

**Gestión de proyectos para la implementación en Colombia de ladrillos verdes como los
usados en Holanda orientados a la construcción sostenible**

Elaborado por:

Angie Tatiana Rosales Angarita

Carlos Enrique González Aragón

Universidad EAN

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Posgrado

Especialización en Gerencia de Proyectos

Bogotá

16/11/2025

Contenido

	Pág.
Resumen	5
Problema de investigación.....	6
Justificación.....	7
Planteamiento del Problema	8
Antecedentes del problema.....	9
Descripción del problema	10
Pregunta de investigación.....	11
Objetivos	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Conveniencia de la Investigación	11
Marco teórico.....	12
Estado del arte	12
Teorías y modelos aplicados	14
Teoría de la Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible.....	14
Modelos de Economía Circular en Construcción	15
Modelos de Gestión de Proyectos Aplicados a Transferencia Tecnológica.....	15
Marcos conceptuales	16
Construcción Sostenible.....	16
Eco-materiales	16
Transferencia Tecnológica	16
Innovación en construcción	16
Marcos legales y normativos	17
Marco Internacional.....	17
Marco Nacional Colombiano.....	18
Marco Institucional	19
Metodología.....	22
Primer nivel.....	22
Enfoque, Alcance y Diseño de la Investigación	22
Definición de Variables	23

Población y Muestra	25
Segundo nivel.....	25
Selección de Métodos o Instrumentos para la Recolección de Información	25
Técnicas de Análisis de Datos	26
Herramientas e instrumentos para lograr los objetivos.....	27
Objetivo 1 - Instrumento: Diagnóstico tecnológico – Matriz de caracterización	27
Objetivo 2 - Instrumento: Técnica de análisis de contenido	28
Objetivo 3 - Instrumento: Grupos focales como propuesta	29
Resultados.....	30
Matriz de caracterización.....	30
Técnica de análisis de contenido	31
Técnica metodológica: Análisis de contenido ponderado (ACP)	31
Categorías de análisis.....	31
Escala de medición.....	32
Asignar ponderación	32
Análisis de contenido	33
Interpretación de resultados	34
Resultados.....	35
Grupos focales como propuesta	36
Participantes	36
Modalidad y duración	37
Guión del grupo focal.....	37
Encuesta aplicada.....	37
Resultados.....	37
Resultados del grupo focal.....	38
Conclusiones y recomendaciones.....	40
Referencias.....	41
Anexos.....	47

Lista de gráficas

Gráfica 1. Resultados de encuesta a Grupos focales.....	38
---	----

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables para el presente estudio.</i>	24
Tabla 2. <i>Relación entre instrumentos y técnicas de análisis</i>	27
Tabla 3. <i>Tecnologías evaluadas son las siguientes</i>	30
Tabla 4. <i>Escala de medición</i>	32
Tabla 5. <i>Ponderación por categoría</i>	33
Tabla 6. <i>Tabla resumen de calificación</i>	34
Tabla 7. <i>Valoración resultados</i>	35
Tabla 8. <i>Resultado análisis de contenido ponderado (ACP)</i>	35

Resumen

El sector de la construcción en Colombia presenta elevados niveles de emisiones de CO₂ y un consumo intensivo de recursos naturales debido al uso predominante de materiales tradicionales como ladrillos de arcilla y bloques de concreto. Frente a este panorama, se plantea la transferencia y adaptación de tecnologías sostenibles probadas en otros contextos, entre ellas los ladrillos verdes como los desarrollados en Holanda, fabricados a partir de materiales reciclados y procesos de baja emisión. El propósito de la investigación consiste en analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar esta tecnología en Colombia, diseñando un modelo de gestión de proyectos que permita articular a fabricantes, constructores, proveedores, entidades gubernamentales y hasta la ciudadanía. El estudio busca contribuir a la reducción de barreras de entrada en la construcción sostenible, disminuir la huella de carbono, promover la economía circular e impulsar el cumplimiento de los compromisos internacionales de sostenibilidad asumidos por el país, esto a partir de un análisis desde la gestión de proyectos.

Palabras clave: construcción sostenible, ladrillos verdes, economía circular, innovación en construcción, materiales alternativos, gerencia de proyectos, desarrollo sostenible, gestión de proyectos.

Problema de investigación

En Colombia, el sector de la construcción depende en gran medida de materiales convencionales que generan impactos ambientales significativos, lo cual se traduce en altas emisiones de gases de efecto invernadero y un elevado consumo de recursos no renovables (United Nations Environment Programme [UNEP], 2025). Esta situación se agrava por la baja adopción de tecnologías alternativas y sostenibles en comparación con países europeos, donde se han implementado con éxito modelos innovadores de producción de materiales (Respyre, 2025).

A pesar de la existencia de normativas y lineamientos en materia de construcción sostenible, su aplicación ha sido limitada debido a la percepción de altos costos iniciales, la carencia de proveedores especializados y la falta de criterios técnicos claros para su implementación (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2025). Asimismo, la industria de la construcción ha mostrado resistencia al cambio, lo que, unido a la ausencia de estrategias de transferencia tecnológica desde la gerencia de proyectos, ha obstaculizado la adopción de innovaciones en el sector (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible [CCCS], 2021a).

Diversos estudios han demostrado la viabilidad de emplear residuos de construcción y demolición en la producción de materiales alternativos. Mejía-de-Gutiérrez, Robayo-Salazar y Valencia-Saavedra (2023) resaltan el potencial de los geopolímeros elaborados a partir de estos residuos en el contexto colombiano. De manera similar, Robayo-Salazar, Mejía-de-Gutiérrez y Mulford-Carvajal (2016) comprobaron la factibilidad de producir elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente.

La experiencia internacional confirma que la implementación de estas tecnologías requiere de un modelo de gestión de proyectos que asegure la viabilidad técnica, económica y

ambiental. En Holanda, empresas como StoneCycling han desarrollado materiales innovadores como los WasteBasedBricks, logrando integrar principios de economía circular con éxito comercial (StoneCycling/Front, 2025).

En consecuencia, la problemática principal radica en la ausencia de una estrategia integral de gerencia de proyectos que facilite la transferencia e implementación de tecnologías sostenibles como los ladrillos verdes en Colombia. De mantenerse esta situación, se desaprovecharía una oportunidad clave para transformar el sector hacia la sostenibilidad, limitando los beneficios ambientales, sociales y económicos que estas innovaciones pueden aportar al país.

Justificación

La presente investigación resulta pertinente dado que aborda uno de los principales retos del sector de la construcción en Colombia: su alto impacto ambiental y la baja adopción de tecnologías sostenibles. La implementación de los ladrillos verdes mediante un modelo de gestión de proyectos constituye una alternativa innovadora con beneficios en múltiples dimensiones.

Desde la perspectiva ambiental, la propuesta permite reducir emisiones de CO₂, aprovechar residuos reciclables y disminuir el consumo de recursos no renovables. En el ámbito económico, contribuye a la generación de nuevas cadenas de valor, favorece la reducción de costos en el mediano y largo plazo y fortalece la competitividad del sector. Por otro lado, desde el plano social, fomenta la creación de empleo en industrias vinculadas al reciclaje y promueve la mejora en la calidad de vida de las comunidades urbanas.

A nivel académico y metodológico, el presente proyecto busca aportar a la construcción de un modelo replicable de gestión de proyectos orientado a la implementación de tecnologías sostenibles, sirviendo de guía para futuras investigaciones y prácticas en el ámbito de la ingeniería civil. Además, se alinea con los compromisos internacionales de sostenibilidad y con las políticas nacionales de transición hacia la economía circular.

Planteamiento del Problema

La problemática principal radica en cómo transferir y adaptar una tecnología de ladrillos verdes desarrollada en Holanda en el contexto colombiano, teniendo en cuenta la normatividad aplicable, la disponibilidad de materiales, las herramientas técnicas y tecnológicas, la demanda y aceptación del mercado y las condiciones socioeconómicas locales.

En este momento, no existe una estrategia integral desde la gerencia de proyectos que articule a fabricantes, constructores, entes gubernamentales, proveedores y la ciudadanía misma para implementar esta tecnología y otras tecnologías emergentes de una forma clara y estructurada. La ausencia de un plan bien diseñado dificulta el cumplimiento de requisitos técnicos, económicos y ambientales.

La oportunidad de mejora deseada es diseñar un prototipo de modelo de gestión de proyectos que permita la implementación exitosa tecnologías sostenibles emergentes en Colombia, con un caso de estudio particular como lo son los ladrillos verdes. Así, se busca ir reduciendo las barreras de entrada al sector de la construcción y aprovechando los beneficios del desarrollo que otros países y culturas han ido trabajando. Esto contribuirá a disminuir la huella de carbono, mejorar el uso de recursos, innovar en un sector de difícil adaptación a los cambios y por último,

pero no menos importante, aportarle al país con sus compromisos de sostenibilidad en el marco internacional.

