

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.



Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

Eduar Camilo Rodriguez Cortes

Ingeniero Civil

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Marzo de 2025

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

Eduar Camilo Rodriguez Cortes
Ingeniero Civil

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor(a)
Mgtr Sergio Andrés Zabala Vargas
Doctor en Tecnología Educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos
Marzo de 2025

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

Contenido

Resumen.....	5
Abstract	6
Introducción	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1 Descripción del problema.....	11
1.2 La pregunta de investigación	11
1.3 Los objetivos de investigación	11
1.3.1 Objetivo general	11
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 Justificación de la investigación	12
2. MARCO DE REFERENCIA	13
2.1. Estado del Arte	14
2.2. Marco Teórico	16
2.2.1 Construcción sostenible	16
2.2.2 Materiales ecológicos en la construcción	17
2.2.3 Producción de ecobloques	17
2.2.4 Beneficios y aplicaciones de los ecobloques.....	17
2.2.5 Gestión de proyectos y materiales sostenibles	18
2.3. Marco normativo.....	18
3. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Enfoque y alcance de la investigación	20
3.2. Población y muestra	20
3.3. Instrumento(s).....	21
3.4. Descripción de procedimientos	21
3.5. Análisis y recolección de información.....	22
3.6. Consideraciones éticas	23
4. HIPÓTESIS Y VARIABLES	24
4.1 HIPOTESIS.....	24
4.2 VARIABLES	24

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

4.2.1	Variables Independientes	25
4.2.2	Variables Dependientes.....	25
5.	RESULTADOS	26
5.1	RESULTADOS Y ANALISIS DE INSTRUMENTO	26
5.1.1	Introducción al Análisis.....	28
5.1.2	Screening de la Literatura	28
5.1.3	Análisis Bibliométrico con VOSviewer	28
5.1.4	Fichas Bibliométricas y Análisis.....	29
5.1.5	Discusión de Hallazgos.....	30
5.2	PROPUESTA	31
5.3	DISCUSIÓN.....	32
6.	CONCLUSIONES	33
	Referencias.....	35

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

Resumen

Para esta investigación, se utilizaron las bases de datos de Google Scholar, Scielo y EBSCO, ofreciendo una vista de la gestión de proyectos y metodologías de construcción y de cómo la correcta selección de materiales ayuda a la planificación y logro de objetivos.

En este caso, se realizó un análisis de cómo en Colombia la construcción genera un impacto ambiental considerable, teniendo en cuenta que el 40 % de la energía producida en el territorio se dedica exclusivamente a la construcción (Rocha, 2020). Además de esto, se generan contaminantes tanto en la producción como en los procesos constructivos.

Debido a esto, se ha experimentado con una gran cantidad de materiales en búsqueda de aumentar la eficiencia y economía en construcción. Una de las soluciones que cada vez tiene mayor relevancia y acogida son los materiales ecológicos, ya que son materiales generalmente producidos con materiales reciclados y, en muchos casos, tienen características especiales.

En la actualidad, el uso de materiales ecológicos se limita a grandes empresas, las cuales pueden permitirse la implementación de nuevos métodos constructivos. Es importante generar un mayor conocimiento del uso y beneficios que los materiales ecológicos pueden ofrecer.

La investigación arrojó como resultado que la utilización de este tipo de materiales reciclados o ecológicos reduce el impacto ambiental de la industria de la construcción debido a sus materias primas, a sus procesos de producción más amigables con el medio ambiente y a su menor desperdicio.

Se puede concluir que los materiales ecológicos deberían ser el futuro de la construcción en el país, ya que estos mejoran en aspectos ambientales, costos y rendimiento. Lograr aumentar el uso de este tipo de materiales mitigaría problemas ambientales, como el de los residuos de construcción que generan un colapso en los rellenos sanitarios en los principales municipios y ciudades del país (Álvarez et al., 2020).

Palabras clave: Mampostería, Bloques Ecológicos, Materiales Reciclados, Metodologías constructivas, Beneficios, Costos, Impacto Ambiental

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

Abstract

This document was developed based on a qualitative methodology, analyzing the relationship and impact of conventional construction material production and how ecological materials contribute to environmental preservation.

For this research, databases such as Google Scholar, Scielo, and EBSCO were used, providing an overview of project management and construction methodologies, as well as how the appropriate selection of materials aids in planning and achieving objectives.

In this case, an analysis was conducted on how construction in Colombia generates a significant environmental impact, considering that 40% of the energy produced in the country is exclusively allocated to the construction sector (Rocha, 2020). Additionally, pollutants are generated both during material production and construction processes.

As a result, extensive experimentation has been conducted with various materials in the pursuit of increasing efficiency and cost-effectiveness in construction. One of the most relevant and increasingly adopted solutions is the use of ecological materials, which are generally produced from recycled components and, in many cases, possess special properties.

Currently, the use of ecological materials is mainly limited to large companies that can afford to implement new construction methods. It is essential to increase awareness of the use and benefits that these materials can provide.

The research findings indicate that the use of recycled or ecological materials reduces the environmental impact of the construction industry due to their raw material sources, more environmentally friendly production processes, and reduced waste generation.

It can be concluded that ecological materials should be the future of the construction industry in the country, as they offer improvements in environmental impact, cost efficiency, and performance. Increasing the adoption of these materials would help mitigate environmental issues such as construction waste, which is currently causing landfill overflow in major municipalities and cities across the country (Álvarez et al., 2020).

Keywords: Masonry, Eco-Blocks, Recycled Materials, Construction Methodologies, Benefits, Costs, Environmental Impact

Introducción

En la actualidad, la construcción de cualquier estructura puede incluir diversos sistemas constructivos y una gran variedad de materiales. Aunque los materiales tradicionales siguen siendo los más utilizados debido a su confiabilidad, las nuevas tecnologías y estudios han permitido la producción de materiales ecológicos elaborados con productos reciclados (Kusha, 2011). Estos materiales ofrecen alternativas innovadoras a los convencionales, como ladrillos y bloques, abriendo nuevas posibilidades en la construcción de elementos estructurales y no estructurales.

El auge de los materiales reciclados ha ido en aumento debido a las ventajas que ofrecen en términos de fabricación y desempeño. En muchos casos, presentan costos de producción más bajos gracias a la reutilización de desechos industriales, además de beneficios adicionales como mayor rendimiento por metro cuadrado, facilidad de ensamblaje, resistencia al fuego, menor peso y acabados más limpios (M&A, 2022). Sin embargo, a pesar de sus ventajas, su producción aún no se realiza a gran escala y su uso está limitado a proyectos específicos de pequeña y mediana magnitud.

Uno de los principales retos para la implementación masiva de estos materiales radica en la falta de normatividad clara en los códigos de construcción. En varios países, incluyendo Colombia, no existen regulaciones bien definidas que respalden su uso en proyectos de gran envergadura, lo que genera incertidumbre en los constructores y diseñadores (J. Gómez et al., 2019). Asimismo, la ausencia de certificaciones específicas y pruebas de desempeño a largo plazo contribuye a que muchas empresas prefieran continuar utilizando materiales tradicionales, que ya cuentan con aprobación normativa y mayor disponibilidad en el mercado.

Otro factor para considerar es la capacitación de la mano de obra. Como ocurre con cualquier innovación en la industria, la implementación de materiales ecológicos requiere trabajadores capacitados en su correcta aplicación. No obstante, muchas empresas no invierten en la formación de sus colaboradores en estos nuevos métodos constructivos, lo que dificulta su adopción generalizada (S. Rovira, 2017).

El objetivo de esta investigación es analizar la viabilidad técnica y económica de los materiales ecológicos dentro del sector de la construcción en Colombia. Se busca generar confianza en su uso, promoviendo la inversión en investigación y desarrollo para mejorar sus propiedades y facilitar su integración en procesos automatizados de fabricación e instalación. Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, se evaluará cómo la implementación de estos materiales puede contribuir a reducir el impacto ambiental de la industria de la construcción, optimizar costos y generar beneficios estratégicos para las empresas.

La creciente conciencia ambiental en el sector ha favorecido la adopción de soluciones sostenibles, respaldadas por certificaciones ecológicas y normativas enfocadas en la reducción de la huella de carbono. Sin embargo, la viabilidad a largo plazo de los materiales ecológicos dependerá de la reducción en sus costos de producción, su aplicación en proyectos de gran escala y la capacitación de la mano de obra en estos nuevos procesos constructivos. La combinación de innovación, regulación y formación será clave para transformar estos materiales de una alternativa experimental a una solución ampliamente adoptada en la industria.

Este documento se estructura en seis capítulos. En el Capítulo 1, se plantea el problema de investigación y se justifica la necesidad de explorar el uso de materiales ecológicos en la construcción. En el Capítulo 2, se desarrolla el marco de referencia, recopilando antecedentes, normativas y estudios previos sobre el tema. En el Capítulo 3, se describe la metodología empleada en la investigación, detallando las técnicas de análisis utilizadas. En el Capítulo 4, se presentan las hipótesis que guían el estudio. En el Capítulo 5, se analizan los resultados obtenidos a partir de la recopilación y estudio de datos. Finalmente, en el Capítulo 6, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación. Esta propuesta se llevó a cabo en el proceso de formación generado en la especialización en gerencia de proyectos de UNIMINUTO, particularmente en lo expuesto en (Zabala-Vargas et al., 2024).

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia, al ser un país en constante evolución y potenciada por grandes intereses internacionales en sus diferentes industrias, ha experimentado un crecimiento continuo en los proyectos constructivos. Cada vez es más común ver estructuras modernas y de mayor magnitud, ya sean industriales, de vivienda o edificaciones en general. Con este crecimiento acelerado, el país ha visto la necesidad de modernizarse para equiparar la calidad de las metodologías constructivas de los países desarrollados (A Florez et al, 2012). En este proceso, la sostenibilidad se ha convertido en un eje clave, impulsando la exploración de nuevas alternativas en los materiales y técnicas de construcción.

