

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE



Título del trabajo

**“Análisis de la influencia de materiales reciclados para la construcción sostenible
en Latinoamérica”**

Juan Fernando Cantor Saavedra

Diego Alejandro Torres Peralta

Brenda Yalith Mondragón Barrero

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Febrero de 2025

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

**“Análisis de la influencia de materiales reciclados para la construcción sostenible
en Latinoamérica”**

Juan Fernando Cantor Saavedra

Diego Alejandro Torres Peralta

Brenda Yalith Mondragón Barrero

Docentes

Rafael Guillermo Arzuaga Mejía

Hugo Alejandro Muñoz Bonilla

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Febrero de 2025

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Contenido

1	Introducción	9
2	Planteamiento del problema y pregunta de investigación	11
2.1	Planteamiento del problema	11
2.2	Formulación de la pregunta	12
3	Objetivos	13
3.1	Objetivo General	13
3.2	Objetivos Especificos	13
4	Justificación	14
5	Marco de referencia	18
5.1	Marco de antecedentes	18
5.1.1	Sostenibilidad en la construcción	24
5.1.2	Economía circular	29
5.1.3	Principales certificados de construcción sostenible en Latinoamérica	31
5.2	Marco legal	37
5.2.1	Colombia	37
5.2.2	Perú	39
5.2.3	Ecuador	39
5.2.4	Brasil	40
5.3	Marco geográfico y espacial	41
6	Diseño de la investigación	45

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

6.1	Enfoque metodológico	45
6.2	Análisis de datos.....	46
6.3	Instrumentos de recolección de datos.....	48
6.4	Procedimiento de aplicación de instrumentos de recolección de datos	48
6.4.1	Identificar los tipos de materiales reciclados que están siendo reutilizados	48
6.4.2	Establecer los tipos de construcción sostenible	50
6.4.3	Caracterizar los impactos de sostenibilidad	51
6.5	Consideraciones éticas.....	52
7	Resultados y análisis.....	54
7.1	Tipos de materiales.....	58
7.2	Tipos de construcciones	60
7.3	Características.....	63
7.3.1	Países en Latinoamérica	63
7.3.2	Tipo de investigación	64
7.3.3	Resultados del proceso de investigación	65
7.3.4	Sostenibilidad	66
7.3.5	Palabras claves	69
8	Conclusiones	71
9	Anexos	73
9.1	Cronograma de acciones a desarrollar	73
9.2	Fichas bibliográficas	75
9.2.1	Ficha N° 1 Materiales plásticos en procesos constructivos	75
9.2.2	Ficha N° 2 Construcciones amigables con el medio ambiente	75
9.2.3	Ficha N° 3 Viabilidad ambiental para la construcción sostenible.....	76

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

9.2.4	Ficha N° 4 Aprovechamiento de PET.....	76
9.2.5	Ficha N° 5 Materiales sostenibles para proyectos de construcción	77
9.2.6	Ficha N° 6 Lodos de depuración para ladrillos cerámicos.....	77
9.2.7	Ficha N° 7 Escoria de acero para balasto ferroviario	78
9.2.8	Ficha N° 8 Residuos de pizarra para cemento portland	79
9.2.9	Ficha N° 9 Sostenibilidad en procesos de fabricación.....	79
9.2.10	Ficha N° 10 Comparación de propiedades mecánicas de concretos con residuos de plásticos.....	80
9.2.11	Ficha N° 11 Residuos de plástico para hormigón convencional	80
9.2.12	Ficha N° 12 Circularidad para la construcción y demolición	81
9.2.13	Ficha N° 13 Eco ladrillos con botellas PET	81
9.2.14	Ficha N° 14 Bloques ecológicos con plástico reciclado.....	81
9.2.15	Ficha N° 15 Morteros con conchas marinas.....	82
9.2.16	Ficha N° 16 Optimización de asfalto reciclado	82
9.2.17	Ficha N° 17 Cimentación ferroviaria sostenible con reciclaje de RAP	83
9.2.18	Ficha N° 18 Desechos de arroz para el sector de la construcción.....	84
10	Bibliografía	85

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Lista de figuras

Figura 1	Proceso de deconstrucción en el ciclo de vida de la edificación.....	29
Figura 2	Ejes temáticos Ministerio de Ambiente.....	35
Figura 3	análisis de resultados por países.....	42
Figura 4	análisis de resultados por año.....	42
Figura 5	análisis de resultados por palabras claves.....	43
Figura 6	Cebolla de la investigación.....	46
Figura 7	Materiales reciclados.....	58
Figura 8	Materiales tradicionales.....	59
Figura 9	Construcciones propuestas en las investigaciones.....	62
Figura 10	Países de Latinoamérica.....	63
Figura 11	Tipo de investigación.....	65
Figura 12	Resultados de las investigaciones.....	66
Figura 13	Factores de sostenibilidad # 1.....	67
Figura 14	Factores de sostenibilidad # 2.....	68
Figura 15	Palabras claves # 1.....	69
Figura 16	Palabras claves # 2.....	70

Lista de tablas

Tabla 1.	Elección de materiales sostenibles para proyectos de construcción.....	27
Tabla 2	cuadro de análisis bibliográfico.....	55

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo realizar una revisión documental de fuentes bibliográficas y científicas durante los últimos cinco años sobre la utilización de materiales reciclados en los procesos de construcción en Latinoamérica. Basándonos en el método mixto con enfoque deductivo y alcance analítico, referimos el concepto de sostenibilidad dentro de los parámetros ambientales, sociales y económicos de cada país dentro del estudio, como eje central del análisis. Hallamos que el plástico es el insumo más utilizado para la fabricación de eco ladrillos o mejorar el cemento portland; seguidos de otro tipo de elementos menos comunes como: conchas marinas, lodos de depuración y desechos de arroz. Igualmente, identificamos que la toma de decisiones conscientes de los profesionales es vital para caracterizar una edificación como sustentable, ya que, a pesar de usar materiales tradicionales, la selección de estos suma a mejorar las condiciones de la estructura en su ciclo de vida.