Antecedentes del problema

En Colombia y en el mundo, el sector de la construcción es uno de los mayores generadores de emisiones de CO₂ (38% aproximadamente) y del consumo intensivo de recursos naturales (40% aproximadamente), debido al uso necesario de materiales tradicionales como ladrillos de arcilla, bloques de concreto y acero, entre otros. Por ello, en los procesos de extracción y procesos productivos, se requieren altos gastos energéticos, se generan bastantes emisiones contaminantes y se demanda la extracción de recursos no renovables.

Aunque se cuenta con gran cantidad de normativas, iniciativas y programas para incentivar la construcción sostenible, la implementación de tecnologías nuevas sigue siendo limitada. Dentro de las principales dificultades se encuentran la falta de preparación técnica, la percepción de altos costos iniciales, la falta de proveedores especializados, la resistencia al cambio y la falta de criterios claros que faciliten su aplicación a gran escala.

En contraste, en países europeos como Holanda se han desarrollado y ya están en uso tecnologías como los ladrillos verdes, fabricados a partir de materiales reciclados y procesos de baja emisión, que han probado su viabilidad técnica y económica, además de sus beneficios ambientales. El éxito de este tipo de iniciativas en dichos países entre otros se ha potenciado por la implementación de metodologías de gestión de proyectos que han permitido planificar, coordinar y controlar de manera efectiva todas las fases, desde la prefactibilidad hasta la operación de proyectos de construcción, involucrando a actores clave como fabricantes,

diseñadores, constructores, operarios y clientes, optimizando la práctica de la ingeniería y por ende, los recursos naturales.

Descripción del problema

En Colombia, el sector de la construcción tiene una fuerte relación y dependencia de materiales tradicionales como ladrillos de arcilla y bloques de concreto (dependiendo de la región y sus canteras cercanas), con un uso marginal de alternativas sostenibles. La tecnología de ladrillos verdes o ladrillos vivos desarrollada en Holanda por la empresa Respyre, basada en materiales reciclados y procesos de bioingeniería de baja emisión, representa una solución viable para reducir el impacto ambiental del sector. Sin embargo, su implementación en Colombia enfrenta retos como:

- Poco conocimiento técnico sobre su fabricación y aplicación.
- Escasa o casi nula infraestructura para el procesamiento de materiales reciclables con calidad uniforme.
- Normas técnicas que no contemplan de manera específica estos productos.
- Creencia local de costos elevados y riesgo de adopción por parte de constructoras y clientes.
- Falta de un plan de introducción que articule a fabricantes, diseñadores, constructores, proveedores, entidades gubernamentales y clientes finales.

La falta de una estrategia integral de gerencia de proyectos impide una transferencia tecnológica efectiva y limita el aprovechamiento de los beneficios ambientales, sociales y económicos que esta innovación podría aportar. Sin un plan estructurado, con fases definidas y una gestión coordinada de recursos, la implementación de ladrillos vivos en Colombia seguirá

siendo marginal, desaprovechando una oportunidad clave para el desarrollo sostenible del sector y del país.

Pregunta de investigación

¿Cómo implementar en Colombia una tecnología de construcción sostenible basada en ladrillos verdes desarrollada en Holanda, asegurando su viabilidad técnica, económica y ambiental mediante una adecuada gestión de proyectos?

Objetivos

Objetivo general

Analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar en Colombia la tecnología de ladrillos verdes o vivos desarrollada en Holanda, mediante un modelo de gestión de proyectos que promueva la construcción sostenible en Colombia.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de la construcción sostenible en Colombia, con énfasis en el uso de materiales alternativos al ladrillo tradicional.
- Identificar las características técnicas, ambientales y económicas de los ladrillos verdes de Holanda y su potencial de adaptación al contexto colombiano.
- Evaluar las barreras y oportunidades para la implementación de esta tecnología en el sector de la construcción nacional.

Conveniencia de la Investigación

Esta investigación es conveniente porque permitirá a dos ingenieros civiles, estudiantes de la especialización en Gerencia de Proyectos, aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar e

implementar una solución innovadora que responda a una necesidad real del sector de la construcción en Colombia: la reducción de impactos ambientales mediante el uso de ladrillos verdes.

El proyecto aportará beneficios directos al sector al proponer un modelo de transferencia tecnológica desde Europa, adaptado a las condiciones locales, que incluya planificación, control de recursos, gestión de riesgos y articulación de actores clave.

La relevancia radica en su potencial para generar impactos ambientales positivos, promover la economía circular y fortalecer la competitividad empresarial. A nivel metodológico, constituirá una guía replicable para otros proyectos de innovación en construcción sostenible. En el ámbito académico, contribuirá al desarrollo de competencias avanzadas en gerencia de proyectos aplicadas a la ingeniería civil.

Marco teórico

Estado del arte

La construcción sostenible se ha consolidado en las últimas décadas como un eje fundamental en la transformación del sector edificador, debido al alto impacto ambiental que genera el uso de materiales tradicionales. Según el Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2025), el sector de la construcción es responsable del 38 % de las emisiones globales de CO₂ y del 40 % del consumo de recursos naturales. Estas cifras han motivado el desarrollo de investigaciones y prácticas innovadoras orientadas a reducir el consumo energético, la huella de carbono y la presión sobre recursos no renovables.

A nivel internacional, se han implementado múltiples estrategias para enfrentar esta problemática. En Europa, proyectos como WasteBasedBricks de la empresa StoneCycling han demostrado la viabilidad técnica y comercial de utilizar residuos de construcción y demolición en la fabricación de ladrillos sostenibles (StoneCycling/FRONT, 2025). Asimismo, la empresa Respyre en Holanda ha desarrollado ladrillos verdes mediante bioingeniería, los cuales promueven la absorción de contaminantes y aportan a la construcción de ciudades adaptativas al clima (Respyre, 2025).

En el ámbito académico, diversas investigaciones han confirmado el potencial de los residuos para la producción de materiales alternativos. Robayo-Salazar, Mejía-de-Gutiérrez y Mulford-Carvajal (2016) evidenciaron la viabilidad de producir elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente. De manera complementaria, Mejía-de-Gutiérrez, Robayo-Salazar y Valencia-Saavedra (2023) resaltaron el potencial de los geopolímeros obtenidos de residuos de construcción y demolición en Colombia.

A nivel global, Colorado, Muñoz y Monteiro (2022) analizaron la economía circular aplicada al manejo de residuos de construcción y demolición en Colombia, destacando la urgencia de un modelo de gestión que permita la valorización de estos materiales. Igualmente, Yadav, Singh, Bhat y Sharma (2024) realizaron una revisión sistemática sobre la fabricación de ladrillos a partir de plásticos reciclados, concluyendo que los eco-ladrillos pueden convertirse en una alternativa viable frente a materiales tradicionales, siempre que se desarrollen marcos regulatorios y económicos adecuados.

En Asia y África también se han reportado avances en materiales alternativos. Por ejemplo, Kumar et al. (2023) documentaron la incorporación de residuos agroindustriales en la fabricación de ladrillos, mientras que Akinyemi et al. (2022) exploraron la producción de bio-ladrillos a partir de hongos, demostrando mejoras en aislamiento térmico y reducción de emisiones.

En contraste, en Colombia, aunque existen avances normativos y académicos, la aplicación práctica sigue siendo limitada. El Estado de la Construcción Sostenible en Colombia (CCCS, 2021b) señala que, a pesar de la existencia de marcos regulatorios, persisten barreras relacionadas con la percepción de altos costos, falta de proveedores especializados y resistencia al cambio cultural en el sector. Esta situación evidencia una brecha significativa respecto a experiencias internacionales, que podría abordarse mediante la adopción de modelos de gestión de proyectos que integren transferencia tecnológica, sostenibilidad e innovación.

Teorías y modelos aplicados

Teoría de la Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible

El marco conceptual de la sostenibilidad se fundamenta en el Informe Brundtland (1987), que definió el desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las de futuras generaciones. Esta teoría ha sido adoptada por la ONU y se refleja en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) y el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) (ONU, 2015).

En el contexto de la construcción, la sostenibilidad implica equilibrar aspectos ambientales, económicos y sociales a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, desde la planeación hasta la

demolición. Según Geng et al. (2019), la economía circular aplicada al sector construcción permite prolongar la vida útil de materiales, reducir residuos y promover la eficiencia de recursos.

Modelos de Economía Circular en Construcción

La Fundación Ellen MacArthur (2019) resalta que la economía circular constituye un paradigma que transforma el modelo lineal de producción-consumo-descarte hacia un ciclo regenerativo. En el sector de la construcción, Colorado et al. (2022) identificaron tres ejes fundamentales: reducción en el consumo de materiales vírgenes, reutilización de residuos y reciclaje de componentes constructivos.

Estos principios han sido aplicados en Europa con resultados positivos. Pacheco-Torgal y Jalali (2011) documentaron experiencias exitosas de incorporación de residuos industriales en eco-ladrillos, resaltando beneficios en desempeño mecánico y ambiental.