Debido a esto y a la creciente influencia de las tendencias globales en el cuidado del planeta, en el territorio nacional se ha venido introduciendo una gran variedad de materiales ecológicos, los cuales han recibido un fuerte respaldo por parte de diversos sectores de la sociedad (Stretto, 2022). Actualmente, los ladrillos y bloques tradicionales siguen siendo los elementos más utilizados en la construcción, pero su fabricación tiene un alto impacto ambiental. Desde la extracción de la materia prima en minas hasta su proceso de manufactura, la huella ecológica de estos materiales es considerablemente alta. En su fabricación, se estima que se emiten aproximadamente 270 gramos de CO₂ por unidad, además de requerir cerca de dos litros de agua y tres mega julios de energía por pieza. Adicionalmente, el proceso de cocción de los ladrillos en hornos tradicionales demanda el uso de aproximadamente 1,200 troncos de madera por lote, lo que contribuye a la deforestación y genera nubes densas de humo que afectan tanto la calidad del aire como la salud de los trabajadores expuestos a estas emisiones tóxicas (Álvarez, 2010).

Según el Manual de Gestión Socioambiental para Obras de Construcción (2010), la industria de la construcción en Colombia es responsable del consumo del 40% de la energía total del país, de la generación del 30% de las emisiones de CO₂ y del 40% de los residuos sólidos, además de utilizar el 60% de los materiales extraídos de la tierra (Rocha, 2020). Esto convierte a la construcción en una de las actividades menos sostenibles y de mayor impacto ambiental. En respuesta a esta problemática, la búsqueda de alternativas más amigables con el medio ambiente ha llevado a que algunos sectores de la industria adopten el uso de materiales ecológicos y reciclados (V Mancera, 2022). Sin embargo, a pesar de que algunas constructoras del país han alcanzado hasta un 35% de utilización de este tipo de materiales, su aplicación sigue siendo limitada debido a factores como la falta de normativas claras, la resistencia al cambio y la desconfianza en su rendimiento frente a los materiales convencionales.

Los materiales ecológicos presentan múltiples beneficios que los convierten en una alternativa viable y sostenible para el futuro de la construcción. En primer lugar, su fabricación reduce significativamente la huella de carbono, ya que emplean materias primas recicladas, disminuyendo la necesidad de extracción de recursos naturales. Además, muchos de estos materiales tienen

propiedades mejoradas en comparación con los tradicionales. Por ejemplo, existen ecobloques fabricados con plástico reciclado y cemento que presentan mayor resistencia estructural y menor peso, facilitando su manipulación y reduciendo costos en transporte y montaje. Otros materiales, como los paneles de fibrocemento reciclado, ofrecen alta resistencia al fuego y al agua, lo que los hace ideales para climas extremos y estructuras con exigencias técnicas elevadas.

Otra ventaja clave de los materiales ecológicos es su impacto positivo en la eficiencia energética de las edificaciones. Algunos de estos materiales poseen propiedades termoacústicas que permiten una mejor regulación de la temperatura en los espacios interiores, reduciendo la dependencia de sistemas de climatización artificial y, por ende, disminuyendo el consumo energético (M Ovalle, 2020). Un ejemplo de esto son los bloques de tierra comprimida, que además de ser ecológicos, tienen una inercia térmica superior a la de los ladrillos convencionales, manteniendo temperaturas más estables en el interior de las construcciones.

A pesar de sus evidentes ventajas, la implementación masiva de estos materiales sigue enfrentando múltiples desafíos. Uno de los principales obstáculos es la falta de conocimiento y capacitación en la industria de la construcción. La mayoría de los trabajadores y profesionales del sector están familiarizados con los materiales tradicionales, lo que dificulta la adopción de nuevas tecnologías. Capacitar al personal en el uso de materiales ecológicos requiere inversión en formación y tiempo de adaptación, lo que representa un costo adicional para las empresas constructoras.

Además, las regulaciones actuales en Colombia aún no incluyen normativas específicas para la certificación y uso generalizado de ciertos materiales reciclados en obras de gran envergadura. Esto genera incertidumbre tanto en los desarrolladores como en los clientes, quienes prefieren optar por materiales convencionales que ya cuentan con estándares de seguridad y calidad ampliamente establecidos. Sin embargo, en países como Alemania y Holanda, se han implementado políticas que incentivan el uso de materiales sostenibles en la construcción, estableciendo certificaciones y beneficios fiscales para quienes los emplean, lo que demuestra que con un adecuado marco regulatorio, su adopción puede ser más efectiva.

En conclusión, la construcción sostenible es una necesidad imperante en Colombia y en el mundo. Si bien los materiales ecológicos y reciclados aún no han alcanzado la misma aceptación y confianza que los convencionales, sus beneficios en términos de sostenibilidad, eficiencia energética y reducción de costos a largo plazo los posicionan como una solución clave para el futuro del sector (J Páez, 2020). Para lograr una transición efectiva hacia su uso generalizado, es fundamental impulsar la investigación, el desarrollo de normativas específicas y la capacitación de la mano de obra. Solo mediante un esfuerzo conjunto entre el sector público, privado y académico se podrá fomentar un modelo de construcción más sostenible y responsable con el medio ambiente.

1.1 Descripción del problema

Si bien sabemos que los materiales de construcción convencionales continúan siendo los más utilizados y los que mejor rendimiento ofrecen debido a su producción en masa, su facilidad de compra y el conocimiento general de métodos constructivos, los materiales ecológicos son una alternativa viable para la construcción.

Es necesario que las grandes y pequeñas empresas conozcan más de los beneficios de los materiales ecológicos en las diferentes obras, para esto se plantea mostrar que las metodologías de construcción de los materiales ecológicos son comparables en costos, rendimiento y utilidad, además de esto que se concientice a la comunidad en general que hay nuevos materiales que brindan gran cantidad de beneficios que los materiales convencionales en muchos casos no ofrecen.

1.2 La pregunta de investigación

¿De qué manera la implementación de materiales ecológicos puede mitigar los impactos ambientales en las obras de construcción en Colombia?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar estrategias para minimizar el impacto ambiental en las obras de construcción en Colombia, con énfasis en la utilización de materiales ecológicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales causas y factores que inciden en el impacto ambiental en la ejecución de las obras de construcción
- Determinar qué metodologías y estrategias se implementan en proyectos autosustentables en distintas regiones.
- Elaborar una propuesta para la reducción del impacto ambiental que generan el sector de la construcción.

1.4 Justificación de la investigación

Antes y durante la ejecución de cualquier proyecto civil, la selección de materiales es un aspecto fundamental, ya que influye directamente en la eficiencia estructural, los costos y el impacto ambiental de la construcción (IngeoExpert, 2024). La elección de los materiales debe basarse en un análisis detallado de sus características y propiedades para garantizar su óptima aplicación en obra.

En la industria de la construcción, existen diversos materiales con usos similares, pero con características diferenciadas. Un ejemplo claro es el caso de la mampostería, donde los materiales tradicionales como la arcilla y el concreto son los más utilizados. Sin embargo, han surgido alternativas como los bloques ecológicos, los cuales presentan ventajas como mayor modularidad, reducción en el consumo de materia prima y menor impacto ambiental (Stretto, 2022).

Desde una perspectiva ambiental, el sector de la construcción es uno de los principales responsables del consumo de recursos naturales y generación de residuos. Según el **Worldwatch Institute de Washington**, la construcción y el uso de edificaciones representan aproximadamente el 40 % de las extracciones de recursos naturales de la corteza terrestre, el 40 % del consumo energético, el 20 % del uso de agua potable y el 40 % de la generación de residuos sólidos. Además, cada metro cuadrado de vivienda construida es responsable de la emisión de 1.9 toneladas de CO₂ (EBS, 2023). En Colombia, se estima que el sector consume el 40 % de la energía total producida, genera el 30 % de las emisiones de CO₂ y produce el 40 % de los residuos sólidos, además de utilizar el 60 % de los materiales extraídos de la tierra (Rocha, 2020).

Desde una perspectiva social y de aplicación, la adopción de materiales ecológicos en la construcción puede contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono y la optimización del uso de los recursos. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, su implementación a gran escala sigue siendo limitada. Según **Mancera (2022)**, la falta de conocimiento sobre estos materiales y su disponibilidad en el mercado han sido barreras para su masificación. A nivel académico, es necesario analizar si estos materiales son viables desde un punto de vista estructural, económico y ambiental, proporcionando bases técnicas y científicas para su implementación en proyectos de mayor envergadura.

Por lo anterior, esta investigación se fundamenta en un enfoque exploratorio cualitativo a través del análisis de contenido, con el objetivo de evaluar el impacto ambiental de los materiales convencionales y determinar en qué medida los materiales ecológicos pueden ser una alternativa efectiva para mitigar los efectos negativos del sector de la construcción sobre el medio ambiente. Este análisis contribuirá al desarrollo de estrategias de sostenibilidad en la industria, promoviendo el uso responsable de los recursos y la disminución de residuos en los procesos constructivos.

2. MARCO DE REFERENCIA

En Colombia el sector de la construcción ha venido evolucionando a lo largo del tiempo, esto ha conllevado a la investigación y al uso de diferentes tipos de materiales y métodos constructivos, además de esto y a la creciente demanda de obras en todo el país, se ha llevado al reutilizamiento y al uso de materiales ecológicos para así reducir o mitigar los impactos ambientales que el desarrollo de las obras conllevan, las grandes constructoras del país como Amarilo y Marval en los casos de la construcción generalmente de vivienda han revelado que alrededor del 35 % de sus materiales de obra son reciclados o ecológicos y que los desperdicios de demolición, movimiento de tierra y otros se reciclan hasta un 80 %, es por esto que se debe plantear todo lo que esto conlleva, si el uso de los materiales ecológicos y reciclados respetan las normativas de construcción actuales.