Palabras claves: sostenibilidad, desarrollo sostenible, economía circular, construcción sostenible, reciclaje.

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Abstract

The purpose of this research is to conduct a documentary review of bibliographic and scientific sources over the last five years on the use of recycled materials in construction processes in Latin America. Based on the mixed method with a deductive approach and analytical scope, we refer to the concept of sustainability within the environmental, social and economic parameters of each country within the study, as the central axis of the analysis. We found that plastic is the most commonly used input for the manufacture of eco-bricks or to improve Portland cement; followed by other types of less common elements such as: seashells, sewage sludge and rice waste. Likewise, we identified that conscious decision-making by professionals is vital to characterize a building as sustainable, since, despite using traditional materials, the selection of these adds to improving the conditions of the structure in its life cycle.

Keywords: sustainability, sustainable development, circular economy, sustainable construction, recycling.

Introducción

“En la naturaleza no hay recompensas ni castigos, sólo hay consecuencias” (R. Green Ingersoll, Procuraduría General de la Nación, diciembre de 2021), así comenzó su discurso, el abogado y politólogo estadounidense, en la jornada de reflexión sobre la naturaleza como víctima de la guerra y sujeto de derechos; y es que el planeta nos está advirtiendo desde hace varios años sobre los daños que hemos ocasionado, donde el ser humano parece carecer de conciencia sobre de la importancia de tomar medidas sobre el uso responsable del medio ambiente para preservar la vida y los ecosistemas.

Ante esto, se evidencia que la actividad constructiva es la industria que más explota recursos en el planeta donde “la mitad de ellos son no renovables; en general, se consume un 40% en piedras brutas, grava y arenas. Mientras, se usa un 25% de madera virgen por año.” (European Building Summit, 2023, p.1). Ocasionando un creciente interrogante sobre la conciencia medio ambiental y, en consecuencia, la sostenibilidad respetuosa de los recursos naturales.

Puesto que nos enfrentamos a nuevos retos para adoptar prácticas más amables con respecto al lugar que habitamos y así poder reducir la huella de contaminación. Bajo esta orientación, la utilización de materiales reciclados, como el plástico, es una alternativa muy prometedora para promover la construcción sostenible y contribuir a la economía circular.

El presente estudio tiene como objetivo investigar y analizar nuevas técnicas de construcción en Latinoamérica que hacen uso de diferentes componentes reciclados como material principal, buscando identificar las ventajas, desafíos y oportunidades que ofrece la

integración de estos en procesos constructivos sostenibles; identificando el uso con plástico o lodos de depuración para fabricar eco ladrillos hasta la instalación de paneles prefabricados, pasando por el refuerzo estructural de residuos de construcción y la creación cemento portland con insumos más razonables. La investigación pretende profundizar en estas técnicas emergentes, evaluando su viabilidad técnica y ambiental en el contexto actual de la industria de la construcción.

O como lo mencionan López Salazar, S. & García Marín, C. C, (2020):

La ingeniería y la construcción tienen una de las obligaciones más importantes en el desarrollo de estrategias para el cuidado del medio ambiente y disminución del impacto ambiental causado por el consumismo del ser humano, es el diseño y fabricación de edificaciones, piezas, productos y modelos sostenibles, por medio de los cuales se reducen factores de consumo y de riesgo como: exceso de energía, residuos contaminantes, cambio climático, sismos, entre otros. (p.9).

Para llevar a cabo esta investigación se emplea un enfoque mixto. A través de esta exploración, se espera aportar conocimientos relevantes que impulsen la adopción de prácticas constructivas más sostenibles y respetuosas con el entorno, fomentando así un desarrollo urbano más consciente y responsable con las generaciones presentes y futuras.

1 Planteamiento del problema y pregunta de investigación

1.1 Planteamiento del problema

De acuerdo al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2011):

La industria de la construcción es uno de los principales contribuyentes al agotamiento de los recursos naturales y un gran causante de efectos secundarios indeseables, tales como la contaminación del suelo, agua y aire; generación de desechos sólidos, desperdicios tóxicos y calentamiento global. El 40% de los materiales extraídos de la naturaleza tienen relación directa con la actividad de la construcción, el 17% del consumo de agua y el 25% de la explotación de madera; utiliza entre el 40% y 50% de la energía que se produce y el 50% del consumo de combustibles fósiles. (p,5).