Modelos de Gestión de Proyectos Aplicados a Transferencia Tecnológica

La gestión de proyectos, según el Project Management Institute (PMI, 2021), proporciona metodologías estandarizadas para planear, ejecutar, monitorear y cerrar proyectos de manera eficiente. En el ámbito de la construcción sostenible, el uso de modelos como PMBOK, PRINCE2 y enfoques ágiles ha permitido estructurar procesos de innovación y transferencia tecnológica.

Autores como Turner (2016) sostienen que la gerencia de proyectos constituye una herramienta clave para superar barreras de implementación tecnológica, ya que integra actores

diversos, gestiona riesgos y optimiza recursos. En este sentido, la implementación de ladrillos verdes en Colombia podría beneficiarse de un modelo de gestión adaptado al contexto local, articulando gobierno, industria y ciudadanía.

Marcos conceptuales

Construcción Sostenible

Entendida como el diseño, edificación y operación de infraestructuras que minimicen el impacto ambiental y maximicen beneficios sociales y económicos (CCCS, 2021b).

Eco-materiales

Materiales de construcción fabricados con residuos reciclados, bajo consumo energético y reducida huella de carbono (Yadav et al., 2024).

Transferencia Tecnológica

Proceso mediante el cual se adoptan y adaptan tecnologías extranjeras en un contexto local, requiriendo ajustes normativos, técnicos y culturales (García & Velasco, 2020).

Innovación en construcción

Introducción de procesos, materiales o modelos de gestión que mejoren la eficiencia y sostenibilidad del sector (Pacheco-Torgal, 2014).

Marcos legales y normativos

El marco legal y normativo constituye un elemento fundamental para orientar la implementación de tecnologías sostenibles en el sector de la construcción, dado que establece los parámetros técnicos, ambientales y sociales bajo los cuales deben operar las empresas, los profesionales y los proyectos en este ámbito. En el caso de los ladrillos verdes, resulta indispensable revisar tanto la normativa internacional como la nacional, considerando su articulación con estándares técnicos y lineamientos de sostenibilidad.

Marco Internacional

A nivel global, el Acuerdo de París (2015) se configura como el principal instrumento jurídico internacional para mitigar el cambio climático. Este acuerdo obliga a los Estados signatarios, entre ellos Colombia, a establecer políticas y estrategias orientadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual impacta directamente en el sector de la construcción al ser uno de los mayores emisores de CO₂ (UNEP, 2025).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015, incluye los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), dentro de los cuales destacan el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) y el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles). Ambos objetivos llaman a fomentar prácticas constructivas que reduzcan impactos ambientales, promuevan materiales sostenibles e impulsen la innovación tecnológica.

Asimismo, la Unión Europea ha emitido directrices como la *Directiva 2010/31/UE sobre eficiencia energética de los edificios* y la *Estrategia de la Ola de Renovación (Renovation Wave,*

2020), que promueven el uso de materiales con baja huella de carbono y la transición hacia edificaciones de energía casi nula (*Nearly Zero-Energy Buildings, nZEB*). Aunque estas directrices no aplican directamente en Colombia, constituyen referentes relevantes para la transferencia de tecnologías como los ladrillos verdes, provenientes de contextos europeos.

En el ámbito técnico, las normas ISO 14001:2015 (Gestión ambiental) e ISO 21930:2017 (Sostenibilidad en la construcción – Declaraciones ambientales de productos) establecen criterios de gestión y evaluación del ciclo de vida de los materiales de construcción, siendo herramientas de referencia para garantizar la compatibilidad internacional de productos como los eco-ladrillos.

Marco Nacional Colombiano

En Colombia, el marco normativo en materia de construcción sostenible ha avanzado en los últimos años con la expedición de leyes, resoluciones y estándares técnicos:

Ley 99 de 1993. Creó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y estableció principios rectores de política ambiental, que obligan a incorporar criterios de sostenibilidad en sectores productivos, incluida la construcción.

Resolución 0549 de 2015 (MinVivienda). Establece lineamientos para la construcción sostenible en edificaciones nuevas, regulando aspectos como el uso eficiente del agua, la energía y los materiales.

Resolución 0194 de 2025 (MinVivienda). Actualiza los parámetros técnicos para edificaciones sostenibles, incorporando criterios más estrictos en torno a la eficiencia energética, uso de residuos y huella de carbono.

Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Aunque su énfasis está en la seguridad estructural, incluye disposiciones relacionadas con la calidad de los materiales, abriendo espacio para la inclusión de nuevos productos como los ladrillos verdes, siempre que cumplan requisitos técnicos.

Reglamentos ICONTEC (NTC). Entre los cuales se encuentra la **NTC 6732 (2018)** que establece criterios técnicos para la utilización de materiales reciclados en construcción, y la **NTC 5324 (2018)** sobre requisitos generales de sostenibilidad en edificaciones.

El **Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)**. Este se encuentra en articulación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ha publicado documentos técnicos y líneas base de emisiones que guían a empresas y profesionales hacia la implementación de prácticas sostenibles (CCCS, 2021a, 2021b).

Marco Institucional

La Universidad EAN, es el espacio académico donde se desarrolla la presente investigación. En concordancia con su misión institucional, que se centra en la formación de líderes innovadores, éticos y comprometidos con el desarrollo sostenible, la EAN constituye el escenario idóneo para promover proyectos que vinculen la sostenibilidad con la gerencia de proyectos. El estudio sobre la implementación de ladrillos verdes de origen holandés en el sector de la construcción en Colombia se articula con las líneas institucionales de investigación que priorizan el emprendimiento, la sostenibilidad y la gestión responsable de los recursos.

La Especialización en Gerencia de Proyectos, en la cual se inscribe esta investigación, constituye un espacio de formación que integra metodologías y modelos de gestión reconocidos internacionalmente, adaptándolos al contexto colombiano. Esta orientación académica facilita la construcción de propuestas aplicadas a sectores clave como el de la construcción, que demandan soluciones sostenibles y de alto impacto.

Desde una perspectiva institucional, la EAN ha consolidado un enfoque transversal en sostenibilidad, expresado en sus políticas, investigaciones y proyectos. Su campus universitario cuenta con edificaciones certificadas bajo estándares internacionales de sostenibilidad y eficiencia energética, lo que evidencia un compromiso coherente con el objeto de estudio de esta investigación. En este sentido, el proyecto sobre ladrillos verdes encuentra un marco institucional favorable que reconoce la importancia de la innovación en materiales de construcción como mecanismo para reducir la huella ambiental del sector.

La universidad, además, dispone de grupos de investigación categorizados por Minciencias, entre los que destacan aquellos que abordan problemáticas relacionadas con ingeniería, sostenibilidad, innovación y gerencia de proyectos. Estos grupos generan publicaciones y proyectos que alimentan la discusión académica sobre la economía circular, el uso de residuos en procesos productivos y la adaptación de tecnologías sostenibles, lo que refuerza la pertinencia de este estudio.

La articulación entre el proyecto investigativo y el marco institucional también se manifiesta en la capacidad de la Universidad EAN para establecer alianzas estratégicas con empresas, entidades gubernamentales y organizaciones internacionales. Dichas alianzas

representan una oportunidad para transferir conocimiento y validar propuestas como la implementación de los ladrillos verdes en el mercado colombiano, fortaleciendo así la aplicabilidad del modelo de gestión de proyectos que se plantea.

En cuanto a los procesos institucionales de formación e investigación, la universidad promueve la generación de proyectos con impacto social y ambiental, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la economía circular. Este marco de referencia respalda la investigación, ya que la construcción sostenible y la reducción de emisiones de carbono son aspectos prioritarios en la agenda académica y de responsabilidad social de la institución.

Por lo tanto, la Universidad EAN se configura no solo como el espacio académico en el cual se desarrolla la investigación, sino también como una institución que encarna los principios que sustentan el proyecto. Su orientación hacia la sostenibilidad, su estructura académica basada en la innovación y la gerencia de proyectos, y su compromiso con el desarrollo del país la convierten en un escenario ideal para estudiar la viabilidad de transferencia tecnológica de los ladrillos verdes.

Así pues, el marco institucional de la Universidad EAN fortalece el presente proyecto al proporcionar las bases académicas, investigativas y metodológicas necesarias para analizar y proponer soluciones aplicables al sector de la construcción en Colombia. De esta manera, la investigación se alinea con la filosofía institucional y contribuye a materializar su compromiso con la sostenibilidad, la innovación y el desarrollo responsable.

Metodología

Primer nivel

Enfoque, Alcance y Diseño de la Investigación

El presente estudio se desarrolla bajo un enfoque mixto, ya que combina elementos cualitativos y cuantitativos. El componente cualitativo permite comprender las percepciones, barreras y oportunidades que los actores del sector de la construcción en Colombia identifican frente a la implementación de ladrillos verdes. El componente cuantitativo, por su parte, facilita medir la viabilidad técnica, económica y ambiental de la tecnología, apoyándose en encuestas y análisis de datos estadísticos.