Para las obras en las que se utiliza mampostería se tiene que evaluar qué impacto puedan tener los bloques ecológicos sobre los bloques convencionales, para esto se deben saber las características principales de estos dos materiales. Por un lado los bloques convencionales son los que se ven día a día en el entorno de las ciudades, pueden ser de arcilla o concreto y generalmente cumplen con unas medidas estándar, para ladrillos sus dimensiones son 19 cm por 9 cm por 5,5 cm, para un bloque de arcilla sus dimensiones son de 40 cm por 20 cm por 15 cm y por último los bloques de concreto tienen una dimensión de 40 cm por 20 cm por 20 cm, todos estos materiales tienen una función y un método constructivo muy similar, además se tiene un claro conocimiento de todas sus características, por otra parte encontramos a los bloques ecológicos, estos los podemos encontrar bloques plásticos de tamaños similares a los ladrillos pero que al final del ejercicio se deben rellenar de concreto, por ende no se tomaran como foco de investigación, por otra parte se encuentran bloques ecológicos que no necesitan de fundir concreto en su interior los cuales suelen ser de diferentes medidas, ya que generalmente el uso de estos se hace mediante modelamiento de espacios, lo cual indica que dependiendo el área a cubrir se hará un molde y se realizara la producción de estos, debido a este proceso de producción se debe de tener mano de obra especializada en la instalación de los eco bloques, lo cual conlleva un esfuerzo extra en capacitación.

Un aspecto importante por evaluar es el impacto ambiental que estos materiales pueden generar, es bien sabido que los bloques convencionales de arcilla se hacen mediante hornos alimentados por carbón, lo cual produce un gran impacto ambiental en las zonas de producción afectando en gran medida a la población local, en contra parte los bloques ecológicos se producen en fábricas o plantas donde su principal suministro es la energía eléctrica y sus materiales son reciclados.

Para un proyecto constructivo es de vital importancia tomar en consideración el rendimiento y eficiencia de los procesos constructivos de los diferentes frentes de obra, se ha visto que

estadísticamente los mamposteros como se denomina a los colaboradores especializados en este trabajo tienen un rendimiento de 15 a 25 metros cuadrados por cuadrilla, en cambio el rendimiento de los ecobloques es de 10 a 20 metros cuadrados construidos, debido a las diferentes técnicas y en algunos casos al peso de los bloques.

2.1. Estado del Arte

Para la revisión de la literatura de esta investigación se utilizaron las bases de datos Google Scholar, Scielo y Ebsco, con una ecuación de búsqueda ("materiales ecológicos" OR "materiales sostenibles") AND ("impacto ambiental" OR "sostenibilidad") AND ("industria de la construcción"), con las siguientes palabras clave; Mampostería, Bloques Ecológicos, Materiales Reciclados, Metodologías constructivas, Beneficios, Costos, Impacto Ambiental y una temporalidad máxima de 10 años en el pasado.

Se analiza la construcción sostenible como una alternativa viable para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. En su trabajo de grado, desarrollado en la Universidad Católica de Colombia, expone cómo la implementación de prácticas sostenibles en la construcción puede mejorar la eficiencia en el uso de recursos y reducir el impacto ambiental. Su estudio se enfoca en estrategias innovadoras dentro del ámbito de la ingeniería industrial para optimizar los procesos constructivos y promover un desarrollo más responsable en el sector de la vivienda en Bogotá, Colombia. Susunaga Monroy (2014).

Gracias a los avances en técnicas constructivas y el desarrollo de materiales alternativos, hoy en día existen innumerables diseños arquitectónicos adaptados a su entorno. La concientización en los procesos constructivos ha impulsado el uso de materiales ecológicos, originados bajo el concepto de eco-vivienda. Estos materiales, elaborados a partir de recursos reciclados, buscan contribuir al sector de la construcción ofreciendo opciones viables y sostenibles. Además, en muchos casos, su implementación resulta más económica, favoreciendo la eficiencia y la reducción del impacto ambiental en las edificaciones modernas. (D Londoño, 2016).

La investigación evaluó la reutilización de residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para viviendas de bajo costo. Se empleó cemento Portland Extra Forte, gravilla de 1/2" y arena gruesa, sustituyendo esta última con los residuos en proporciones del 5%, 10% y 20%. Se fabricaron probetas conforme a la Norma Técnica Peruana 339.033 y se realizaron ensayos de compresión según la ASTM C39 tras 28 días de curado. Los resultados indicaron que el concreto con 5% de PET presentó la mayor resistencia a la compresión, aunque esta disminuyó con un mayor contenido de residuos. Finalmente, se concluyó que incorporar PET en el concreto reduce costos. (C Reyna, 2016).

El sector de la construcción impulsa el desarrollo económico y social, pero también contribuye al uso excesivo de recursos naturales y al impacto ambiental. Esto plantea la necesidad de comparar los beneficios de los materiales convencionales con los ecológicos en las construcciones. Mientras que en países desarrollados existen políticas sostenibles, en Colombia su implementación aún es limitada y se centra en grandes edificaciones. Existen múltiples sistemas sostenibles relacionados con energía, agua y materiales, pero su aplicación en viviendas familiares es baja debido al desconocimiento normativo. Este análisis busca resaltar la importancia de los eco-materiales en la construcción civil en Santa Marta, Magdalena. Además, pretende fomentar la concienciación de empresas y usuarios sobre la necesidad de adoptar materiales y sistemas sostenibles. (González, J. 2019).

El cambio climático es una realidad que sigue afectando al planeta, manifestándose en fenómenos como olas de calor, huracanes, inundaciones y cambios en las estaciones. Desde la revolución industrial, el uso del plástico ha aumentado considerablemente, contribuyendo a la contaminación ambiental. Para mitigar estos efectos, es fundamental promover nuevas alternativas de reciclaje y establecer políticas que limiten su uso. Además, se deben explorar soluciones constructivas sostenibles que aprovechen estos materiales. Los expertos sostienen que casi todos los objetos pueden ser reutilizados, ayudando así a reducir la deforestación y proteger la capa de ozono (Dobón, 2019).

La industria de la construcción genera impactos ambientales significativos que afectan el agua, suelo, fauna, flora y aire, principalmente debido a residuos, vertimientos y emisiones atmosféricas. La contaminación del aire, causada por polvo, ruido, vibraciones y emanaciones, ocurre en dos fases: durante la ejecución de la obra y cuando la edificación entra en funcionamiento, emitiendo CO₂. Los efectos en la salud van desde dermatitis hasta enfermedades respiratorias severas. Este artículo busca analizar cómo el sector de la construcción en Colombia contribuye a la contaminación atmosférica y sus repercusiones en el medio ambiente y la salud pública. (J Vera, 2019).

El déficit habitacional en Colombia y la contaminación causada por la inadecuada disposición de residuos plásticos han motivado esta investigación. Su objetivo es ofrecer una alternativa de construcción asequible, liviana, fácil de transportar y de instalar sin necesidad de mano de obra especializada, además de ser sostenible. En este contexto, se propone la incorporación del bloque plástico como nuevo material constructivo, utilizando plástico reciclado como insumo principal. Este material, ampliamente desechado y altamente contaminante, se aprovecharía para mitigar dos problemáticas: la falta de vivienda y el impacto ambiental. (S Palomeque, 2019).

Este proyecto de prefactibilidad analiza la viabilidad técnica, económica, financiera, social y de mercado para establecer una planta productora de ladrillos ecológicos con material reciclado de PET en Lima, Perú. Aunque existen iniciativas artesanales en el país, no hay producción a gran escala. Estos ladrillos, compuestos por cemento, arena, agua y plástico triturado, destacan por su

resistencia acústica, antisalitre y a la compresión. Con un peso de 2,7 kg, el 25% corresponde a PET reciclado. (F Ballon, 2021).

En los últimos años, la contaminación del aire en grandes ciudades ha generado gran preocupación, impulsando la búsqueda de soluciones innovadoras. Una alternativa prometedora es la incorporación de fotocatalizadores en materiales de construcción, otorgándoles propiedades de autolimpieza y purificación del aire. Estos materiales ayudan a mitigar los contaminantes emitidos por la industria y los automóviles. Este estudio tiene como objetivo analizar el desarrollo de materiales fotocatalíticos, sus aplicaciones más relevantes y su impacto ambiental. Además, se exploran las tendencias actuales en su implementación y las perspectivas para su evolución en el mediano y largo plazo. (M Navas, 2024).

La creciente preocupación global por la conservación del medio ambiente ha impulsado la búsqueda de alternativas ecológicas y sostenibles en diversos sectores, incluido el de la construcción. Este sector, además de ser económicamente relevante, consume aproximadamente el 40% de los recursos naturales y genera cerca del 50% de la contaminación mundial. La investigación tiene como objetivo analizar la durabilidad de los materiales ecológicos en la construcción. Mediante una revisión bibliográfica, se identificaron materiales como el bambú, adobe, paja, madera, Hempcrete y PET, cuya resistencia depende de su correcto uso, tratamiento y adaptación a las condiciones climáticas del lugar de construcción. (Villao-Vera et al, 2024)

2.2. Marco Teórico

A continuación, se presentan los conceptos fundamentales para comprender el impacto ambiental de los materiales de construcción, con especial énfasis en los ecobloques y su aplicación en la industria. Además, se incorpora una visión desde la gestión de proyectos para contextualizar su implementación en el sector.