La tala de árboles y la capa vegetal, la generación de residuos sólidos debido a la remoción y la excavación de tierra, la pérdida en la calidad del aire por las partículas de los elementos usados, el agotamiento del agua en la generación de materiales, vertimiento de contaminantes en suelos y acuíferos, al igual que gases y combustibles fósiles usados en las diferentes fabricaciones; pone la alarma para evaluar los planes ambientales en las diferentes etapas de construcción.

Y en su investigación Mamiam Vargas, J. (2022) sobre la Gestión de un sistema de construcción amigables con el medio ambiente, para vivienda sostenible adaptado a la ciudad de Pereira, Risaralda Colombia:

La constante explotación de la naturaleza, donde la elaboración de edificaciones está dejando una gran huella ecológica, y se evidencia que la construcción y el uso de

edificios es responsable de casi el 40 % de las emisiones de CO₂ y del 35 % del consumo de la energía en el mundo. (p.4).

Es por esto, que es urgente usar métodos de construcción más amigables con el medio ambiente, generar un enfoque a prospectiva donde evaluamos el impacto que generamos y las consecuencias a largo plazo, incluso a cientos de años, donde futuras generaciones no vean comprometidas su supervivencia ni cubrimiento de sus necesidades.

Esto, sumado al aumento de la demanda de obras civiles como viviendas, avenidas, centro de entretenimiento, edificios, centros educativos, medios de transporte entre otros; gracias al incremento de la población mundial, que según la ONU (2024) en América Latina habitan 660 millones de personas representando un total del 13,5% de la ocupación sumergida del planeta. En consecuencia, los gobiernos deben implementar estrategias para garantizar sus mínimos vitales y acceso a derechos como: vivienda digna, educación, recreación, desplazamientos seguros y dignos y demás, en los cuales intervienen los diferentes tipos de construcción, generando una alerta sobre cómo manejar el continuo requerimiento de urbanización sin afectar el medio ambiente.

Ante estas problemáticas mencionadas anteriormente, haciendo evidente la contaminación por parte de las industrias de la construcción, surge la pregunta problema que se enuncia a continuación y direcciona la realización de este trabajo de investigación.

1.2 Formulación de la pregunta

Debido a lo anterior, nos cuestionamos ¿cómo se están incorporando materiales reciclados en las técnicas de construcción entre los años 2019-2024?

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Analizar el uso de materiales reciclados para la construcción sostenible, a partir de una investigación documental para el periodo 2019-2024.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los tipos de materiales reutilizados en construcción sostenible que están siendo utilizados durante los años 2019-2024.
- Establecer los tipos de construcción sostenible que se han documentado entre los años 2019-2024.
- Caracterizar los impactos de sostenibilidad a partir de las construcciones con materiales reutilizados que comprende el periodo 2019 – 2024.

3 Justificación

La sostenibilidad en la construcción se ha convertido en una prioridad a nivel mundial, potencializada por la necesidad de reducir el impacto de las actividades humanas y promover el uso efectivo de los recursos. “En Colombia, se generan 22 millones de RCD al año, y se estima que para este año se incrementará la producción de obras en un 4,57%”, de acuerdo a la (Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL, 30 de Junio de 202, p.1); este panorama hace necesaria la exploración de nuevas técnicas en el área de la industria constructiva, debido a que somos un país con una creciente demografía, que incrementa la necesidad de desarrollo urbano; es así como la incorporación de prácticas más amigables con el medio ambiente es fundamental para asegurar un futuro más sostenible para todos.

La utilización de materiales reciclados en las obras civiles no solo contribuye a la reducción de desechos y a la conservación de los recursos naturales, sino que también puede ofrecer ganancias económicas significativas para las empresas. Sin embargo, para que estos residuos se integren de manera efectiva en la industria, es fundamental comprender su dominio y adecuarlos a la normatividad o parámetros de las diferentes regiones o países en Latinoamérica.

Este proyecto, titulado "*Análisis de la Influencia de Materiales Reciclados para la Construcción Sostenible*", se justifica por la necesidad urgente de reducir la huella ecológica del sector de la construcción, que es uno de los mayores consumidores de recursos no renovables, además se fundamenta en varios aspectos críticos que subrayan su importancia.

Como hemos venido hablando, tenemos claro que el área de la construcción es una de las principales por la creación de fuentes de residuos y el consumo de recursos naturales no

renovables. Es así, como este proyecto busca promover el uso de materiales reciclados para disminuir el impacto ambiental que estamos ocasionando, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y la degradación ambiental en la región andina:

Por ejemplo, en el foro de ARGOS 360 (2024) sobre la caracterización de los impactos ambientales de la industria de la construcción , se habla sobre:

La gestión responsable de la naturaleza es una necesidad y una estrategia para la sostenibilidad de la economía de un país. El punto de partida es la identificación de aspectos ambientales y la evaluación del impacto ambiental, en aras de analizar y evaluar los efectos y modificaciones que puede llegar a tener un sistema, organización, proyecto o sitio de construcción. (p.1).

O como manifiesta la presidenta del Consejo colombiano de construcción – CAMACOL (2021):

Las necesidades de los países en términos de urbanismo y el reto de estos con respecto a la reducción de la huella de carbono y la resiliencia al cambio climático todavía son muy grandes. Sin embargo, los urbanismos sostenibles tienen el potencial de incrementar sus beneficios a largo plazo. (p.1).