En cuanto al alcance, la investigación se clasifica como descriptiva y aplicada. Es descriptiva en la medida en que caracteriza la situación actual del sector de la construcción sostenible en Colombia y el potencial de adopción de ladrillos verdes; y es aplicada porque busca proponer un modelo de gestión de proyectos para la transferencia tecnológica de esta innovación.

El diseño de investigación es de tipo no experimental, transversal. No experimental porque no existe manipulación de variables, sino observación y análisis de condiciones ya existentes; y transversal porque la recolección de información se realiza en un único momento. Este diseño es apropiado para explorar fenómenos sociales y tecnológicos en un tiempo determinado, como lo señalan Hernández-Sampieri y Mendoza (2018).

Definición de Variables

La investigación considera variables conceptuales y operacionales que permiten medir aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales relacionados con la implementación de ladrillos verdes en Colombia.

- Definición conceptual

Construcción sostenible. Práctica de diseñar, edificar y operar infraestructuras con criterios de eficiencia en el uso de recursos y reducción de impactos ambientales (CCCS, 2021b).

Ladrillos verdes. Materiales de construcción desarrollados a partir de residuos reciclados y procesos de baja emisión, diseñados para reducir la huella de carbono y promover la economía circular (Respyre, 2025).

Economía circular. Modelo económico que busca mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, reduciendo la generación de residuos y cerrando ciclos productivos (Colorado et al., 2022).

Gestión de proyectos. Aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para cumplir con los requisitos planteados (PMI, 2021).

Aceptación del mercado. Grado en que clientes, constructoras y entidades gubernamentales perciben y adoptan una innovación tecnológica en el sector (Rogers, 2003).

- Definición operacional

La siguiente tabla resume la operacionalización de variables:

Tabla 1. *Operacionalización de variables para el presente estudio.*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
Construcción sostenible	Reducción de impactos ambientales en la edificación (CCCS, 2021b)	Se medirá a través de indicadores de eficiencia energética, uso de materiales reciclados y reducción de emisiones de CO ₂	Eficiencia energética, materiales, huella de carbono
Ladrillos verdes	Materiales de construcción fabricados con residuos reciclados y baja emisión (Respyre, 2025)	Se evaluará por sus propiedades técnicas (resistencia, durabilidad), costo comparado y beneficios ambientales	Viabilidad técnica, viabilidad económica, impacto ambiental
Economía circular	Modelo de aprovechamiento de recursos y residuos (Colorado et al., 2022)	Se medirá por la proporción de materiales reciclados empleados y la reducción de residuos enviados a vertederos	Reutilización, reciclaje, reducción
Gestión de proyectos	Aplicación de metodologías para cumplir objetivos de un proyecto (PMI, 2021)	Se evaluará mediante la identificación de fases, herramientas y actores clave para la implementación de ladrillos verdes	Planificación, control, gestión de riesgos
Aceptación del mercado	Nivel de adopción de nuevas tecnologías (Rogers, 2003)	Se medirá a través de encuestas a empresas constructoras y clientes finales sobre percepción de costos, calidad y sostenibilidad	Percepción de costos, percepción de calidad, disposición a adoptar

Nota. Elaboración propia

Población y Muestra

La población objetivo de la investigación está conformada por actores clave del sector de la construcción en Colombia:

- Empresas constructoras.
- Fabricantes de materiales de construcción.
- Proveedores de insumos reciclables.
- Funcionarios de entidades gubernamentales relacionadas con vivienda y sostenibilidad.
- Usuarios finales (compradores de viviendas sostenibles).

Se estima una población total de aproximadamente 200 actores relevantes, distribuidos en Bogotá y ciudades principales como Medellín, Cali y Barranquilla, donde la construcción sostenible ha tenido mayor avance (MinVivienda, 2025).

El muestreo será no probabilístico por conveniencia, seleccionando a los participantes de acuerdo con su experiencia y relevancia para el tema de estudio. Se propone trabajar con una muestra de 40 participantes: 15 representantes de constructoras, 10 fabricantes de materiales, 5 proveedores, 5 funcionarios gubernamentales y 5 clientes finales. Esta distribución asegura la diversidad de perspectivas y la representatividad de los principales actores del ecosistema de la construcción sostenible.

Segundo nivel

Selección de Métodos o Instrumentos para la Recolección de Información

Para la recolección de información se utilizarán los siguientes instrumentos:

Encuestas estructuradas. Dirigidas a representantes de empresas constructoras, fabricantes y clientes, con ítems de escala Likert de 1 a 5 que evalúan percepciones sobre viabilidad técnica, económica y ambiental de los ladrillos verdes.

Entrevistas semiestructuradas. Aplicadas a funcionarios del Ministerio de Vivienda y expertos del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, con preguntas abiertas sobre políticas, normativas y barreras de implementación.

Análisis documental. Revisión de informes técnicos, normativas y artículos científicos sobre construcción sostenible, economía circular y gestión de proyectos, utilizando bases de datos Scopus, WoS y Scielo.

Estos instrumentos han sido seleccionados por su pertinencia y validez en estudios similares sobre innovación en la construcción (Mejía-de-Gutiérrez et al., 2023; Yadav et al., 2024).

Técnicas de Análisis de Datos

Los datos recolectados serán analizados mediante un enfoque mixto:

Análisis cuantitativo. Se aplicará estadística descriptiva para identificar tendencias y patrones en las encuestas (media, desviación estándar, frecuencias). También se emplearán análisis de correlación de Pearson para explorar relaciones entre percepciones de costo, calidad y disposición a adoptar la tecnología.

Análisis cualitativo. Se utilizará el método de análisis de contenido para las entrevistas y documentos, codificando las respuestas y categorizando las principales barreras, oportunidades y

lineamientos normativos. Según Flick (2018), este método permite identificar significados y patrones discursivos en los datos cualitativos.

Tabla 2. *Relación entre instrumentos y técnicas de análisis*

Instrumento	Técnica de análisis	Descripción
Encuestas	Estadística descriptiva y correlacional	Identificación de percepciones sobre viabilidad y aceptación de los ladrillos verdes
Entrevistas	Análisis de contenido	Codificación de respuestas y categorización de barreras y oportunidades
Documentos	Análisis documental comparado	Síntesis de normativas, informes y estudios académicos

Nota. Elaboración propia

Herramientas e instrumentos para lograr los objetivos

Objetivo 1 - Instrumento: Diagnóstico tecnológico – Matriz de caracterización

Permite comparar y diagnosticar tecnologías de construcción sostenible (p. ej., ladrillos verdes y fachadas VertiScape).

- Columnas de la matriz:
- Tecnología / producto
- Descripción técnica
- Proveedor / desarrollador
- Casos / proyectos en Colombia
- Requisitos normativos

- Indicadores técnicos
- Indicadores ambientales
- Costos estimados
- Factibilidad de producción local
- Riesgos / barreras
- Oportunidades / sinergias
- Fuentes / evidencia
- Prioridad piloto

Ejemplo de registro (VertiScape - Respyre):

Panel prefabricado con capa bioreceptiva; mejora aislamiento y captura contaminantes.

Casos: EAN Legacy. Requiere validación NSR-10. Alta prioridad piloto.

Objetivo 2 - Instrumento: Técnica de análisis de contenido

Análisis de contenido acotado a dimensiones técnicas y ambientales. Aplicado sobre fichas técnicas, informes LCA y documentación de proyectos sostenibles.

Categorías de codificación:

- COMP: Composición / materia prima
- RES_COMP: Resistencia a compresión (MPa)
- DENS: Densidad (kg/m³)

- ABS_AGUA: Absorción de agua (%)
- COND_TERM: Conductividad térmica (W/mK)
- HUELLA_CO2: Huella de carbono (kg CO₂e/m² o unidad)
- ENER_FAB: Consumo energético de fabricación (kWh/unidad)
- DUR: Durabilidad estimada (años)
- INST: Requisitos de instalación
- COMPAT_NSR: Compatibilidad normativa NSR-10

Procedimiento: construir corpus de fichas técnicas y LCAs, extraer variables, codificar y comparar resultados con normativas locales. El análisis cuantifica atributos y brechas técnicas para adaptación en Colombia.

Objetivo 3 - Instrumento: Grupos focales como propuesta

Grupos focales para evaluar barreras y oportunidades en el sector construcción. Diseño propuesto:

- 4 grupos temáticos: constructoras (LEED), fabricantes/proveedores, certificadores/gremios, academia (EAN, ECCI).
- 6–10 participantes por sesión. Duración: 90–120 minutos.
- Moderador con experiencia técnica; asistente para notas y grabación (con consentimiento).
- Formato: presencial o virtual.

- Guía de preguntas: barreras técnicas, requisitos normativos, costos vs ciclo de vida, incentivos, alianzas piloto.
- Análisis: transcripción, codificación temática (barreras técnicas, regulatorias, de mercado).
- Consentimiento: autorización de grabación y uso anonimizado de la información para fines de investigación.