2.2.1 Construcción sostenible

- La construcción sostenible busca reducir al mínimo el impacto ambiental de las edificaciones a lo largo de su ciclo de vida. Esto incluye el uso eficiente de recursos naturales, la disminución de residuos y la selección de materiales con menor huella de carbono (Bohórquez & Serrato, 2023).
- La elección de materiales con bajo impacto ambiental y alto desempeño energético es clave para cumplir con los objetivos de sostenibilidad.
- Los ecobloques emergen como una alternativa viable al ofrecer mejores propiedades térmicas y menor consumo energético en su producción.

2.2.2 Materiales ecológicos en la construcción

Existen diversas alternativas a los materiales tradicionales, como:

- **Bloques suelo-cemento:** mezcla compacta de suelo pulverizado, agua y cemento Portland que adquiere resistencia estructural tras un proceso de curado (Toirac, 2008).
- **Bloques de tierra comprimida (BTC):** elaborados a partir de tierra cruda mezclada con estabilizantes y moldeados en prensas mecánicas o manuales (Rox et al., 2007).
- **Ecobloques:** fabricados con materiales reciclados, como plástico, papel, cartón y arena, que mejoran sus propiedades mecánicas y de aislamiento (Isán, 2018).
- **Materiales naturales:** incluyen bambú, caña guadua y piedra, los cuales se utilizan en técnicas como el bahareque y la bioconstrucción (Torres & Jaramillo, 2019).

2.2.3 Producción de ecobloques

- La fabricación de ecobloques involucra la mezcla de cemento, acero y materiales reciclados, que luego son moldeados y comprimidos mecánicamente (Cañola et al., 2018).
- Comparado con los bloques convencionales, este proceso consume solo el 1% de la energía requerida para fabricar un bloque tradicional y emite niveles mínimos de CO₂ (Construcción Sostenible, 2020).
- Se pueden producir en plantas pequeñas o en sitio, reduciendo costos de transporte y optimizando recursos (Medina & Medina, 2011).

2.2.4 Beneficios y aplicaciones de los ecobloques

- **Eficiencia energética:** mantienen una humedad relativa constante del 50% y mejoran la retención de calor en las viviendas.
- **Aislamiento térmico y acústico:** regulan la temperatura interna sin necesidad de climatización artificial.
- **Reducción de residuos:** permiten el reaprovechamiento de materiales reciclados, disminuyendo el impacto ambiental.
- **Aplicaciones estructurales:** se emplean en muros de carga, cerramientos y viviendas sustentables.

2.2.5 Gestión de proyectos y materiales sostenibles

- La implementación de ecobloques en proyectos de construcción requiere una adecuada planificación y gestión de recursos.
- Según el **Project Management Institute (PMI)**, la sostenibilidad debe integrarse en la gestión de proyectos para minimizar riesgos ambientales y optimizar costos.
- El análisis del ciclo de vida de los materiales es una herramienta clave para evaluar la viabilidad de los ecobloques en proyectos de gran escala (Rocha, 2020).

2.3. Marco normativo

En el siguiente proyecto se toman tantas normas nacionales de Colombia y normas internacionales para el uso de materiales constructivos en general y específicos para los materiales convencionales y ecológicos.

Política Nacional de Edificaciones Sostenibles (CONPES 3919 de 2018): Este documento establece lineamientos para incorporar criterios de sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones. Su objetivo es mitigar los impactos ambientales negativos de la actividad constructora, mejorar las condiciones de habitabilidad y generar oportunidades de empleo e innovación. (DNP, 2018)

Decreto 1285 de 2015: Modifica el Decreto 1077 de 2015 y establece lineamientos de construcción sostenible para edificaciones, enfocándose en el uso eficiente de recursos naturales y la implementación de prácticas responsables con el medio ambiente. (FuncionPublica, 2015)

Guía de Construcción Sostenible: Documento de referencia para el diseño de nuevas edificaciones eficientes en el consumo de agua y energía, promoviendo el uso de materiales de bajo impacto ambiental y técnicas constructivas sostenibles. (CONPES, 2020).

Norma Técnica Colombiana NTC-6112 de 2016: Relacionada con el Sello Ambiental Colombiano, esta norma establece criterios para el diseño y construcción de edificaciones sostenibles, incentivando la utilización de materiales ecológicos y prácticas constructivas responsables. (Icontec, 2016)

Sello Ambiental Colombiano (SAC): Implementado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, este sello certifica productos y edificaciones que cumplen con criterios ambientales rigurosos, promoviendo el uso de materiales sostenibles y prácticas ecológicas en la construcción. (MinAmbiente, 2017).

ASTM C67: establece los procedimientos de laboratorio necesarios para conocer las propiedades físicas/mecánicas o geotécnicas de los ladrillos, particularmente para los ladrillos de arcilla cocida y ladrillos o bloques Ecológicos.(ASTM, 2023)

ASTM C216-10, (2010): No se requiere que los ladrillos se sometan a pruebas de eflorescencia para cumplir con esta especificación a menos que lo solicite el especificador o comprador. Cuando la prueba de eflorescencia es solicitada por el especificador o comprador, el ladrillo será muestreado en el lugar de fabricación, y probado de acuerdo con los métodos de prueba C67.(ASTM, 2010)

Norma Técnica Colombiana NTC 1522: Esta norma establece el procedimiento que debe seguirse en las operaciones de tamizado de suelos con el fin de determinar su compasión granulométrica.(Icontec, 2022).

Norma Técnica Colombiana NTC 5202: Método de ensayo para determinar la expansión por humedad de productos de arcilla espécimen de ensayo del Bloque ecológico.(Icontec, 2021)

3. METODOLOGÍA

De acuerdo con Zabala (2020), su metodología sigue un procedimiento estructurado en varios pasos, los cuales fueron adaptados a su investigación y ahora serán empleados en este estudio. Estos pasos incluyen: 1) Planteamiento de la pregunta de investigación para guiar y sintetizar la información recopilada; 2) Selección de bases de datos relevantes según el área de conocimiento; 3) Establecimiento de criterios de inclusión y exclusión para delimitar la búsqueda bibliográfica; 4) Realización de un análisis bibliométrico de los artículos obtenidos en la revisión. La información que fundamentará esta investigación se obtendrá a través de fichas bibliográficas y el instrumento a utilizar será el fichaje. Dicho de este modo (Acosta, 2011) lo define como una técnica utilizada especialmente por los investigadores. Es un modo de recolectar y almacenar información, cada ficha contiene una información que, más allá de su extensión le da unidad y valor propio. Aclarando así que la ficha es un recurso valioso para el estudio porque permite registrar datos o información proveniente de diversas fuentes, recordar y manejar el contenido de obras leídas.

3.1. Enfoque y alcance de la investigación

Esta investigación se realizará por medio de la metodología de corte cualitativo analizando la relación e impacto la producción de materiales convencionales de construcción y como los materiales ecológicos ayudan en demasía a la reducción a la preservación del medio ambiente. Para el desarrollo del presente documento se implementará una investigación de carácter documental, la cual es definida por la autora (Uriarte, 2020) como toda aquella gestión que tenga como principal material de trabajo una compilación de documentos escritos, audiovisuales o de cualquier índole, que sirvan de muestra o de memoria de los eventos ocurridos y permitan indagar en busca de conclusiones posteriores. De este modo resulta de gran relevancia especificar en el hecho de que los documentos que se implementen para el análisis sistemático de literatura sean sumamente veraces y que no cuenten con una duración mayor a 15 años puesto que de esto depende en gran medida el manejo de información actualizada.

En la metodología cualitativa el investigador busca mostrar los datos de sentido, es decir, del significado que tienen los fenómenos investigados en la mente de la gente a la cual se le quiere enseñar o formar. Estos datos son subjetivos, no se pueden pesar, ni medir ni contar, así “no tienen sentido” como una herramienta orientadora de la precisión matemática. Sí puede ser usada como una orientación general para ayudar a la dirección que tiene que seguir una investigación, pero no es una obligación metodológica usarla y se puede prescindir de ella sin problemas porque en las investigaciones cualitativas no se hacen suposiciones por adelantado. (De la Roche et al., 2021)

3.2. Población y muestra

Este estudio tiene como muestra principal las empresas de construcción más grandes de Colombia, como Amarilo, Marval, Cusezar entre otras, se busca analizar el impacto que pueden tener los materiales ecológicos en temas ambientales, en los costos que estos puedan incurrir y en el proceso constructivo.

Aunque si bien en Colombia las pequeñas y medianas empresas de construcción han venido creciendo, como lo dice la presidenta de Camacol, señaló que, dentro del tejido empresarial del sector, conformado por 1.800 organizaciones, destaca a las empresas medianas y pequeñas por el crecimiento observado en sus ingresos operacionales, "de acuerdo con nuestro sistema de información Coordinada Urbana, crecieron nominalmente en 31.4% y 24.5%, respectivamente frente al año 2020"(Sandra Forero). El análisis de estos datos tiene una dificultad mayor debido a que estas están en ubicaciones diferentes en el país y la utilización de materiales ecológicos es menor.

Para la muestra se utilizaron las bases de datos de Google Scholar, Scielo y Ebsco, la literatura debe cumplir criterios de inclusión basados en una temporalidad máxima de 10 años, deben ser

artículos o documentos enfocados en estudios ambientales y técnicos orientados al sector de la construcción y como base de exclusión los artículos y documentos con una temporalidad mayor a 10 años, enfocados en impactos ambientales o técnicas ajenas al sector de la construcción.

3.3. Instrumento(s)

Las herramientas de recolección de información fueron trabajos de investigación sobre el tema a tratar, documentos de organizaciones ambientales a nivel nacional y global, las cuales enseñen los impactos de los materiales ecológicos y convencionales para construcción.