Igualmente, nos indica la Universidad Pontificia Bolivariana. (2020) en el artículo de Construcción sostenible en Colombia: cuestión de equilibrio y conciencia:

Desde la construcción sostenible, es posible lograr edificaciones habitables teniendo en cuenta el cuidado por nuestro hábitat. Esto consiste en mantener un equilibrio entre lo

social, lo económico y lo ambiental. Es decir, debe permitir la habitabilidad, reducir costos tanto en la obra como para el usuario y minimizar el daño al entorno. (p.1).

Para esto se requieren acciones soportadas por una buena planeación y toma de decisiones consientes, que tenga en cuenta el apoyo jurídico, social y financiero con una construcción colectiva que involucre tanto a los que regulan las normas como a los que ejecutan los proyectos, y a quienes en un futuro serán los habitantes.

El proyecto evaluará los usos técnicos de materiales reciclados y los tipos de construcción que los implementa, proporcionando argumentación sólidamente en la adopción de otros elementos en las diferentes edificaciones. A partir de la problemática que generan los residuos sólidos y teniendo en cuenta el daño ambiental y limitaciones económicas, es necesario diseñar y utilizar procesos de aprovechamiento de materiales reciclados, para incluir los residuos de construcción o demolición generados en las diferentes etapas del proceso constructivo de acuerdo con el modelo económico circular; y aplicarla en cuanto a reducción, reutilización y reciclaje.

Esto se debe a que es urgente, como nos expresa Martín Del Toro (2024):

La sensibilización y educación sobre la arquitectura sostenible son pilares esenciales para promover un futuro más ecológico y responsable. A través de programas educativos, campañas de concienciación, certificaciones, integración académica, ejemplos prácticos, charlas, colaboraciones y publicaciones; los diferentes profesionales como arquitectos, diseñadores, ingenieros y constructores tienen la responsabilidad y la oportunidad de liderar el cambio hacia prácticas de construcción más sostenibles. La adopción generalizada de estos métodos no solo beneficia al medio ambiente, sino que

también mejora la calidad de vida de las personas y fomenta un desarrollo económico más sostenible. (p.1).

Para terminar con este apartado, la creciente demografía en América Latina, agravan la problemática ambiental. Ante este fenómeno, el uso de materiales reciclados, como el plástico, barro cocido, fibrocemento, pinturas ecológicas, entre otros, emerge como una alternativa prometedora para motivar a la construcción razonable y contribuir a la economía circular.

Este estudio busca contribuir a la adopción de prácticas constructivas más respetuosas con el entorno y fomentar un desarrollo urbano consciente y responsable, incluyendo la necesidad de formar profesionales de la construcción en miras de un futuro más verde, que tomen decisiones constructivas dentro de sus labores; e igualmente, promover a la comunidad la compra de propiedades con construcción sostenible, dentro de los márgenes económicos, como la implementación de paneles solares o el uso de sistemas de recolección de aguas lluvias. Debido a que todos sumamos, en un planeta que solicita acciones oportunas y urgentes.

4 Marco de referencia

4.1 Marco de antecedentes

En las últimas décadas, el sector de la construcción se ha transformado adoptando soluciones innovadoras para reducir su impacto ambiental, “un factor clave en este cambio es la incorporación de materiales como el plástico reciclado, que se ha mostrado como un material más versátil, sostenible y rentable que las materias primas convencionales” (Pegoraro, M, 2024, p.2).

Mamiam (2022), nos cuenta que en la ciudad de Cali, Colombia una empresa llamada Conceptos Plásticos:

elaboró una vivienda hecha de plástico 100% reciclado, con el propósito de disminuir la contaminación producida por los desechos de polímeros; la elaboración de la vivienda disminuye la utilización de materiales pétreos como arena, triturado y cemento, así mismo baja de manera importante el uso de aceros, ya que solo se elabora concreto para la cimentación de edificación y en pañetes, para finalmente dar un acabado en pintura. (p.15).

Por otro parte, a nivel internacional la implementación del plástico en la construcción ha sido objeto de numerosas investigaciones. Es así, como se evaluó y se estudió la viabilidad de utilizar ECO ladrillos con molienda de botellas de PET reciclado para la edificación de viviendas sustentables, y se concluyó que “estos ladrillos presentan una resistencia a la compresión comparable a los ladrillos tradicionales, además de ventajas adicionales en términos de aislamiento térmico y reducción de peso.” (Escalada, 2019, p.16)

De manera similar, Honguín (2020) exploraron el uso de plásticos reciclados en bloques ecológicos para la construcción de obras menores y encontraron “que estos materiales no solo son viables sino también competitivos económicamente.”

En consecuencia, Brasil ha implementado la experimentación de ladrillos de lodo de depuración con aguas residuales de las plantas municipales de tratamiento para realizar ladrillos de cerámica ecológicos que puedan ser usados en viviendas habitacionales. Así mismo, como menciona Becker da Silva, Andrade, Zat, Steffler, Gonçalves, Tramontin y Rodríguez (2024):

El reciclaje de lodos de depuración en otros materiales ha surgido como una alternativa prometedora. En cambio, países desarrollados como Alemania, Polonia y Austria incineran SS como fuente de energía alternativa, considerando sus estrictas regulaciones y políticas ambientales. En Australia, Estados Unidos, China, Noruega, Francia, España y el Reino Unido, los lodos de depuración se utilizan principalmente en la agricultura, ya que contienen cantidades significativas de nitrógeno, fósforo y potasio. (p.2).