Resultados

Matriz de caracterización

Para el desarrollo de la matriz de caracterización, se realiza una investigación exhaustiva de las tecnologías disponibles en cuanto a fachadas verdes, con el fin de evaluar si la idea planteada por esta investigación tiene validez y cuáles son las tecnologías que compiten en un mismo mercado de infraestructura y de acabados exteriores enfocados a la construcción sostenible.

Para esto, se busca contenido académico y comercial, y se logra construir una base importante que permite realizar comparaciones enfocadas a la parte técnica, normativa, ambiental, de costos y de factibilidades de implementación y de producción local, teniendo en cuenta los riesgos y barreras y las oportunidades y sinergias que cada tecnología ofrece.

Tabla 3. *Tecnologías evaluadas son las siguientes*

No.	Tecnología
1	Fachada verde con plantas enredaderas o trepadoras
2	Módulos/paneles prefabricados (tray/panel modular de siembra)*
3	Sistema pockets/fieltro

No.	Tecnología
4	Paneles de musgo preservado
5	Ladrillos vegetados o con sustrato
6	Paneles hidropónicos / aeropónicos (pared viva sin sustrato)
7	Bolsas de matera/macetas colgantes (simples)
8	Paneles con suculentas / sistemas de baja humedad (xerojardín vertical)
9	Pantallas / mallas vegetadas (plantas enredaderas en mallas móviles)
10	Sistemas híbridos integrados (fachada vegetal + climatización / energía)

Nota. Elaboración propia

*En este punto es muy importante resaltar que la tecnología que esta investigación ha tratado de abarcar, se emplaza en la tecnología 2, de paneles prefabricados y son propios de tecnologías desarrolladas en Holanda.

La matriz se presenta como un anexo a este documento dada la extensión de la misma.
(ver Anexo 1)

Técnica de análisis de contenido

Técnica metodológica: Análisis de contenido ponderado (ACP)

Esta técnica combina el análisis de contenido cualitativo, una evaluación multicriterio y realiza ponderaciones para las cuales se definen los pesos de cada criterio. Es muy usada en proyectos académicos y de investigación aplicada donde se comparan tecnologías y a nivel gerencial para la toma de decisiones

El proceso de desarrollo de esta técnica consiste en los siguientes pasos:

Categorías de análisis

Si bien la matriz de caracterización da una idea, no todos los puntos que ahí se presentan permiten generar un análisis, por eso se filtran y resultan las siguientes categorías a evaluar:

- Disponibilidad en Colombia
- Casos y proyectos en Colombia
- Requisitos normativos
- Indicadores técnicos
- Indicadores ambientales
- Costos estimados
- Factibilidad de producción local
- Oportunidades y sinergias

Escala de medición

Las categorías se convierten en variables escalares, es decir con un valor de medición con puntuaciones entre 1 y 5, con las siguientes consideraciones:

Tabla 4. *Escala de medición*

Valor	Interpretación
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

Nota. Elaboración propia

Asignar ponderación

Esta ponderación depende de cada caso particular de estudio o de la técnica de análisis usada. Para este caso, teniendo en cuenta el desarrollo del estudio y la caracterización, se propone la siguiente distribución de pesos ponderados:

Tabla 5. Ponderación por categoría

Categoría	Peso (%)
Disponibilidad en Colombia	10%
Casos y proyectos en Colombia	5%
Requisitos normativos	15%
Indicadores técnicos	15%
Indicadores ambientales	15%
Costos estimados	20%
Factibilidad de producción local	10%
Oportunidades y sinergias	10%
Total	100%

Nota. Elaboración propia

Estos valores tienen en cuenta la importancia de selección para la toma de decisiones y por ejemplo, el costo para proyectos de infraestructura en Colombia, es el más importante al ser un país con limitaciones en los presupuestos de ejecución, después están los requisitos técnicos, ambientales y normativos, luego la disponibilidad y factibilidad de producción local y las oportunidades y por último y como un factor más de apreciación, los casos de éxito en Colombia como referentes.

Análisis de contenido

Este proceso implica la recolección de información, en este caso particular ya se cuenta con una matriz que conjuga toda la investigación en un solo documento y que permite realizar en análisis de manera sencilla y precisa.

Para esto también se precisa codificar las posibles respuestas con la escala de medición para los casos en donde no se cuenta con una caracterización del tipo bajo – medio – alto, por ejemplo en los Requisitos normativos. Para este caso, se tiene en cuenta que todo lo relacionado con fachadas y cubiertas verdes está regulado por el Acuerdo 418 de 2009 del concejo de Bogotá, la resolución

6423 de 2011 y la resolución 1570 de 2014 de la secretaría de medio ambiente de Bogotá. Y de esto, se desprende el cumplimiento normativo del código colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, para el cual, los primeros entes de control son las curadurías urbanas. Estas deberán verificar el cumplimiento normativo referente a anclajes, diseños estructurales, accesos, diseños eléctricos y diseños hidráulicos, entre otros. Por lo tanto, se entiende que entre más requisitos se contemplan para una tecnología, menor será su puntuación y viceversa.

De la misma forma, se evaluarán los casos de éxito, los indicadores ambientales y técnicos, así como las oportunidades y sinergias. Mientras tanto, la disponibilidad, los costos y la factibilidad de producción local, cuentan con una escala fácil de puntuar.

Así, se cuenta con la siguiente tabla resumen de calificación:

Tabla 6. *Tabla resumen de calificación*

No.	Tecnología	Disponibilidad en Colombia	Casos/proyectos en Colombia	Requisitos normativos	Indicadores técnicos	Indicadores ambientales	Costos estimados	Factibilidad de producción local	Oportunidades y sinergias	Puntaje ponderado
	Peso	10%	5%	15%	15%	15%	20%	10%	10%	100%
1	Fachada verde con plantas enredaderas o trepadoras	5	5	4	3	5	5	5	5	4,55
2	Módulos/paneles prefabricados (tray/panel modular de siembra)	4	4	4	4	4	3	4	4	3,8
3	Sistema pockets/filtro	5	4	3	3	3	4	4	4	3,65
4	Paneles de musgo preservado	3	2	3	2	1	2	2	2	2,1
5	Ladrillos vegetados o con sustrto	1	1	2	3	5	2	3	3	2,65
6	Paneles hidropónicos / aeropónicos (pared viva sin sustrato)	3	2	4	5	5	1	4	4	3,5
7	Bolsas de materia/macetas colgantes (simples)	5	3	3	2	2	4	4	4	3,3
8	Paneles con suculentas / sistemas de baja humedad (xerojardín vertical)	4	3	3	3	2	3	3	3	2,95
9	Pantallas / mallas vegetadas (plantas enredaderas en mallas móviles)	5	4	4	3	4	5	5	5	4,35
10	Sistemas híbridos integrados (fachada vegetal + climatización / energía)	1	1	2	5	5	1	3	3	2,75

Nota. Elaboración propia

Interpretación de resultados

Para leer los resultados de la tabla de ponderación, es necesario generar una interpretación en palabras que desliguen la calificación de un mero valor numérico. Esto permite darle sentido y

lógica al resultado y ver en qué grado es aplicable la implementación de cada tecnología en Colombia.

Tabla 7. *Valoración resultados*

Calificación	Interpretación
0-1	No viable
1-2	Poco viable
2-3	Viabilidad moderada
3-4	Viable
4-5	Muy viable

Nota. Elaboración propia

Resultados

Con todas las disposiciones de este estudio, se tiene como resultado la siguiente tabla con la viabilidad de implementación de estas tecnologías en Colombia, sabiendo que ya hay proyectos en el país y que hay disponibilidad de producirlas localmente.

Tabla 8. *Resultado análisis de contenido ponderado (ACP)*

No.	Tecnología	Puntaje ponderado	Viabilidad
1	Fachada verde con plantas enredaderas o trepadoras	4,55	Muy viable
2	Módulos/paneles prefabricados (tray/panel modular de siembra)	3,8	Viable
3	Sistema pockets/fieltro	3,65	Viable
4	Paneles de musgo preservado	2,1	Viabilidad moderada
5	Ladrillos vegetados o con sustrato	2,65	Viabilidad moderada
6	Paneles hidropónicos / aeropónicos (pared viva sin sustrato)	3,5	Viable
7	Bolsas de matera/macetas colgantes (simples)	3,3	Viable
8	Paneles con suculentas / sistemas de baja humedad (xerojardín vertical)	2,95	Viabilidad moderada

No.	Tecnología	Puntaje ponderado	Viabilidad
9	Pantallas / mallas vegetadas (plantas enredaderas en mallas móviles)	4,35	Muy viable
10	Sistemas híbridos integrados (fachada vegetal + climatización / energía)	2,75	Viabilidad moderada

Nota. Elaboración propia

Para el caso particular de los paneles de fachadas verticales, el resultado es que su implementación es viable en Colombia y resta iniciar un plan de divulgación de la tecnología con proveedores, constructores y demás actores del sector de la construcción para visibilizar el producto e iniciar su implementación en el país.