Para la recolección de información, se llevó a cabo una revisión documental basada en investigaciones previas sobre el tema, así como en documentos emitidos por organizaciones ambientales a nivel nacional e internacional. Esta revisión permitió analizar el impacto ambiental de los materiales ecológicos y convencionales utilizados en la construcción. La búsqueda documental se estructuró en función de palabras clave como “materiales ecológicos”, “impacto ambiental en la construcción”, “sostenibilidad en la industria de la construcción”, entre otras. Se utilizaron bases de datos especializadas como Google Scholar, Scielo y EBSCO, aplicando criterios de búsqueda que incluyeron publicaciones académicas y documentos técnicos relevantes de los últimos 10 años, garantizando así la actualidad y validez de la información recopilada.

3.4. Descripción de procedimientos

Se realizó una revisión bibliográfica sistemática basándonos en la metodología de Zabala en su trabajo, con el uso de bases de datos científicas: Scielo, Google Scholar, y EBSCO, con el fin de obtener información confiable relacionada con el tema y la calidad de las publicaciones, teniendo como temas principales de revisión: Bloques Ecológicos, Materiales Reciclados, Metodologías constructivas e Impacto Ambiental.

Se revisaron varios documentos de información académica, libros, trabajos e informes de estudios, informes, libros y artículos desde el 2014 las cuales brinden información acerca de los temas a tratar como los impactos ambientales de la fabricación de bloques de arcilla y los bloques ecológicos los cuales se producen con plásticos y otros materiales reutilizables o menos contaminantes.

El instrumento principal utilizado para esta investigación fue el fichaje bibliográfico y bibliométrico, mediante el cual se organizaron los datos extraídos de las fuentes consultadas. Para ello, se diseñó un formato de ficha que incluye los siguientes campos:

- Referencia bibliográfica: Autor, año, título y fuente.
- Resumen del contenido: Principales hallazgos del documento.
- Categorías temáticas: Relación con el impacto ambiental, beneficios de materiales ecológicos, costos, etc.
- Conclusiones relevantes: Aportes clave para el análisis de la investigación.

Esta metodología permitió sistematizar la información de manera organizada y facilitar la comparación entre distintas fuentes, asegurando un análisis crítico y estructurado sobre la relevancia de los materiales ecológicos en la industria de la construcción.

3.5. Análisis y recolección de información

El proceso de análisis de la información inició con la limpieza, organización y preparación de los datos obtenidos en la revisión documental. Para ello, se filtraron y sistematizaron los documentos recopilados, eliminando aquellos que no cumplían con los criterios de relevancia y actualidad. Se seleccionaron únicamente aquellos estudios que abordaran el impacto ambiental de los materiales de construcción, su ciclo de vida y la viabilidad del uso de materiales ecológicos.

Posteriormente, se llevó a cabo la codificación de la información, estructurándola en categorías temáticas para facilitar su análisis. Las principales categorías definidas fueron:

- Consumo energético en la construcción (impacto de los materiales convencionales vs. ecológicos).
- Generación de residuos y emisiones de CO₂.
- Propiedades y desempeño de los materiales ecológicos.
- Barreras y oportunidades para la implementación de materiales sostenibles.

Para el análisis de los datos, se realizó un análisis bibliométrico de los artículos obtenidos, permitiendo identificar tendencias en la investigación sobre materiales ecológicos en la construcción. Este análisis incluyó la cantidad de publicaciones por año, las fuentes más citadas y los enfoques predominantes en la literatura.

El software utilizado para la gestión y análisis de la información fue Mendeley para la organización de referencias bibliográficas y VOSviewer para el análisis bibliométrico, permitiendo visualizar redes de coocurrencia de palabras clave y relaciones entre autores y publicaciones.

La información que fundamentará esta investigación se obtendrá a través de fichas bibliográficas y el instrumento a utilizar será el fichaje. Dicho de este modo (Acosta, 2011) lo define como una técnica utilizada especialmente por los investigadores. Es un modo de recolectar y almacenar información, cada ficha contiene una información que, más allá de su extensión le da

unidad y valor propio. Aclarando así que la ficha es un recurso valioso para el estudio porque permite registrar datos o información proveniente de diversas fuentes, recordar y manejar el contenido de obras leídas.

Esto nos ayudara para organizar la información de cada fuente analizando su valides y la correlación que estás tengan con la demás literatura que se investigue, para así fundamentar conclusiones fuertes las cuales cumplan con los objetivos de la investigación.

3.6. Consideraciones éticas

Un trabajo de investigación cualitativo basado en la búsqueda de información, es fundamental respetar los derechos de autor y la propiedad intelectual, asegurando la correcta citación de todas las fuentes utilizadas según las normas establecidas, evitando el plagio y respetando las restricciones de acceso a bases de datos y revistas científicas.

Asimismo, la transparencia y veracidad en la información son aspectos esenciales. La interpretación de los datos debe ser objetiva y libre de manipulación para ajustarse a una hipótesis previa, evitando cualquier sesgo en la selección de fuentes y priorizando aquellas que sean confiables y académicas.

La privacidad y confidencialidad también deben ser garantizadas, especialmente si la investigación involucra bases de datos con información personal. Es imprescindible cumplir con regulaciones sobre la protección de datos personales, como el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) en Europa o la Ley de Protección de Datos en Colombia, asegurando que la información se maneje de manera responsable y segura.

Otro aspecto clave es el uso responsable de la información, evitando su manipulación o descontextualización para favorecer determinados argumentos. Los hallazgos deben presentarse con rigor académico, sin distorsionar los resultados y evitando conclusiones erróneas que puedan generar desinformación.

Además, es importante promover la accesibilidad y equidad en la difusión del conocimiento. Siempre que sea posible, los resultados del estudio deben ser accesibles a la comunidad académica y a la sociedad en general. En el caso de investigaciones financiadas con recursos públicos, se recomienda fomentar el acceso abierto para contribuir al desarrollo del conocimiento colectivo.

Finalmente, la responsabilidad social y ética en la aplicación de los resultados debe ser una prioridad. Los hallazgos no deben utilizarse de manera que puedan generar daño o promover información errónea. Es fundamental evaluar el impacto social de la información recopilada y su

posible influencia en la toma de decisiones, garantizando que el estudio contribuya positivamente al conocimiento y al bienestar social.

4. HIPÓTESIS Y VARIABLES

4.1 HIPOTESIS

Se plantea que la utilización de materiales ecológicos en la construcción, ya sean reciclados o fabricados con materias primas de menor impacto ambiental, representa una alternativa viable y necesaria para reducir la huella ecológica de la industria. Actualmente, la producción de materiales de construcción convencionales consume aproximadamente el 40% de la energía generada a nivel nacional y contribuye significativamente a las emisiones de CO₂ y otros contaminantes. La fabricación de cemento, por ejemplo, es responsable de cerca del 8% de las emisiones globales de dióxido de carbono, lo que subraya la urgencia de adoptar soluciones más sostenibles.

La incorporación de materiales ecológicos como los bloques de plástico reciclado, los bloques de suelo-cemento y los ladrillos de tierra comprimida no solo disminuye la demanda de recursos naturales, sino que también ofrece beneficios estructurales como mayor aislamiento térmico, reducción de costos de producción y menor generación de residuos. Sin embargo, para que estos materiales sean adoptados a gran escala, es fundamental una mayor sensibilización en la población y en las pequeñas y medianas empresas del sector construcción.

Se espera que, con el tiempo, la creciente conciencia ambiental y la implementación de políticas públicas favorables impulsen la inversión en tecnologías sostenibles y fomenten la producción masiva de estos materiales alternativos. De lograrse, este cambio podría marcar una transformación significativa en la industria, disminuyendo el impacto ambiental de la construcción y promoviendo el desarrollo de ciudades más sostenibles y resilientes.

4.2 VARIABLES

El crecimiento de la industria de la construcción en Colombia ha llevado a un aumento significativo en el consumo de recursos energéticos y en la generación de residuos, lo que plantea la necesidad de adoptar materiales ecológicos como una alternativa viable y sostenible. En este estudio, se identifican variables que influyen en la implementación de estos materiales, clasificándolas en independientes, que afectan directamente el fenómeno de estudio, y dependientes, que reflejan los cambios derivados de estas influencias.

4.2.1 Variables Independientes

Las variables independientes corresponden a los factores que inciden en la adopción de materiales ecológicos en la industria de la construcción. Estas incluyen:

- **Crecimiento del sector de la construcción:** Expansión del mercado y aumento de proyectos.
- **Disponibilidad y variedad de materiales ecológicos:** Oferta de alternativas sostenibles en el mercado.
- **Adopción de materiales ecológicos por grandes empresas:** Influencia de las compañías líderes en el sector.
- **Generación de residuos y su impacto en los rellenos sanitarios:** Cantidad de desechos producidos y su disposición final.
- **Percepción de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs):** Opinión y nivel de aceptación frente a los materiales ecológicos.
- **Comparación de costos entre materiales ecológicos y convencionales:** Diferencias en precios y viabilidad económica.

4.2.2 Variables Dependientes

Las variables dependientes reflejan el impacto generado por la implementación de materiales ecológicos en la construcción. Estas son:

- **Impacto ambiental del sector:** Reducción de emisiones y disminución de residuos.
- **Viabilidad técnica y económica de los materiales ecológicos:** Evaluación de su funcionalidad y costo-beneficio.
- **Optimización de costos y tiempos en las obras:** Eficiencia en la ejecución de proyectos.
- **Capacidad de los rellenos sanitarios para manejar desechos de construcción:** Reducción de residuos enviados a disposición final.
- **Expansión del uso de materiales ecológicos en el mercado colombiano:** Crecimiento de la demanda y aceptación en la industria.

El análisis de estas variables permitirá comprender cómo la industria puede hacer la transición hacia una construcción más sostenible, reduciendo su impacto ambiental y mejorando la eficiencia operativa.