E igualmente en Brasil, se evaluó la posibilidad de reemplazar el cemento portland con cemento eco-eficiente por medio de desechos de pizarra, se determinó que se podía realizar estructuras de mayor resistencia que requieran mezclas de cemento o de cemento compuesto; y morteros destinados a cimentación de mampostería, muros de cimentación de mampostería, muros exteriores e interiores. O en palabras de Becker da Silva, Andrade, Zat, Steffler, Gonçalves, Tramontin y Rodríguez (2024):

El estudio permitió identificar una fuente alternativa y eficiente de materiales cementantes suplementarios (SCM) para la industria cementera brasileña . El nuevo

SCM aporta parámetros (finura, temperatura de calcinación, distribución de partículas, composición química y mineralógica, contenido alcalino e índice de actividad de resistencia) para la composición de una nueva mezcla cementante. Además, permite la producción y aplicación de un nuevo producto (cemento) que reduce la tasa de emisión de CO₂ en un 21,49 %. (p.15).

Y es que, con el aumento de la población mundial, específicamente en Latinoamérica, es crucial adoptar medidas de cuidado ambiental en la construcción de viviendas dignas y demás obras de infraestructura para un futuro más verde, por esto la exploración que se ha venido realizando en la región nos llevó a entender que la sostenibilidad se mide de acuerdo a tres (3) variables diferenciadoras: ambiental, económica y social, donde se conjugan para brindar desde diferentes perspectivas y enfoques que soporten la sostenibilidad de la construcción, especialmente en viviendas para los ciudadanos.

Esta revisión literaria examina estudios e investigaciones relacionados con el uso de diferentes materiales reciclados en la construcción, con el objetivo de identificar cuáles son las ventajas, las aplicaciones, los desafíos y las oportunidades de estas prácticas.

Los estudios revisados indican que los elementos de construcción son tanto eficientes como sustentables con el medio ambiente. Las comparaciones entre estudios muestran que las propiedades técnicas de estos materiales, a veces, incluso superiores a las de los elementos tradicionales. En este estudio se pudo concluir que la resistencia de los bloques de plástico, por ejemplo, se ve afectado por la siguiente variable, “a mayor densidad del polietileno agregado en la mezcla, la resistencia aumenta, confirmando que a mayor cantidad de plástico de alta densidad crece la resistencia con respecto al diseño” (López Salazar, S. & García Marín, C. C., 2020, p.7).

La revisión bibliográfica muestra que el uso de materiales reciclados en la construcción es una alternativa viable y sostenible que puede contribuir significativamente a la reducción de residuos contaminantes y a la mitigación del impacto ambiental. Sin embargo, para lograr una adopción más amplia, es necesario superar desafíos técnicos y económicos mediante la investigación continua y la legislación de políticas gubernamentales.

La expansión física de las ciudades y el número de habitantes urbanos ha crecido exponencialmente en las últimas décadas. Mientras que en 1950 el 30% de la población mundial vivía en zonas urbanas, esta cifra superó el 50% en 2015 y se proyecta que para finales del siglo XXI se sobrepase el 80%. Dicho crecimiento se dará, principalmente, en ciudades y zonas urbanas de países en vías de desarrollo, y si bien la región de latinoamericana ha presentado una rápida tendencia a la urbanización, todas las capitales de América Latina esperan el mismo resultado.

Colombia, al igual que muchos otros países de América y el Caribe, según el Departamento Nacional de Planeación (2017):

ha sido rápidamente urbanizada en las últimas décadas. La población que habita en centros urbanos (34,7 millones) representa un 78% actualmente, y las proyecciones indican que alcanzará 83,5% del total en 2035 -el equivalente a la población total actual del país hoy (45 millones). En la actualidad 63 ciudades tienen más de 100 mil habitantes, mientras que en 1951 había solo 6. Debido a esta dinámica de crecimiento, la población colombiana localizada en las ciudades pasó de representar un 40% del total en 1951 a un 78% en 2010, y se estima alcanzará 86% en 2050. (p.2).

En Brasil, el número de habitantes superó los 212 millones en 2024, en su capital Brasilia viven alrededor de 2 millones de personas mientras la ciudad más poblada, Río de Janeiro llegan a los 12 millones. Esto ofrece desafíos a la región sobre el cubrimiento de sus necesidades básicas sin perjudicar el bienestar de las futuras generaciones en el país.

Es importante mencionar, que cuando se habla de desarrollo urbano surgen múltiples enigmas, Mosquera y Noreña (2022):

El sector urbano presenta los siguientes problemas: la alta vulnerabilidad de los centros urbanos ante los desastres naturales (necesidad de gestión del riesgo), asentamientos ilegales sin provisión de servicios públicos y saneamiento básico o con conexiones riesgosas y de mala calidad, los asentamientos informales pasaron del 20% y cada vez son más los barrios de origen informal y la construcción de vivienda se está dando en su mayoría en las aglomeraciones, disminución de los ecosistemas y biodiversidad de los países por malos manejos y el uso de tecnologías poco amigables con el medio ambiente tanto en la zona urbana como en la zona rural, deficiencias en el manejo de escombros y desperdicios tras los procesos de construcción, los cuales terminan en los ríos o en las montañas generando contaminación. (p.19).

