucrar a las comunidades en el diseño y la construcción de sus viviendas, para generar un mayor sentido de apropiación y participación.

El establecimiento de objetivos cuantificables es esencial en cada proyecto de construcción de VIS con un modelo de economía circular en Bogotá, D.C., dado que al definir metas claras en relación con el uso de recursos reciclados y la reducción de residuos se establece un marco de referencia para la gestión del

proyecto y se facilita la evaluación efectiva de su impacto. Estos objetivos deben ser específicos, lo que implica que cada meta deba enfocarse en aspectos concretos del proyecto, como el porcentaje de materiales reciclados por utilizar o la cantidad de residuos por minimizar. Cabe agregar que deben ser medibles para facilitar la recolección de datos y el seguimiento del progreso a lo largo de las distintas etapas de construcción, y también alcanzables, lo que significa que deben establecerse de manera realista, considerando las condiciones del mercado local y las capacidades del equipo de trabajo.

La incorporación de nuevas tecnologías es un aspecto clave en la construcción de VIS según un modelo de economía circular en Bogotá, D.C., ya que fomenta la adopción de herramientas emergentes que pueden transformar significativamente la manera en que se llevan a cabo estos proyectos. Entre estas herramientas, el Building Information Modeling (BIM) se destaca como una de las más importantes, en virtud de que permite a los equipos de diseño y construcción trabajar de manera más colaborativa y eficiente. Adicionalmente, la adopción de tecnologías emergentes, como el análisis de datos y la inteligencia artificial, puede ayudar en la toma de decisiones informadas sobre la selección de materiales, el uso eficiente de recursos y la gestión de residuos. Estas tecnologías permiten analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, lo que les brinda a los gestores información valiosa para optimizar el rendimiento del proyecto y asegurar que se cumplan los objetivos de sostenibilidad.

El monitoreo del impacto social y ambiental en la construcción de VIS acorde con un modelo de economía circular en Bogotá, D.C., es fundamental para garantizar que estos cumplan con los ODS y realmente beneficien a las comunidades a las que sirven. Para ello se recomienda desarrollar indicadores específicos que midan la satisfacción de los habitantes y evalúen la eficiencia energética de los edificios. Estos indicadores deben ser diseñados de manera participativa, involucrando al grupo de interés en el proceso de definición. Al hacerlo, se asegura que los parámetros de evaluación reflejen las verdaderas necesidades y expectativas de la población. Por ejemplo, la satisfacción de los habitantes podría medirse por medio de encuestas periódicas que evalúen aspectos como la calidad de vida, la accesibilidad a servicios básicos, la seguridad y el sentido de comunidad.

REFERENCIAS

- Adams, K., Osmani, M., Thorpe, T., & Thornback, J. (2017). Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management*, 170(1), 15-24. 10.1680/jwarm.16.00011.
- Baumgartner, R., & Rauter, R. (2017). Strategic perspectives of corporate sustainability management to develop a sustainable organization. *Journal of Cleaner Production*, 140, 81-92. 10.1016/j.jclepro.2016.04.146.
- Bautista, J., & Loaiza, N. (2016). Relación en las viviendas de interés social y desarrollo económico. *Boletín Semillas Ambientales*, 10, 32-37. <http://hdl.handle.net/11349/26937>.
- Berić, I. (2023). The impact of the circular economy approach on the project portfolio and selection process. In V. Obradović (Ed.), *Sustainable Business Change: Project Management Toward Circular Economy*, pp. 269-299. Springer International Publishing. 10.1007/978-3-031-23543-6_11.
- Bermúdez Ayala, M. A., Castro Ortiz, J. C., & Fuentes López, H. J. (2022). Déficit habitacional en los municipios PDET del litoral Pacífico. *Bitácora Urbano Territorial*, 32(3), 181-195. 10.15446/bitacora.v32n3.98342.
- Brai, E., Mangialardi, G., & Scarpelli, D. (2022). Circular living. A resilient housing proposal. *TeMA: Territorio Mobilità E Ambiente*, 15(3), 447-469. 10.6092/1970-9870/9068.
- Bravo, A., Bravo, I., Mesa, J., & Maury, A. (2021). Mechanical properties of concrete using recycled aggregates obtained from old paving stones. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6)10.3390/su13063044.