5. RESULTADOS

5.1 RESULTADOS Y ANALISIS DE INSTRUMENTO

De acuerdo con la revisión de la literatura se realiza un análisis de resultados los cuales buscan mostrar al lector de acuerdo con bases científicas sustentadas los impactos ambientales de los materiales constructivos y el cómo estos pueden mitigarse utilizando distintos métodos o materias primas.

La construcción es un sector de vital importancia ya que a partir de este se ve el progreso de un país, debido a la magnitud del sector y a su tipo de actividad es muy común el desperdicio de materiales y el uso de materias primas que generan huella contaminante, tanto en su producción, instalación y disposición final.

La selección de materiales y componentes en una obra influye directamente en su diseño, rendimiento y sostenibilidad. Cada decisión que se toma en este proceso impacta todas las fases de su ciclo de vida y se refleja en indicadores medibles que permiten evaluar su impacto ambiental y operativo.

Desde la fabricación hasta la demolición, los materiales de construcción generan emisiones, consumen recursos y producen residuos. Actualmente, el sector de la construcción es responsable del 40% del consumo energético global y del 30% de las emisiones de CO₂, lo que resalta la urgencia de una gestión más eficiente de los recursos. (M Borsani, 2014)

Resultados Claves:

- Emisiones: Cada metro cuadrado de construcción estándar genera aproximadamente 500 kgCO₂ equivalente.
- Consumo de materiales: Se requieren 2.500 kg de materiales por m² construido, con un impacto adicional de 5.000 kg de residuos generados en su producción.
- Residuos de obra: Se generan 120 kg de residuos por m² construido solo durante la fase de construcción.
- Los datos reflejan una tendencia creciente en el impacto ambiental de la construcción:
- 3,77 toneladas de materiales consumidos por habitante y año.
- 1,14 toneladas de CO₂ emitidas anualmente por persona debido al consumo energético en edificaciones.
- 50% de incremento en la superficie media de viviendas en las últimas dos décadas, impulsando la expansión urbana sobre suelos agrícolas y forestales.

La optimización de procesos constructivos para reducir residuos y mejorar eficiencia, el uso de materiales reciclados y sostenibles para minimizar el impacto ambiental, la implementación de estrategias de rehabilitación y reutilización de edificaciones existentes, podrían hacer que el sector de la construcción debe asumir el desafío de minimizar su impacto ambiental y mejorar la eficiencia en el uso de materiales. La sostenibilidad no es solo una meta, sino un resultado tangible medible a través de la reducción de emisiones, consumo eficiente de recursos y estrategias innovadoras en la gestión de proyectos. (M Borsani, 2014)

Por ello, es fundamental que la sociedad actual comience a concebir ciudades y edificaciones más sostenibles y comprometidas con el medio ambiente. Responder a esta necesidad implica incorporar criterios ambientales en todas las etapas del proceso constructivo, desde el diseño y la selección de materiales hasta la ejecución de las obras. La integración de principios de sostenibilidad en edificaciones, espacios urbanos e infraestructuras es esencial para mitigar el impacto negativo que la industria de la construcción genera sobre el entorno. (A Maury, 2014)

El impacto ambiental generado por la construcción es una prioridad en los países en desarrollo. La complejidad de la relación entre el hábitat y los procesos constructivos es tan amplia que, en muchos casos, resulta difícil prever la magnitud y la naturaleza de los cambios que pueden ocurrir. Se reconoce que las decisiones tomadas en la planificación y ejecución de obras civiles tienen consecuencias significativas y directas sobre el entorno, contribuyendo al agravamiento de la crisis ambiental actual y futura.

Hasta hace poco, la problemática ambiental no se había considerado con la relevancia que merece, a pesar de que el deterioro de los ecosistemas afecta directamente el bienestar social. Sin embargo, la creciente conciencia sobre estos impactos ha impulsado la necesidad de integrar criterios sostenibles en la construcción para mitigar sus efectos negativos. (A Maury, 2014)

La problemática ambiental causada por los plásticos afecta cada vez más la vida humana, al punto de que estudios recientes advierten que algunos de estos residuos ya han ingresado a la cadena alimenticia. Asimismo, un informe del Departamento Nacional de Planeación de Colombia (DNP) revela que en 321 municipios del país, la vida útil de los rellenos sanitarios se agotará en cinco años. (Álvarez et al., 2020)

En otras palabras, los vertederos están al borde de su capacidad y el uso excesivo del plástico ha generado una sobreproducción de materiales que tardan décadas en degradarse. Ante esta situación, este proyecto propone una solución innovadora para el sector de la construcción: el desarrollo de un material ecológico y sostenible. Para ello, se plantea la siguiente pregunta: ¿qué acciones y materiales son necesarios para mitigar el impacto ambiental a nivel local, regional, nacional e internacional?

- La propuesta se basa en la creación de un material constructivo que combine plásticos reciclables con otros elementos sostenibles. Para su desarrollo, se han definido tres objetivos clave:
- Identificar materiales ecológicos aplicables en distintos procesos constructivos.
- Analizar componentes constructivos considerando sus características y procesos de producción.
- Desarrollar un material resistente y apto para su aplicación bajo la Norma Sismo Resistente de Colombia NSR-10.

Con este enfoque, el proyecto busca contribuir a la reducción del impacto ambiental en la construcción, promoviendo prácticas más sostenibles y eficientes.

5.1.1 Introducción al Análisis

Para comprender el impacto ambiental de los materiales constructivos y las estrategias de mitigación en la industria de la construcción, se realizó un análisis bibliométrico mediante VOSviewer. Este análisis permite identificar las tendencias y redes de coocurrencia en la literatura existente, estableciendo la relación entre los conceptos clave y los estudios previos sobre materiales ecológicos en la construcción.

5.1.2 Screening de la Literatura

Se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura, identificando fuentes relevantes en bases de datos académicas. Los criterios de selección incluyeron publicaciones indexadas entre 2014 y 2024, enfocadas en:

- Impacto ambiental de los materiales constructivos.
- Estrategias de mitigación de residuos en la construcción.
- Uso de plásticos reciclados y materiales sostenibles en edificaciones.
- Innovaciones tecnológicas para la optimización de recursos.

5.1.3 Análisis Bibliométrico con VOSviewer

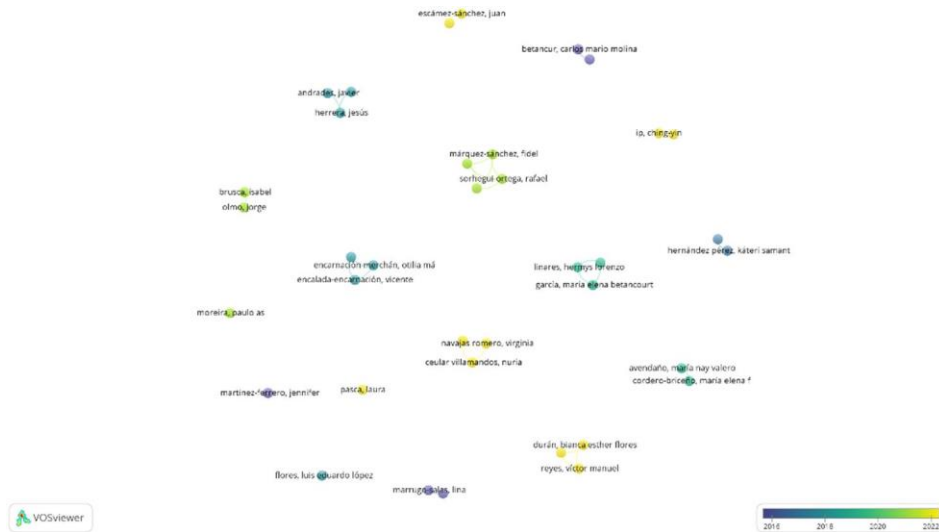
Utilizando VOSviewer, se generaron mapas de coocurrencia de términos extraídos de las publicaciones analizadas. Los resultados mostraron que los conceptos más relevantes y recurrentes incluyen:

- "Materiales ecológicos" (alta conexión con "construcción sostenible").
- "Residuos de construcción" y su relación con "economía circular".

- "Emisiones de CO2" asociadas al "uso de materiales convencionales".

Gráfico 1

Analisis Bibliografico de la literatura mediante VOSviewer



Elaboración propia.

5.1.4 Fichas Bibliométricas y Análisis

A continuación, se presentan las fichas bibliométricas de los documentos clave revisados, junto con su análisis:

Ficha 1

Referencia: Borsani, M. (2014). *Impacto ambiental en la construcción: Estrategias de reducción de residuos*. Revista de Ingeniería Sostenible, 12(3), 45-62.

- Resumen: Este estudio analiza el impacto de los residuos generados en la construcción y propone estrategias de reducción mediante materiales reciclados.
- Hallazgos clave:
 - Cada m² de construcción genera 120 kg de residuos.
 - La reutilización de materiales reduce el impacto ambiental en un 30%.
- Análisis: Este estudio evidencia la necesidad de implementar una economía circular en la construcción para minimizar los residuos y mejorar la eficiencia de los materiales.

Ficha 2

Referencia: Maury, A. (2014). *Integración de criterios sostenibles en edificaciones*. Revista de Arquitectura Verde, 9(2), 88-104.

- Resumen: Se estudia la aplicación de materiales sostenibles en edificios urbanos y su impacto en el consumo energético.
- Hallazgos clave:
 - Reducción del 25% en consumo energético al usar materiales ecológicos.
 - Mayor durabilidad y menor mantenimiento de los materiales reciclados.
- Análisis: La investigación muestra la importancia de integrar criterios de sostenibilidad desde el diseño arquitectónico, asegurando la eficiencia energética y la reducción de emisiones.