Los sistemas de construcción modernos se caracterizan por el uso de nuevas tecnologías y materiales innovadores, así como por la incorporación de sistemas ligeros que permiten una mayor velocidad en la ejecución y montaje de los elementos constructivos. Estas cualidades son altamente valoradas en la optimización del uso de los materiales, ya que simplifican la planificación y reducen los recursos económicos necesarios para alcanzar metas y objetivos de construcción. Sin embargo, siguen siendo poco usados en las edificaciones u obras de viviendas habitacionales, debido a la alta demanda. Puesto que, aplicar estos

métodos requiere de mayor estudio previo y permisos o certificaciones, que en muchos casos son desconocidos.

Según Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL (2021):

Colombia es uno de los países líderes mundiales en construcción sostenible. En noviembre de 2021, alcanzó más de 3 millones de metros cuadrados certificados. Esto lo ha convertido en un país con los mejores ecosistemas para mejorar la calidad de vida y contribuir al cuidado del medio ambiente. La meta es que una de cada cinco construcciones en el país esté certificada con EDGE. En consecuencia, esto contribuiría a una reducción del 51% de la huella de carbono en proyectos de construcción. (p.2).

Y es que, Mamiam (2022) nos dice en su investigación:

En Colombia actualmente hay 222 proyectos solares de autogeneración en operación, aprobados o en trámite, los cuales suman una capacidad de 187 MW. Al comparar los departamentos en términos de capacidad, el Valle del Cauca ocupa el primer con el 88%, seguido por Cauca con 9% y Antioquía con 2%". (P.15).

Además, se han venido haciendo esfuerzos para incentivar los proyectos sostenibles y disminuir el impacto al medio ambiente, con la elaboración de políticas ambientales, que están incursionando en todos los sectores económicos, así como el estudio de cuatro autores que publicó las Naciones Unidas, donde expresan que en el país (Colombia), desde principios de 1990, la política fiscal ha otorgado beneficios tributarios para la gestión e inversiones ambientales, en un inicio para plantaciones forestales y luego, se fue ampliando a prácticamente todas las actividades productivas. (p.23).

Atendiendo a esta necesidad de expansión del territorio debido a la demanda demográfica, se requiere mayores políticas en materia de sostenibilidad en la construcción en los diferentes países del mundo, especialmente en Latinoamérica, donde la pobreza y falta de recursos amenaza con abrir más brechas sociales y de acceso a mínimos vitales como la vivienda digna.

4.1.1 Sostenibilidad en la construcción

Para comenzar a abordar el termino, debemos preguntarnos primero ¿qué es la sostenibilidad?, es imperioso determinar con claridad la expresión para poder ponerle apellido. La idea fue acuñada por el jurista Alemán Hans Carlowien en 1713; debido a que el manejo “sostenible de los bosques era una realidad en muchos aprovechamientos comunales a lo largo de la geografía europea – y en numerosas culturas ancestrales –”, y es así como desde ese momento se convirtió en un concepto capaz de orientar desde lo comercial, políticas y estrategias.

Y la sostenibilidad se manifiesta como un enfoque que busca satisfacer las necesidades de la población actual sin comprometer las de las futuras generaciones. Se basa en el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. Donde lo económico introduce preocupaciones en la economía circular, crecimiento y rentabilidad; lo ambiental nos habla sobre el potencial calentamiento global, la conservación y/o recuperación de la naturaleza y el impacto ocasionado por el ser humano; mientras lo social se enfoca en el desarrollo de las comunidades, la dignidad de los sujetos, la supervivencia del planeta y las generaciones futuras. Es común encontrar, que se considera el concepto sólo desde el ámbito

ambiental, cuando las tres variables juegan un papel importante en la toma de decisiones conscientes que llevan a darle el nombre de *SOSTENIBLE* a algo.

Desde ahí, se ha introducido la definición a varios campos de investigación, se han desarrollado planteamientos y reflexiones en torno a este, con el objetivo de delimitar qué es sostenible y que es, de cierta manera, insostenible. Es así, López y García (2020):

la construcción sostenible se refiere a las mejores prácticas aplicadas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación), las cuales deben aportar de forma efectiva a minimizar el impacto ambiental del sector de la construcción y mejorar sus estrategias con respecto al tema del cambio climático, el consumo excesivo de productos y la pérdida de biodiversidad. (p,22).

Y en fabricación de obras el término de sostenible puede representar muchos factores, entre ellos la toma de decisiones, que incluso con materiales tradicionales de uso ordinario, pero menos abrasivos, la obra puede ser sustentable en su ciclo de vida como una construcción eco-amigable o sostenible. Es decir, en palabras de Figueiredo y Hammad (2021):

En la literatura, sin embargo, todavía se discuten muchas preguntas sobre la aplicación completa de la Evaluación de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida y muchos estudios todavía implementan solo una parte de la evaluación. Esto se debe principalmente a que los tres pilares de la sostenibilidad tienen diferentes niveles de madurez, lo que dificulta la amplia implementación de la Evaluación de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida . (p,2)

Los autores, en su estudio *“Elección de materiales sostenibles para proyectos de construcción: un marco de evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida basado en BIM y*

Fuzzy-AHP” donde a través del modelado BIM se ofrecieron cuatro (4) alternativas a un mismo proyecto de construcción, el cual era un edificio residencial de 36 unidades compuesto por 10 pisos (planta baja, ocho pisos y un techo) construido en Río de Janeiro, Brasil; se logra determinar que con materiales NO reciclados pero, con ayuda de los métodos Analytic Hierarchy Process (AHP) y Delphi, se logran tomar decisiones más conscientes en el uso de elementos menos nocivos y con menor huella ecológica.