Grupos focales como propuesta

Con este instrumento buscamos evaluar las barreras, oportunidades y condiciones necesarias para la implementación de la tecnología de ladrillos verdes en Colombia, desde la perspectiva de los principales actores del sector construcción. Para ello, se propone utilizar grupos focales como técnica cualitativa que permita la interacción, el contraste de experiencias y la construcción colectiva de información relevante, es decir, comprender cómo perciben los actores del sector la viabilidad técnica, económica, ambiental y regulatoria de los ladrillos verdes y/o fachadas verdes.

Participantes

Se contó con cuatro grupos focales, cada uno con actores clave distintos para garantizar diversidad de perspectivas:

GF1 – Constructoras y desarrolladores: 8 participantes

GF2 – Fabricantes y proveedores: 6 participantes

GF3 – Sector público y organismos técnicos: 7 participantes

GF4 – Academia y expertos: 6 participantes

Total: 27 participantes

Modalidad y duración

- Modalidad: Mixta (presencial Bogotá + virtual con plataforma Teams + encuestas).
- Duración: 90–120 min por sesión.

Guión del grupo focal

- ¿Cómo describen el nivel actual de adopción de materiales sostenibles en sus proyectos?
- ¿Qué oportunidades ven en el uso de ladrillos fabricados con residuos?
- ¿Qué requisitos consideran indispensables para cumplir la NSR-10 o las NTC aplicables?
- ¿Perciben costos más altos en este tipo de tecnologías? ¿Invertirían si hubiera beneficios en ciclo de vida?
- ¿Qué instituciones deberían liderar un piloto en Colombia?
- ¿Qué incentivos gubernamentales serían necesarios para aumentar la adopción?

Encuesta aplicada

Escala Likert 1 a 5 (1 = muy en desacuerdo, 5 = muy de acuerdo)

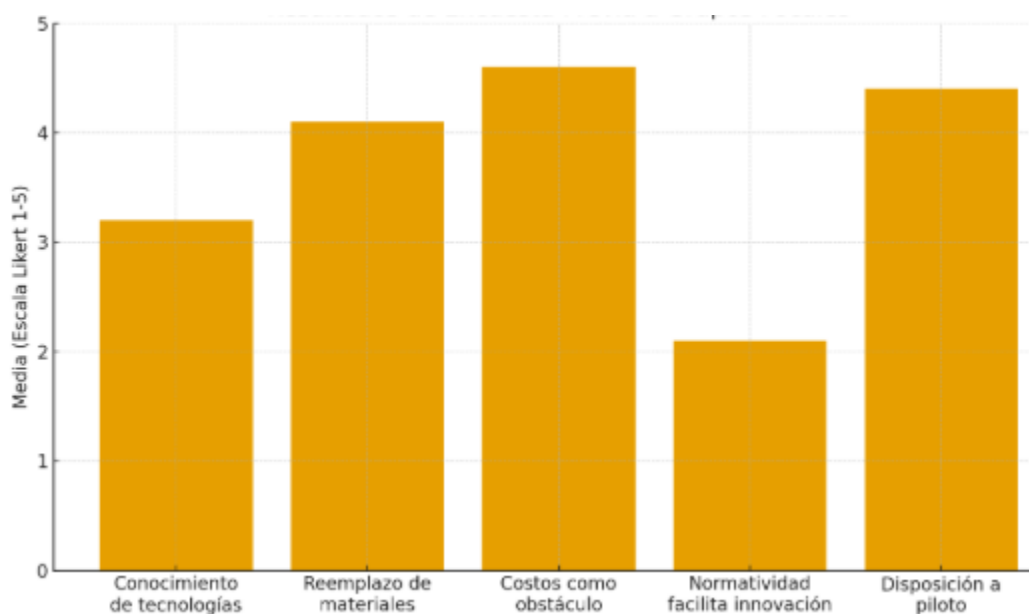
N = 27 participantes

Resultados

- Conozco tecnologías basadas en residuos aplicables en construcción – Media: 3.2
- Los ladrillos verdes podrían reemplazar parcialmente materiales tradicionales – Media: 4.1
- Los costos iniciales son un obstáculo – Media: 4.6

- La normatividad actual facilita la innovación – Media: 2.1
- Estaría dispuesto a participar en un piloto – Media: 4.4

Gráfica 1. Resultados de encuesta a Grupos focales



Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta aplicada en 2025.

Resultados del grupo focal

Categorías emergentes:

A. Barreras técnicas:

- Falta de pruebas de resistencia específicas para clima tropical
- Incertidumbre sobre comportamiento ante humedad alta
- Desconocimiento normativo

B. Barreras económicas:

- Percepción de mayor costo
- Falta de incentivos tributarios

- Ausencia de modelos financieros para innovación

C. Barreras normativas:

- Resolución 0194 de 2025 aún limitada
- Falta de lineamientos técnicos locales
- Ausencia de laboratorios especializados

D. Oportunidades:

- Integración con economía circular
- Aumento de proyectos LEED/EDGE
- Interés académico creciente

E. Incentivos sugeridos:

- Certificación rápida.
- Deducciones tributarias.
- Inclusión en compras públicas sostenibles.

F. Posibles alianzas clave:

- Universidad EAN

ICONTEC

- Constructora con certificación LEED
- MinVivienda
- Proveedor local de RCD
- Empresa holandesa Respyre

Conclusiones y recomendaciones

El desarrollo del marco teórico, basado en el estado del arte de la construcción sostenible en Colombia y todo el desarrollo conceptual, legal y normativo, permitió llevar a cabo un estudio del uso de materiales alternativos al ladrillo de arcilla para fachadas en Colombia por medio de un instrumento de caracterización del tipo matricial. Esto representa un diagnóstico del uso de materiales sostenibles alternativos y se concluye que, en Colombia, hay un mercado incipiente en tecnologías nuevas de fachadas verdes que permiten su implementación amparada en las normas y que traen beneficios técnicos y ambientales que contribuyen al desarrollo sostenible del país. Así mismo, el desarrollo de tecnologías de fachadas verdes en Colombia se está dando tanto a nivel privado como en instituciones públicas.

Con el fin de identificar y evaluar la posible implementación de tecnologías como la de los llamados ladrillos verdes o paneles prefabricados, se aprovechó la matriz de caracterización y se realizó un análisis de contenido ponderado, la cual evaluó no solo la tecnología en cuestión sino todas las alternativas del mercado y se pudo concluir que los paneles objeto de estudio cuentan con una buena viabilidad (3.8), cercana a muy viable, con opciones de mejorar en temas de costos y con una mejor apertura de mercado en el país. Por lo tanto, es posible pensar en realizar labores comerciales para desarrollar dicha tecnología en Colombia.

El uso de grupos focales permitió identificar que la implementación de ladrillos verdes en Colombia es viable, pero requiere superar barreras técnicas, económicas y normativas. Existe alto interés del mercado, especialmente para proyectos sostenibles. Un proyecto piloto es fundamental para validar desempeño, costos y aceptación del mercado.

Referencias

United Nations Environment Programme. (2025, March 17). Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025. <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction-20242025>

SincoSoft SAS. (2025). Retos e iniciativas para el sector de la construcción hacia 2025. <https://blog.sinco.co/retos-e-iniciativas-para-el-sector-de-la-construccion-hacia-2025>

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021). Línea base de emisiones de GEI del sector de edificaciones en Colombia. <https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2023/02/29.-Linea-base-de-las-emisiones-de-sector-de-las-edificaciones.pdf>

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021). Estado de la Construcción Sostenible en Colombia I. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2022/07/Estado-de-la-construccion-sostenible-en-Colombia.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025). Construcción sostenible (portal y lineamientos). <https://minvivienda.gov.co/tags/construccion-sostenible>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025, abril 11). Resolución 0194 de 2025. <https://www.minvivienda.gov.co/normativa-y-descargas/normativa/resolucion-194-2025>

Mejía-de-Gutiérrez, R., Robayo-Salazar, R., & Valencia-Saavedra, W. (2023). Potenciales geopoliméricos de residuos de la construcción y demolición en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 47(184), 889–901. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.2079>

Robayo-Salazar, R. A., Mejía de Gutiérrez, R., & Mulford-Carvajal, A. J. (2016).

Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente.

Facultad de Ingeniería, 25(43), 21–30. <https://doi.org/10.19053/01211129.v25.n43.2016.5294>

StoneCycling/Front. (2025). How it's made: WasteBasedBricks. <https://www.front-materials.com/how-its-made/wastebasedbricks/>

Respyre. (2025). Climate-adaptive cities by imitating nature. <https://www.gorespyre.com/technology>

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021a). Línea base de emisiones de GEI del sector de edificaciones en Colombia. <https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2023/02/29.-Linea-base-de-las-emisiones-de-sector-de-las-edificaciones.pdf>

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021b). Estado de la construcción sostenible en Colombia I. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2022/07/Estado-de-la-construccion-sostenible-en-Colombia.pdf>

Mejía-de-Gutiérrez, R., Robayo-Salazar, R., & Valencia-Saavedra, W. (2023). Potenciales geopoliméricos de residuos de la construcción y demolición en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 47(184), 889–901. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.2079>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025). Construcción sostenible: Portal y lineamientos. <https://minvivienda.gov.co/tags/construccion-sostenible>

Respyre. (2025). Climate-adaptive cities by imitating nature. <https://www.gorespyre.com/technology>

Robayo-Salazar, R. A., Mejía-de-Gutiérrez, R., & Mulford-Carvajal, A. J. (2016).

Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente.

Facultad de Ingeniería, 25(43), 21–30. <https://doi.org/10.19053/01211129.v25.n43.2016.5294>

StoneCycling/Front. (2025). How it's made: WasteBasedBricks. <https://www.front-materials.com/how-its-made/wastebasedbricks>

United Nations Environment Programme. (2025, marzo 17). Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025. <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction-20242025>

Colorado, H. A., Muñoz, A., & Monteiro, S. N. (2022). Circular economy of construction and demolition waste: A case study of Colombia. *Sustainability*, 14(12), 7225. <https://doi.org/10.3390/su14127225>

Yadav, K., Singh, A., Bhat, O. N., & Sharma, R. L. (2024). Transforming waste into innovation: A review of plastic bricks as sustainable construction materials. *Discover Civil Engineering*, 1, Article 38. <https://doi.org/10.1007/s44290-024-00040-8>

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021b). Estado de la construcción sostenible en Colombia I. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2022/07/Estado-de-la-construccion-sostenible-en-Colombia.pdf>

Colorado, H. A., Muñoz, A., & Monteiro, S. N. (2022). Circular economy of construction and demolition waste: A case study of Colombia. *Sustainability*, 14(12), 7225. <https://doi.org/10.3390/su14127225>

Mejía-de-Gutiérrez, R., Robayo-Salazar, R., & Valencia-Saavedra, W. (2023). Potenciales geopoliméricos de residuos de la construcción y demolición en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 47(184), 889–901.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.2079>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025). Construcción sostenible: Portal y lineamientos. <https://minvivienda.gov.co/tags/construccion-sostenible>

Universidad EAN. (s. f.). Edificio Legacy / Project Legacy. Universidad EAN.
<https://universidadean.edu.co/la-universidad/sedes/edificio-ean-legacy>

Respyre. (2024). VertiScape: products & technology.
<https://www.gorespyre.com/technology>

Respyre. (2024, abril 10). Introducing Respyre's VertiScape facades and roof tiles for sustainable urban solutions. <https://www.gorespyre.com/blog/introducing-respyres-vertiscap-facades-and-roof-tiles-for-sustainable-urban-solutions>

Cámara de Comercio de Bogotá. (s. f.). Clúster de Construcción.
<https://www.ccb.org.co/services/we-strengthen-your-sector/sector-initiatives/cluster-construction>

Universidad ECCI. (s. f.). Repositorio institucional. <https://www.ecci.edu.co/>

US Green Building Council. (s. f.). LEED project directory – Colombia.
<https://www.usgbc.org/projects?Country=%5B%22Colombia%22%5D>

Constructora Bolívar. (s. f.). Certificaciones LEED / EDGE.
<https://www.constructorabolivar.com/certificaciones>

Radić, M., Brković, D., & Dakić, D. (2019). Green facades and living walls — A review establishing a classification system. *Sustainability*, 11(17), 4579.

<https://doi.org/10.3390/su11174579>.

El Menshawy, A. S., et al. (2022). A comparative study on green wall construction systems. *Journal / Conference*. <https://doi.org/10.1016/j.something> (artículo sobre características comparadas de sistemas de muros verdes).

Secretaría Distrital de Ambiente — Bogotá. (s. f.). Techos verdes y jardines verticales (guía y catálogo local). <https://www.ambientebogota.gov.co/techos-verdes-y-jardines-verticales>.

Radujković, M., Versele, A., & Breesch, H. (2024). Exploratory analysis of a novel modular green wall's impact on indoor temperature and energy consumption in residential buildings: a case study from Belgium. *Energies*, 17, 5267. <https://doi.org/10.3390/en17215267>.

Adaptation Community / Implementation Guideline. (2024). Implementation Guideline - Green walls and green roofs (comparación y recomendaciones sobre sistemas modulares vs. hidropónicos). (Documento técnico/guía).

Proveedor/ejemplo comercial (Colombia): Naturalbox SAS. (s. f.). Jardines verticales y paneles de siembra. Naturalbox. <https://www.naturalbox.co/>

El Menshawy, A. S., et al. (2022). A comparative study on green wall construction systems - incluye descripción de sistemas tipo pocket/felt.

Florafelt. (s. f.). Florafelt Pocket Panels — Install Guide (guía de instalación y características técnicas de paneles tipo bolsillos). <https://florafelt.com/florafelt-pocket-panels-install-guide>

Moss Fusion. (s. f.). Preserved moss wall panels (product page — descripción técnica y uso interior). <https://mossfusion.com/products/moss-wall-panels>

Mercado Libre Colombia / Ubuy (vendedores locales). (s. f.). Musgo preservado — fichas comerciales y disponibilidad en Colombia (ejemplos de oferta comercial).

<https://www.mercadolibre.com.co> / <https://www.ubuy.com.co>

Rautray, P., Roy, A., Mathew, D. J., & Eisenbart, B. (2019). Bio-Brick — Development of sustainable and cost-effective building material (Proceedings of ICED19). (Desarrollo y caracterización de bio-ladrillos).

Fraunhofer UMSICHT. (2020). BioBrick: Biomass for sustainable brick production (proyecto y prensa técnica sobre producción de ladrillos con residuos de biomasa). <https://www.umsicht-suro.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/2020/BioBrick.html>.

Abd El-Hady, R. E., et al. (2023). Thermal performance evaluation of bio-bricks and alternative bricks (Scientific Reports). (estudios LCA / desempeño térmico de bio-ladrillos).

Shi, X., et al. (2025). A review of research progress in vertical farming on optimization and living wall integration. Sustainability, 17(3), 921. <https://doi.org/10.3390/su17030921>.

Riley, B. (2017). The state of the art of living walls: Lessons learned (review sobre sistemas hidropónicos y basados en sustrato). Energy and Buildings / Building Research (artículo de revisión).

Revisión técnica: Vertical hydroponic farming for indoor: A review (2024) — revisión de diseño y eficiencia hídrica/energética.

Homecenter Colombia / Pepo Home & Garden. (s. f.). Materas 18 bolsillos / materas verticales - ficha técnica comercial. <https://www.homecenter.com.co/>. (producto y especificaciones comerciales sobre materas de geotextil).

Shawna Coronado. (2014). Living wall garden with succulent plants (prácticas y recomendaciones para muros de suculentas — guía práctica / diseño). (blog/guía).

Vertín (empresa — Colombia). (s. f.). Muros verdes y pantallas vegetadas — proyectos en Bogotá y Medellín (catálogo de experiencias locales). <https://www.vertinvertical.com/>.

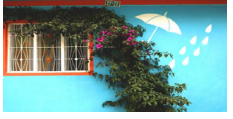


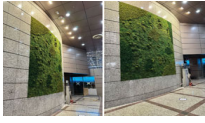




Wang, W. T., et al. (2023). Green roofs and facades with integrated photovoltaic systems: review and design considerations. (Artículo sobre integración PV-verde). Science of the Total Environment / Energy journal.

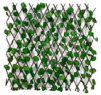

Zluwa, I. (2021). The Combination of Building Greenery and Photovoltaic: Planning principles for multifunctional systems. Sustainability, 13(3), 1537.
<https://doi.org/10.3390/su13031537>.