Ficha 3

Referencia: Álvarez et al. (2020). *Gestión de residuos plásticos en la construcción*. Informe del Departamento Nacional de Planeación de Colombia.

- Resumen: Este informe documenta el problema de la acumulación de residuos plásticos en los vertederos colombianos y propone su aprovechamiento en la construcción.
- Hallazgos clave:
 - 321 municipios de Colombia tienen rellenos sanitarios al borde de su capacidad.
 - La incorporación de plásticos reciclados en materiales constructivos podría reducir el volumen de desechos en un 40%.
- Análisis: Este estudio refuerza la urgencia de desarrollar alternativas constructivas con residuos plásticos, minimizando la contaminación y promoviendo la sostenibilidad.

5.1.5 Discusión de Hallazgos

A partir del análisis bibliométrico y las fichas revisadas, se concluye que:

- La construcción es responsable de un alto consumo de recursos y generación de residuos, lo que exige nuevas estrategias de sostenibilidad.
- La implementación de materiales reciclados y ecológicos puede reducir significativamente la huella de carbono del sector.
- La aplicación de criterios de economía circular es clave para minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia de los proyectos constructivos.

La incorporación de estas estrategias en la industria permitirá reducir emisiones, optimizar recursos y fomentar el desarrollo sostenible en la construcción colombiana.

5.2 PROPUESTA

El uso de materiales ecológicos en Colombia debe centrarse en la integración de estos elementos dentro del sector de la construcción a través de estrategias normativas, educativas y de mercado. Para reducir el impacto ambiental generado por la construcción, es necesario establecer un marco regulatorio que incentive el uso de materiales sostenibles en proyectos públicos y privados. Se propone la inclusión de requisitos específicos en la Norma Sismo Resistente de Colombia (NSR-10) y en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), promoviendo su adopción en obras nuevas y rehabilitaciones (Maury, 2014).

Además, la implementación de certificaciones ambientales similares a LEED o EDGE, ajustadas al contexto colombiano, permitiría evaluar y reconocer proyectos que empleen materiales ecológicos y reduzcan su impacto ambiental (Álvarez et al., 2020). Estas certificaciones pueden ser promovidas por entidades gubernamentales y organizaciones del sector de la construcción mediante incentivos fiscales y beneficios económicos.

En el ámbito educativo, es fundamental capacitar a los profesionales del sector a través de programas especializados en universidades, centros técnicos y cursos en línea sobre el uso y ventajas de estos materiales. Adicionalmente, se sugiere el desarrollo de campañas de sensibilización dirigidas a pequeños y medianos constructores, quienes suelen ser más resistentes a la implementación de nuevas tecnologías en sus proyectos (Borsani, 2014).

Para fomentar el acceso y comercialización de materiales ecológicos, se recomienda la creación de una plataforma digital que conecte fabricantes, proveedores y constructores, permitiendo la compra y distribución de estos productos con información detallada sobre su impacto ambiental y beneficios (Álvarez et al., 2020). De igual manera, la creación de incentivos financieros para la producción y compra de estos materiales facilitaría su adopción en el mercado.

Por otro lado, la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición debe integrarse en la propuesta. Se plantea la implementación de centros de acopio y procesamiento de escombros, donde los desechos puedan ser reciclados y reutilizados en nuevos materiales constructivos, disminuyendo la presión sobre los rellenos sanitarios y reduciendo costos en la adquisición de materia prima (Maury, 2014).

Con estas estrategias, Colombia puede avanzar hacia una construcción más sostenible y eficiente, reduciendo su impacto ambiental y mejorando la competitividad del sector. La sostenibilidad no solo es un objetivo, sino una necesidad urgente que debe ser abordada mediante políticas públicas, educación e incentivos económicos que garanticen su viabilidad a largo plazo. Es importante relacionar como soporte de esta propuesta, los relacionados con la investigación de (Acevedo Argüello et al., 2020; Zabala-Vargas & Jaimes-Quintanilla, 2025).

5.3 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la implementación de materiales ecológicos en la construcción en Colombia representa una alternativa viable para reducir el impacto ambiental del sector. Al analizar diferentes estrategias, se encontró que la reutilización de residuos de construcción y el desarrollo de nuevos materiales sostenibles son respaldados por diversas investigaciones previas (Maury, 2014; Álvarez et al., 2020). Sin embargo, la aplicabilidad de estas estrategias aún enfrenta barreras significativas relacionadas con la normativa vigente y la resistencia al cambio por parte de los actores del sector.

En términos de viabilidad técnica y económica, los estudios revisados coinciden en que los materiales ecológicos pueden ser competitivos con los convencionales, especialmente cuando se incorporan incentivos fiscales y se optimizan los procesos de producción (Borsani, 2014). No obstante, algunos autores señalan que la falta de acceso a tecnología y el desconocimiento sobre estos materiales dificultan su adopción a gran escala en pequeñas y medianas empresas, lo que concuerda con los hallazgos de este estudio.

Por otro lado, se identificó que la falta de normativas claras es uno de los principales obstáculos para la masificación de los materiales ecológicos. Mientras que en países desarrollados existen regulaciones que exigen el uso de materiales sostenibles en la construcción, en Colombia las iniciativas aún son limitadas y poco aplicadas en proyectos de infraestructura pública y privada (Álvarez et al., 2020). Este estudio confirma la necesidad de fortalecer las políticas gubernamentales y desarrollar certificaciones ambientales específicas para el contexto colombiano.

Otro punto de discusión importante es la percepción del sector frente a estos materiales. Si bien la literatura revisada indica que los grandes desarrolladores inmobiliarios están comenzando a implementar materiales sostenibles, las pequeñas y medianas empresas continúan mostrando resistencia debido a la incertidumbre en costos y durabilidad (Maury, 2014). Este hallazgo sugiere que se deben reforzar las estrategias de capacitación y divulgación para reducir la brecha de conocimiento y aumentar la confianza en estas soluciones.

En conclusión, la discusión de los resultados confirma que la implementación de materiales ecológicos en la construcción en Colombia es factible, pero requiere una combinación de incentivos económicos, regulaciones adecuadas y educación en el sector. Las estrategias propuestas en este estudio coinciden con la literatura revisada, pero también se identificaron desafíos específicos que deben ser abordados para lograr una transición efectiva hacia una construcción más sostenible.

6. CONCLUSIONES

La presente investigación ha permitido analizar la viabilidad y los desafíos de la implementación de materiales ecológicos en la construcción en Colombia, abordando su impacto ambiental, económico y social. A partir de los resultados obtenidos y de la revisión bibliográfica realizada, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En primer lugar, se confirma que el sector de la construcción en Colombia es uno de los principales consumidores de recursos naturales y generadores de residuos. La literatura revisada indica que aproximadamente el 40% del consumo energético global proviene de este sector, lo que resalta la urgencia de adoptar prácticas sostenibles (Borsani, 2014). La implementación de materiales ecológicos no solo contribuiría a la reducción de este impacto, sino que también optimizaría costos y mejoraría la eficiencia en las obras.

En cuanto a la viabilidad de los materiales ecológicos, los hallazgos del estudio revelan que existen múltiples opciones que pueden reemplazar a los materiales tradicionales sin comprometer la calidad estructural. Materiales como bloques de suelo-cemento y ecobloques han demostrado ser alternativas viables, siempre que se incorporen en procesos constructivos adecuados y se cuente con normativas claras que regulen su uso (Maury, 2014). No obstante, la falta de conocimiento sobre estos materiales en pequeñas y medianas empresas sigue siendo una barrera para su adopción.

Respecto a la propuesta presentada, se concluye que su implementación requiere una combinación de estrategias normativas, educativas y de mercado. La experiencia en otros países demuestra que los incentivos fiscales y las regulaciones que promueven la construcción sostenible han sido clave para la masificación de materiales ecológicos (Álvarez et al., 2020). En Colombia, es fundamental desarrollar políticas gubernamentales que impulsen su uso en proyectos de infraestructura y que incentiven la inversión en investigación y desarrollo de nuevos materiales.

Asimismo, se destaca que la percepción del sector constructor frente a los materiales ecológicos sigue estando dividida. Mientras que las grandes empresas han comenzado a implementarlos en sus proyectos, las pequeñas y medianas empresas aún muestran resistencia al cambio. La capacitación y la divulgación de los beneficios de estos materiales son esenciales para facilitar su aceptación en el mercado.

Finalmente, se concluye que la adopción de materiales ecológicos en la construcción colombiana es un camino viable y necesario para reducir el impacto ambiental del sector. Sin embargo, su éxito dependerá de la integración de políticas efectivas, la educación del sector y la inversión en tecnologías innovadoras. La sostenibilidad en la construcción no debe ser vista solo como una tendencia, sino como una necesidad inminente para garantizar el equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación del medio ambiente.

Materiales ecológicos, su impacto ambiental y sus beneficios frente a los materiales convencionales en Colombia.