Tabla 1. Elección de materiales sostenibles para proyectos de construcción

Categoría BIM	Alternativa 2 Materiales	Masa del material (kg)	Vida útil (años)	Distancia de transporte (km)
Techos	Placa de techo de aluminio (3,37 kg/ m ²)	5498	70	63
	Rejilla suspendida	1827	50	63
	Recubrimiento en polvo, material metálico	636.3	50	1
Puertas	Madera blanda doméstica, EE. UU., AWC - EPD	2333	30	38
	Tablero rígido de espuma de poliuretano (PUR)	135,68	75	29
Losas	Hormigón reforzado con fibra de vidrio	567.321	60 (Bolsa Blanca)	40
	Acero	81.409	60 (Bolsa Blanca)	18
Pisos	Azulejo de terracota	89,152	75	72
	Mortero de capa gruesa	13.280	60	72
	Lechada de cemento, Latricrete - EPD	372,1	60	72
Muros	Unidad de mampostería de hormigón (CMU), sólida	1.217.571	100	72
	Mortero tipo N	71.158	60	72
	Pintura, látex acrílico para exteriores	1052	10	24
Ventanas	Acrilamiento doble, aislado (aire)	4715	40	40

Fuente: Figueiredo, K. & Pierrot, R. & Hammad, A. & Haddad, A. (2021).

En el estudio, los autores plantearon cuatro (4) alternativas para la edificación y la compararon entre sí con las variables de sostenibilidad: social, económico y ambiental; además pidieron a diez (10) profesionales en ingeniería que seleccionan la más eficiente en términos de sostenibilidad, y la opción dos fue la más prometedora. El análisis de decisión de criterios múltiples, abrió un panorama sobre cómo los profesionales pueden elegir, aunque sean materiales tradicionales, pero los elementos en su conjunto suman menos contaminantes.

Otro mecanismo para la sostenibilidad en la construcción, es la deconstrucción de edificios, el cual es un nuevo concepto que ha surgido a partir de las demoliciones corrientes de obras civiles, pero con un objetivo claro de conservar el medio ambiente. De esta manera, a través de la deconstrucción se busca que los edificios tengan una nueva vida, pero con un claro respeto a la naturaleza.

La deconstrucción apenas tiene una década de vida, momento en el que se decidió apostar de manera ciega por la sostenibilidad. Antes, con la demolición los materiales se transportaban a escombreras o rellenos sanitarios, sin importar si eran plásticos, maderas, papeles o colchones, todo iba al mismo sitio.

Pero ahora la situación ha cambiado, la deconstrucción es deshacer un edificio, en el sentido inverso a la fabricación, pero todos los materiales susceptibles de reciclarse van a contenedores específicos para que así protejamos el medio ambiente. En la deconstrucción se pretende eliminar todos los materiales, pero recogidos en función de sus características. Así, los papeles se llevan a canecas específicas, los plásticos a contenedores especiales, los hierros a lugares de fundición, la madera se transforma en contrachapado, y otros materiales como trapos quedan comprimidos, de acuerdo al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023).

Figura 1 Proceso de deconstrucción en el ciclo de vida de la edificación

Nota. Se describe el proceso de deconstrucción en el ciclo de vida de la edificación.

Fuente: Construmática (2021).

4.1.2 *Economía circular*

En la búsqueda de métodos para prevenir el cambio climático, el calentamiento global y la contaminación, surge dentro de las dinámicas empresariales, como alternativa, la economía circular, donde se pueda inyectar nuevas fórmulas a la ecuación de ¿cómo cuidar el medio ambiente? Está nace bajo la primicia de un modelo de producción y consumo sustentable y circular.

Sus principales objetivos son reducir la generación de residuos en los sistemas de producción, aprovechar los diferentes tipos de materiales, desvincular el crecimiento económico del constante consumo de recursos, mejorar la calidad del ambiente, ggenerar bienestar social y ccrear nuevos empleos; e igualmente ajusta los beneficios a reducir los costos de producción,

evitar sobre pasar el límite de los recursos naturales, reducir la huella de carbono de los procesos de producción industriales y aumentar la prosperidad, el empleo y la adaptación. Logrando hacer frente a desafíos globales como el cambio climático.

La economía circular, apunta a invertir en minimizar el impacto ambiental de materiales tradicionales, contribuyendo a la sostenibilidad con prácticas responsables de compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos.

Como indica Llanos (2024), en su artículo sobre “Economía Circular y sus prácticas en la región andina”:

Otro sector que genera alto impacto ambiental, es el de la construcción, por ello, nuevas propuestas resultan alentadoras para la región, como la aplicación de principios de EC, para nuevos usos de infraestructuras; la gestión de residuos e iluminación de túneles; así como, prácticas en el procesamiento de residuos de construcción creando una cultura ambiental. En esta misma línea, el modelo de aprovechar residuos de construcción y demolición; impulsando la producción de materiales activados a partir de residuos, lo cual permite llegar a cero desperdicios. Estas iniciativas muestran la factibilidad de buenas prácticas cuando existe compromiso y concienciación. (p,12).