Anexos

1. Matriz de caracterización

ANEXO 1

No.	Tecnología	Descripción técnica	Proveedores/Desarrolladores	Disponibilidad en Colombia	Casos/Proyectos en Colombia	Requisitos normativos	Indicadores técnicos	Indicadores ambientales	Costos estimados	Factibilidad producción local	Riesgos y barreras	Oportunidades y sinergias	Fuentes/Evidencias	Foto	Fuente imágenes
1	Fachada verde con plantas enredaderas trepadoras	Estructura con o sin malla/cables y plantas trepadoras (depende de la especie y del anterior de fachada); riego básico y sin afectaciones a fachadas ya construidas. Bajo mantenimiento	Vertin, Naturalbox, Groncol	Alta	Varias fachadas vegetadas en Bogotá, Medellín y otras ciudades del país, a nivel público y privado.	Anclajes, humedad, permisos urbanos	% cobertura vegetal, densidad de plantación (pl/m²), requerimiento hídrico (L/m² día), carga adicional (kg/m²), mantenimiento (hrs/m²/mes)	Mitigación isla de calor (ΔT local), captura de partículas (PM), aumento de biodiversidad local, retención lluvia (L/m²)	Bajo-medio (depende de jardinería y riego); desde unos pocos cientos a ~USD 20-80 / m² instalados en soluciones muy básicas	Muy alta	Daños a fachada si no hay separación ventilada; plagas; riego insuficiente; estética variable.	Bajo costo, mejora estética, fácil integración con sistemas de RIEGO pluvial y huertas urbanas	Guías Secretaría Distrital de Ambiente y Jardín Botánico de Bogotá		Fuente: Bogotá.gov.co por Karen Estupiñán
2	Módulos/paneles prefabricados (tray/panel modular de siembra)	Paneles modulares rígidos (plástico/metal/compuesto) con sustrato y plantas integradas, encajables en estructura; sistema irrigado con riego por goteo central o individual	Naturalbox, Vertin, Ecotelhado	Media-Alta	Santalia, Hotel B3 en Bogotá	Diseño estructural, protección contra humedad, accesos para mantenimiento; curaduría urbana y norma local según ubicación	Vida útil panel (años), caudal de riego (L/h por panel), conductividad del sustrato, peso saturado (kg/m²), modularidad (módulos/m²).	Retención de lluvia, biodiversidad por módulo, ahorro energético (estacional)	Medio (USD ~40-200 / m² instalado, depende panel y automatización)	Media	Costo inicial, fallo en riego automatizado, reemplazo de módulos con plantas que no se adaptan	Rapidez de instalación, integración con sistemas IoT de riego, reutilización de paneles	Proveedores locales		Fuente: Sempergreen
3	Sistema pockets/filtro	Panel textil con bolsillos (fieltro/geo-textil) cosidos o termo-soldados, se fijan a soporte; sustrato reducido, riego por goteo	Naturalbox, Vertin, instaladores que los usan	Media	Oficinas, proyectos de interiores y locales comerciales	Controles de humedad interior/externo, mantenimiento intensivo	Retención sustrato (L/kg), reemplazo de bolsillos (años), tasa de evapotranspiración	Menor masa vegetal por m² que panel modular; contribución estética y microclima	Bajo-medio (más económico que paneles rígidos por m²)	Alta (confección textil local)	Degradación del textil, drenaje insuficiente, mayor mantenimiento	Económico y adaptable	Casos locales		Fuente: Vertin sistema de jardín vertical de costura textil
4	Paneles de musgo preservado	Musgo preservado fijado en paneles (no vivo) — estética, no requiere riego ni sustrato; único para interior o zonas protegidas	Distribuidores de musgo preservado musgos.com.co	Alta	Interiores corporativos - Cámara de comercio bogotá, calle 26	Verificar inflamabilidad	Mantenimiento = muy bajo, vida útil en interior (años), inflamabilidad (revisar tratamiento)	Captura de CO₂ real es baja (no vivo), mejora acústica interior	Medio (paneles decorativos interior: USD ~25-120 / m² según calidad)	Limitada por el origen de los musgos	No aporta servicios ecosistémicos vivos y es limitado en exteriores	Ideal interiores	Proveedores Colombia		Fuente: Musgos preservados caso de Cámara de comercio de Bogotá
5	Ladrillos vegetados con sustrato	Bloques o ladrillos que incorporan sustrato/plantas (modulares, rellenables); pueden formar muros portantes o decorativos	Fabricantes experimentales	Baja	Prototipos académicos	Norma mampostería si afecta fachada	Resistencia mecánica, porosidad, capacidad de retención hídrica, modularidad	Potencial para incorporar residuos (materiales reciclados), contribución a biodiversidad si son vivos	Variable; prototipos caros, sistematización reduce costos	Posible (fabricación de ladrillo modular con aditivos locales), requiere I+D.	Certificación estructural, durabilidad, mantenimiento	Vinculación economía circular	Proyectos académicos		Fuente: ICA España Sport Bio brick de Brightwell Aquatics
6	Paneles hidropónicos / aeropónicos (pared viva sin sustrato)	Sistemas con nubes en agua (nutrient solution) o niebla nutritiva; estructura con canales y bombas; control de nutrientes y pH	Empresas hidroponía, Helecho ciudades naturales	Media	Huertas y muros comestibles en interiores y algunos exteriores protegidos	Seguridad eléctrica, manejo de aguas y nutrientes	Consumo energético (bombas), rendimiento productivo (kg/m²), consumo de agua (L/kg), necesidad de fertilización	Eficiencia hídrica (mayor que suelo si cerrado), posibilidad de producción de alimentos urbanos	Medio-alto (equipamiento y control).	Moderada (componentes eléctricos/bombas importadas; montaje local).	Complejidad operativa, riesgo de contaminación, dependencia de electricidad.	Producción de alimentos, investigación agroubana.	Huertas urbanas y proveedores locales		Fuente: Helecho, Sistema cangurú
7	Bolsas de macetas colgantes (simples)	Macetas individuales o bolsas ancladas a la fachada o estructura; riego manual o por goteo	Viveros, ferreterías y paisajistas locales	Muy alta	Uso común en proyectos de vivienda y de tipo comercial	Peso puntual y anclajes seguros	Densidad de macetas por m², retención agua, frecuencia riego.	Contribución local a biodiversidad y microclima, limitada comparada a muros continuos.	Bajo (económico por m²)	Muy alta y muy común en Colombia	Estética variable y mantenimiento intensivo	Fácil de conseguir y de instalar, incita a la participación comunitaria como lo hacen las huertas	Casos locales		Fuente: Coolbe, Bolsas de cultivo de flores de pared, bolsillo vertical
8	Paneles con suculentas / sistemas de baja humedad (xerojardín vertical)	Paneles con sustrato especial para suculentas, plantas de bajo riego; sistema pobre en sustrato y con drenaje	Viveros especializados	Media	Fachadas con suculentas en climas secos o protegidos	Similares a paneles modulares; diseño para retención mínima de agua	Consumo hídrico muy bajo, mantenimiento reducido, peso reducido	Menor consumo agua; habitable para fauna pequeña	Medio (variables según panel).	Alta (viveros locales producen suculentas).	Selección ecológica de especies según microclima	Ahorro hídrico y estética moderna	Viveros locales		Fuente: Jardines y cubiertas vegetales blogspot de Paisajismo sostenible

9	Pantallas / mallas vegetadas (plantas enredaderas en mallas móviles)	Mallas, celosías o pantallas sobre estructura metálica; uso de enredaderas y cobertura densa	Paisajistas urbanos e instaladores de fachadas verdes	Alta	Espacios públicos y privados, centros comerciales y oficinas	Anclajes y mantenimiento	Tasa de cobertura (meses para cobertura total), carga	Mitigación solar y de ruido; hábitat para invertebrados	Bajo-medio	Alta	Daño fachada si no hay cámara ventilada y mantenimiento alto	Económico y efectivo	Casos Medellín/Bogotá		Fuente: Suescun, Malla expandible para follaje o enredadera
10	Sistemas híbridos integrados (fachada vegetal + climatización / energía)	Integración de muros verdes con fachadas ventiladas, paneles solares o sistemas de recuperación de agua; enfoque sistémico	Estudios de arquitectura sostenible y empresas de fachadas.	Media-baja	Edificios institucionales como la cárcel de Tutuá, Santalía y Hotel B3 en Bogotá	Integración con diseño estructural y normas eléctricas/agua	Ahorro energético (%), integración RWH (L recuperados), performance térmico.	Alta eficiencia global del edificio	Alto (diseño y ejecución a medida)	Media (requiere ingeniería interdisciplinaria)	Costo y complejidad	Gran impacto sostenible, grandes ganancias en sostenibilidad y visibilidad	Proyectos destacados y tropicalcommons		Fuente: Revista Focus 2017, daniel segura y Groncol

No.	Tecnología	Disponibilidad en Colombia	Casos/proyectos en Colombia	Requisitos normativos	Indicadores técnicos	Indicadores ambientales	Costos estimados	Factibilidad de producción local	Oportunidades y sinergias	Puntaje ponderado	Viabilidad
	Peso	10%	5%	15%	15%	15%	20%	10%	10%	100%	
1	Fachada verde con plantas enredaderas o trepadoras	5	5	4	3	5	5	5	5	4,55	Muy viable
2	Módulos/paneles prefabricados (tray/panel modular de siembra)	4	4	4	4	4	3	4	4	3,8	Viable
3	Sistema pockets/filtro	5	4	3	3	3	4	4	4	3,65	Viable
4	Paneles de musgo preservado	3	2	3	2	1	2	2	2	2,1	Viabilidad moderada
5	Ladrillos vegetados o con sustrto	1	1	2	3	5	2	3	3	2,65	Viabilidad moderada
6	Paneles hidropónicos / aeropónicos (pared viva sin sustrato)	3	2	4	5	5	1	4	4	3,5	Viable
7	Bolsas de materia/macetas colgantes (simples)	5	3	3	2	2	4	4	4	3,3	Viable
8	Paneles con suculentas / sistemas de baja humedad (xerojardín vertical)	4	3	3	3	2	3	3	3	2,95	Viabilidad moderada
9	Pantallas / mallas vegetadas (plantas enredaderas en mallas móviles)	5	4	4	3	4	5	5	5	4,35	Muy viable
10	Sistemas híbridos integrados (fachada vegetal + climatización / energía)	1	1	2	5	5	1	3	3	2,75	Viabilidad moderada