Referencias

Acevedo Argüello, C., Zabala Vargas, S., Rojas Mesa, J., & Guayán Perdomo, O. (2020). Análisis de Redes Sociales como estrategia para estudiar los Sistemas de Innovación. Revisión sistemática de la literatura. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 13(2), 369-402. <https://doi.org/10.15332/s1657-107X>

A Gómez – J Gómez. (2019). *Sistema constructivo para muros divisorios en bloque de yeso*. [Web Log Post]. Recuperado de: <https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/58d780b1-5ffc-4ea0-9ad5-31c6037593ca/content>

Álvarez, D. E. R., Pérez, C., & Villanueva, J. (2020). *Material ecológico para construcción en vidrio, arena y poliplásticos (VAPoli)*. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 49-66. <https://doi.org/10.18359/rcin.4643>

ASOCRETO. (2022, junio 3). *MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL: EL QUÉ Y EL CÓMO. 360 EN CONCRETO*. Recuperado de: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/mamposteria-estructural/>

ASTM(2023). *Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile*. Recuperado de: https://www.astm.org/c0067_c0067m-21.html

ASTM(2010). *Standard Specification for Facing Brick (Solid Masonry Units Made from Clay or Shale)*. Recuperado de: <https://www.astm.org/c0216-07a.html>

C. H. (23 de julio de 2024). *Guía de la Construcción en Colombia - Paneles ACH*. Recuperado de: <https://panelesach.com/latam/co/2021/02/24/guia-construccion-colombia/>

CONPES.(2020). *Introducción a la construcción sostenible*. Recuperado de: <https://www.cccs.org.co/wp-content/uploads/2023/03/Guia-Introduccion-a-la-Construccion-Sostenible.pdf>

De la Roche, M. M., Estupiñán, A. M. V., & Pulido, M. A. (2021, 21 octubre). *Características e importancia de la metodología cualitativa en la investigación científica*. <https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/semillas/article/view/314>

Diario La República. (2022, marzo 18). *Material sostenible es usado actualmente en 35% de proyectos de vivienda del país*. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/material-sostenible-es-usado-actualmente-en-35-de-proyectos-de-vivienda-del-pais-3325123>

DNP (2018). *Política Nacional de Edificaciones Sostenibles*. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3919.pdf>

EBS. (2023). *La Construcción tiene una responsabilidad con el planeta*.

EUROPEAN BUILDING SUMMIT 2023. Recuperador de:

<https://europeanbuildingsummit.com/construccion-responsable/#:~:text=Como%20muestra%2C%20algunos%20datos%20del,se%20depositan%20en%20los%20vertederos.>

ECOINVENTOS, (2017, septiembre 11). *Un Nuevo Sistema Constructivo Que Ahorra Materia Prima Y Energía*. Recuperado de: <https://ecoinventos.com/ecoblock/>

Febres Ballon, G. M. y Vargas Guerra, M. E. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de material reciclado PET* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/14042>

FUNCIONPUBLICA(2015).*Decreto 1285 de 2015*. Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=62885>

Gareca Apaza, M. L. (2020). *Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos*. Revista De Ciencia, Tecnología E Innovación, 18(21), 25–61. <https://doi.org/10.56469/rcti.v18i21.366>

González, J. (2019). *Análisis comparativo entre materiales ecológicos y materiales convencionales con el propósito de determinar el grado de contaminación ambiental producido* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia].

Repositorio Institucional UCC. <https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/b407b7fe-f7cf-4898-bdf2-24fb544f56f8/download>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Recuperado de: (Sexta Edición). México D. F: McGraw-Hill.

ICONTEC(2016). *Etiquetas ambientales tipo I. Sello ambiental colombiano (SAC). Criterios ambientales para diseño y construcción de edificaciones sostenibles para uso diferente a vivienda*. Recuperado de: <https://tienda.icontec.org/gp-etiquetas-ambientales-tipo-i-sello-ambiental-colombiano-sac-criterios-ambientales-para-diseno-y->

[construccion-de-edificaciones-sostenibles-para-uso-diferente-a-vivienda-ntc6112-2016.html](https://www.ingeniariareal.com/construir-ladrillos-bloques-concreto/)

ICONTEC(2021). *Productos cerámicos de arcilla cocida*. Recuperado de: <https://tienda.icontec.org/gp-productos-ceramicos-de-arcilla-cocida-metodo-de-ensayo-de-expansion-por-humedad-ntc5202-2021.html>

Ingeniería Real. (2020, julio 21). *CONSTRUIR CON LADRILLO O BLOQUE DE CONCRETO*. Recuperado de: <https://ingeniariareal.com/construir-ladrillos-bloques-concreto/>

Ingeoexpert. (23 de julio de 2024). *Tipos de mampostería en la construcción*. Recuperado de <https://ingeoexpert.com/articulo/tipos-de-mamposteria-en-la-construccion/>

Kusha Ghoreisih. (2011). *Ecomateriales y construcción sostenible*. [Web Log Post]. Recuperado de: <https://isfcolombia.uniandes.edu.co/images/documentos/5dejulioecomateriales1.pdf>

La República. (28 junio de 2022). *Las compañías dedicadas a la construcción volvieron a facturar en números precovid*. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/especiales/las-1-000-empresas-el-ano-de-la-sostenibilidad/las-companias-dedicadas-a-la-construccion-volvieron-a-factuar-en-numeros-precovid-3391510#:~:text=De%20esta%20forma%20volvieron%20a,Constructora%20Colpatria%2C%20Odinsa%20y%20Concecol.>

Londoño, D. (2016). *Materiales alternativos ecológicos para la construcción de viviendas*. Repositorio Institucional Universidad de Pamplona. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1682/1/Londo%C3%B1o_2016_TG.pdf

Maury Pertuz, A. (2010). *Construcción y Medio Ambiente. Módulo Arquitectura - CUC*, 9(1), 105–114. Recuperado a partir de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/119>

MINAMBIENTE(2017).*Sello Ambiental Colombiano SAC*. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/sello-ambiental-colombiano-sac/>

MINDMEISTER. (23 de julio de 2024). *SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MAS UTILIZADOS EN COLOMBIA*. Recuperado de: <https://www.mindmeister.com/es/1052497478/sistemas-constructivos-mas-utilizados-en-colombia>

Nava Núñez, M. Y., & Martínez de la Cruz, A. (2024). *Materiales de construcción fotocatalíticos para reducir la contaminación del aire*. Ingenierías, 27(96), 3–10. <https://doi.org/10.29105/ingenierias27.96-944>

ICONTEC(2022) *establece el procedimiento que debe seguirse en las operaciones de tamizado de suelos, con el fin de determinar su composición granulométrica*. Recuperado de: <https://tienda.icontec.org/gp-suelos-ensayo-para-determinar-la-granulometria-por-tamizado-ntc1522-1979.html>

Páez, J. (2020). *Tipos de contaminantes atmosféricos asociados a la fabricación de ladrillos artesanales en Colombia*. Universidad Nacional, Abierta y a Distancia (UNAD). Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34072/Jpaezcl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: FEDUPEL. *Politécnico Grancolombiano*. (2015). Protocolos para aprobación de líneas de investigación de interés para los grupos de Investigación de las Facultades. Recuperado de: <https://apps2.poligran.edu.co/iaplicada/docs/98.pdf>

Palomeque, S. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques plásticos* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/b1fa0565-42db-417e-b459-0dfd567d513b>

Ramírez, A. (2016). *La construcción sostenible*. Recuperado de https://www.cofis.es/pdf/fys/fys13/fys13_30-33.pdf

Rangel, E. (2019). *Edificación sostenible, una alternativa para la construcción de viviendas*. Recuperado de: https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32675/RANGEL_ABRI_L_EDWIN_ALEXANDER_2019.pdf?sequence=1

Reyna Pari, C. A. (2016). *Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ef367925-ad7f-42f9-958d-53362352a3b7/content>

Rojas, J., Cañola, H., Venegas, K. (2021). *Bloques de tierra comprimida como alternativa de sostenibilidad en comunidades rurales (El Prodigio–Antioquia)*. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Recuperado de: (PDF) Bloques de tierra comprimida como alternativa de sostenibilidad en comunidades rurales (El Prodigio – Antioquia) (researchgate.net)

S Rovira, J Patiño, M Shaper.(2017). *Ecoinvación y producción verde*. [Web Log Post]. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/9a753cd7-8102-4535-bd27-8472cc6aa2a7/content>

Stretto. (2022, junio 29). *Ladrillos ecológicos: ¿qué son? Ventajas y usos*. Stretto Colombia. Recuperado de: <https://www.strettocolombia.com/post/ladrillos-ecologicos-incentivos-en-colombia-para-su-uso>

Susunaga-Monroy, J. M. (2014). *Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario*. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC. <http://hdl.handle.net/10983/1727>

U. Rosario. (23 de julio de 2024). *Thanatos empresarial: evolución del sector de la construcción en Colombia*. Recuperado de: <https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/f7459dfd-5c53-4893-b59e-6983d4c20c7f/content>

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA. (2020). *Implementación de materiales y técnicas alternativas para la construcción de edificaciones sostenibles en Colombia*. Recuperado de:

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/2cffa39d-e985-4ffb-8ac9-ea0927d1cdb0/content>

Universidad de Asturias. (6 de agosto de 2024). *Revisión teórica del estudio comparativo en bloques de arcilla y cáñamo industrial como alternativa de construcción sostenible*. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/48593>

Vera Solano, J. A. (2019). *La contaminación atmosférica por las actividades de la industria de la construcción en Colombia*. Revista Virtualpro, 213, 1-10. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/121008360/AirpollutionfromconstructionindustryactivitiesinColombia-libre.pdf>

Villao-Vera, R. A., & Llangarí-Romero, B. K. (2024). *Durabilidad de los materiales utilizados en proyectos de construcción ecológicos*. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación. ISSN: 2737-6249., 7(14), 2-18. Recuperado a partir de <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/207>

Zabala-Vargas, S., & Jaimes-Quintanilla, M. (2025). Tecnologías 4.0 (IOT y ciencia de datos) orientada a optimizar la gestión de proyectos de construcción. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-21. <https://epsir.net/index.php/epsir/article/view/1621>

Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M., & Ramírez-Martínez, D. (2024). PROJECT- BASED LEARNING AND EMERGING TECHNOLOGIES. A STRATEGY TO IMPROVE ACADEMIC PERFORMANCE IN THE TRAINING OF PROJECT MANAGERS. *18th International Technology, Education and Development Conference*, 5642-5646. <https://doi.org/10.21125/inted.2024.1469>