- Comisión Económica para América Latina. (2019). La Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales. Comisión Económica para América Latina (Cepal). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). *Boletín Técnico Déficit Habitacional*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional>.
- European Commission. (2014). Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/re_platform/index_en.htm.
- Fritz, G., Duarte, M. d. C., & Tavares, S. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121046. 10.1016/j.jclepro.2020.121046
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. (2017). The circular economy - A new sustainability paradigm? Elsevier Ltd. 10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- Giraldo, L. (2023). Determinantes proyectuales para la VIS de alta densidad en Bosa. Caso de estudio: Ciudadela El Recreo.
- Haro, A., Pico, J., Moína, P., Carrillo, C., & López, J. (2024). Economía circular: modelos de negocio y estrategias sostenibles (1.ª ed.). *Know Press*. <https://doi.org/10.70180/978-9942-7273-1-2>
- Hart, J., Adams, K., Giesekam, J., Tingley, D., & Pomponi, F. (2019). Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*, 80, 619-624. 10.1016/j.procir.2018.12.015
- Hodkinson, G., Martin, C., & Galal, H. (2018). Circular economy in cities evolving the model for a sustainable urban future. Geneva, Switzerland: World Economic Forum. https://www3.weforum.org/docs/White_paper_Circular_Economy_in_Cities_report_2018.pdf
- Hosseini, Z., Laratte, B., & Blanchet, P. (2023). Implementing circular economy in the construction sector: evaluating CE strategies by developing a framework. *BioResources*, 18(3), 4699-4722. 10.15376/biores.18.3.4699-4722
- Kurzydłowska, A. (2017). Project Management for circular economy projects in 7 steps, pp. 543-549. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:211817550>
- Lazaridis, G., & Narin, F. (2021). Circular economy in the building industry innovation as an incentive and its link to company growth (Master).
- Mendoza, D. (2021). Análisis del proceso de reciclado de vidrio de una empresa recicladora del estado de Morelos, bajo los principios de la economía circular.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & Ministerio de Comercio Industria y Turismo. (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular. https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2012). VIS y VIP. <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/vis-y-vip>
- Moreno, M., De los Ríos, C., Rowe, Z., & Charnley, F. (2016). A conceptual framework for circular design. *Sustainability*, 8(9).10.3390/su8090937
- Moreno, N., Sánchez, L., & Velosa, J. (2016). Introducción a la gerencia de proyectos. Universidad EAN. 10.21158/9789587564501
- Ogunmakinde, O., Egbelakin, T., & Sher, W. (2022). Contributions of the circular economy to the UN sustainable development goals through sustainable construction. *Resources, Conservation and Recycling*, 178. 106023. 10.1016/j.resconrec.2021.106023
- Osorio, A., & Castañeda, W. (2024). Propuesta de valorización de los residuos poliméricos generados en la construcción de la primera línea del metro de Bogotá con enfoque en la economía circular caso: combustible. (Master). <https://hdl.handle.net/20.500.11839/9515>
- Palacios, Á. (2024). Economía circular. (Master). <https://hdl.handle.net/11000/33078>
- Pérez, C. (2021). Propuesta de acciones para la circularidad de los residuos de construcción y demolición en los campus de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Pineda, A. (2023). Estrategias y desafíos de economía circular como oportunidades para modelos de negocio en empresas del sector de la construcción en Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84525>
- Prado, T. (2023). Gestión y valorización energética de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Culiacán (2019-2021).
- Ramírez, C. (2021). Caracterización de la economía circular en el sector de la construcción mediante su análisis e implementación en la ciudad de Bogotá (Colombia).
- Restori, D. (2018). School of industrial and information engineering circular economy in the building sector: towards a holistic framework for implementing circular economy business models.
- Ruiz, G. (2022). Economía circular: ¿un enfoque económico en la producción o en el ser humano y el medioambiente? *Revista de la Academia*, (33), pp. 84-92. <https://doi.org/10.25074/0196318.33.2312>
- Saladino, A. (2021). Exploration of the role of Circular Economy for achieving carbon neutrality in the construction industry (Master). <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/174956>.
- Sarmiento, J., Hernández, C., & Güiza, F. (2023). Complejidad en proyectos: generación de un modelo en el sector de la construcción colombiano. *Revista Científica*, 47(2), pp. 25-38. 10.14483/23448350.20386
- Scheuer, G. (2019). The Dutch construction industry: towards a circular economy (MSc. Global Business & Sustainability). <https://www.cirkelstad.nl/wp3/wp-content/uploads/2020/05/Cooperatief-veranderen.pdf#page=11&zoom=100,56,416>

- Serebrisky, T., Brichetti, J. P., Blackman, A., & Mesquita Moreira, M. (2020). Sustainable and digital infrastructure for the post-COVID-19 economic recovery of Latin America and the Caribbean: a roadmap to more jobs, integration and growth. <http://dx.doi.org/10.18235/0002571> <https://publications.iadb.org/es/publications/english/viewer/Sustainable-and-Digital-Infrastructure-for-the-Post-COVID-19-Economic-Recovery-of-Latin-America-and-the-Caribbean-A-Roadmap-to-More-Jobs-Integration-and-Growth.pdf>
- The Ellen MacArthur Foundation. (2013a). Circular economy towards - Economic and business rationale for an accelerated transition.
- The Ellen MacArthur Foundation. (2013b). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), pp. 23-44.
- Többen, J., & Opendakker, R. (2022). Developing a framework to integrate circularity into construction projects. *Sustainability*, 14(9). 10.3390/su14095136
- Todorovic, M., & Obradović, V. (2023). Circular economy and project management: the road ahead, pp. 301-314. 10.1007/978-3-031-23543-6_12
- Torres, B. (2022). Strategies for sustainable social housing in Colombia (Corso di laurea magistrale in Architettura Per Il Progetto Sostenibile). <https://webthesis.biblio.polito.it/secure/23862/1/tesi.pdf>
- Valencia, D. (2018). La vivienda sostenible, desde un enfoque teórico y de política pública en Colombia. *Revista Ingenierías de la Universidad de Medellín*, 17(33), pp. 39-56. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=137010411&site=ehost-live> 10.22395/rium.v17n33a2
- Vallejo, F. (2023). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Economía. Maestría en Economía Circular. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magíster en Economía Circular. Rueda Verde Riobamba: Impulsando la economía circular y reduciendo la contaminación ambiental
- Wautelet, T. (2018). Exploring the role of independent retailers in the circular economy: a case study approach 10.13140/RG.2.2.17085.15847
- Zarghami, A., Elghaish, F., & Bakhshi, J. (2024). Circular economy practices in the context of project management.
- Zvirgzdins, J., Plotka, K., & Geipele, S. (2019). Circular economy in built environment and real estate industry 10.3846/mbmst.2019.046