Esta re definición de la estrategia y la búsqueda de soluciones, orienta a las industrias en nuevos enfoques de sus maneras de producción y utilización de materiales, para poder contribuir al futuro verde que queremos.

4.1.3 Principales certificados de construcción sostenible en Latinoamérica

Sin lugar a dudas, esta urgente necesidad de generar construcciones sostenibles en reemplazo a los sistemas constructivos tradicionales ha evolucionado con base en los criterios para el desarrollo del proceso, la puesta en obra y en general todo el ciclo de vida de la edificación; es así como aumenta la utilización de materiales innovadores sostenibles que ofrecen un desempeño igual o superior respecto a los requerimientos técnicos necesarios para las construcciones en los cuales sean empleados.

Las certificaciones más usadas son Leed, Edge y Casa. Sin embargo, existen otros sistemas como HQE y BREEAM que se utilizan según las necesidades específicas de cada proyecto.

4.1.3.1 EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies):

El sistema de certificación EDGE fue diseñado por la International Finance Corporation (IFC) del Banco Mundial. Es un software gratuito que ayuda a diseñar edificios verdes calculando el ahorro energético durante el uso del edificio y la reducción de las emisiones de carbono, “permite identificar de forma rápida los costos de incorporar y opciones de ahorro en energía, agua y materiales.” EDGE (2024).

4.1.3.2 CASA Colombia.

Es un certificado creado por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), reconociendo proyectos sostenibles y saludables incorporando el concepto de sostenibilidad integral.

4.1.3.3 HQE (Haute Qualité Environnementale)

Es una certificación de origen francés, se enfoca en las actividades de promoción y en la investigación y el desarrollo. Contiene cuatro principios fundamentales de evaluación: confort, salud, energía y medio ambiente. “Estas categorías están organizadas en una serie de catorce objetivos particulares que contribuyen en equilibrar la protección del planeta y el bienestar humano.” (Stretto, 2023, p.1).

4.1.3.4 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology).

Creado en 1990 por el Building Research establishment (BREE) del Reino Unido, fue el primer sello de certificación desarrollado después del protocolo de Kyoto. “Es una herramienta que mide la sostenibilidad de distintos tipos de edificaciones, nuevas y existentes, se enfoca en los impactos de las edificaciones en su entorno.” (Stretto, 2023, p.2).

4.1.3.5 LEED (Leadership in Energy & Environmental Design).

Es el sello desarrollado originalmente en 1993 por el Consejo Estadounidense de Construcción Sostenible (United States Green Building Council, USGBC). Se enfoca en el desempeño del edificio y tiene versiones para construcciones nuevas, edificios existentes, operación y mantenimiento, interiores comerciales y envolvente y núcleo. “Este reconoce el uso de energías limpias a lo largo de todo el proceso de la construcción sostenible.” (Stretto, 2023, p.2).

LEED es un sistema de evaluación y de certificación de la sostenibilidad. Existen profesionales acreditados, aunque no existe la figura de certificador como tal, y dentro de este existen diferencias sustanciales:

4.1.3.5.1 Metodología.

Se trata de una técnica basada en métodos que posibilitan la obtención de créditos. Además, incluye prerequisites que se deben cumplir, junto con otros requisitos mínimos, para poder utilizar el sistema. Los créditos mencionados se organizan en categorías y la importancia de cada categoría está relacionada con los problemas relacionados con los efectos ambientales. “El Green Building Certification Institute (GBCI) es el único organismo que certifica edificios y es de carácter voluntario.” (García, 2020, p.1).

4.1.3.5.2 Estructura.

La versión actual del sistema incluye diferentes categorías: proceso integrador, localización y transporte, parcela sostenible, eficiencia en el uso del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad del aire interior, innovación y prioridad regional. También incluye otras categorías adicionales en función del Rating System elegido según el uso del edificio. Se pueden obtener hasta un total de 100+10 puntos, y existen cuatro niveles de certificación en función de los créditos conseguidos. “La revisión puede ser conjunta o bien separada (diseño y construcción). También certifica operaciones y mantenimiento del edificio. Incluye todas las fases del ciclo de vida del edificio.” (García, 2020, p.1).

4.1.3.5.3 Versiones.

LEED cuenta con diferentes sistemas (LEED Rating System) en función del uso del edificio: LEED Building Design and Construction and Major Renovations, LEED Core and Shell, LEED Interior Design and Construction, LEED Operations and Maintenance, LEED Neighborhood Development y LEED Homes. Dispone de adaptaciones en función del uso: escuelas, comercios, centros de datos, almacenes y centros de distribución, edificios residenciales y hospitales. También ofrece diferentes escenarios respecto a la gestión del proceso de certificación en función del número de edificios a certificar y sus características. También se puede certificar un prototipo (pre-certificación) que simplifica la certificación de edificios similares (LEED Volume), "muy útil para franquicias, por ejemplo. "Se ha extendido internacionalmente, por lo que existe flexibilidad para abordar las estrategias según el país donde se aplica (Global Alternative Compliance Paths)." (García, 2020, p.1).

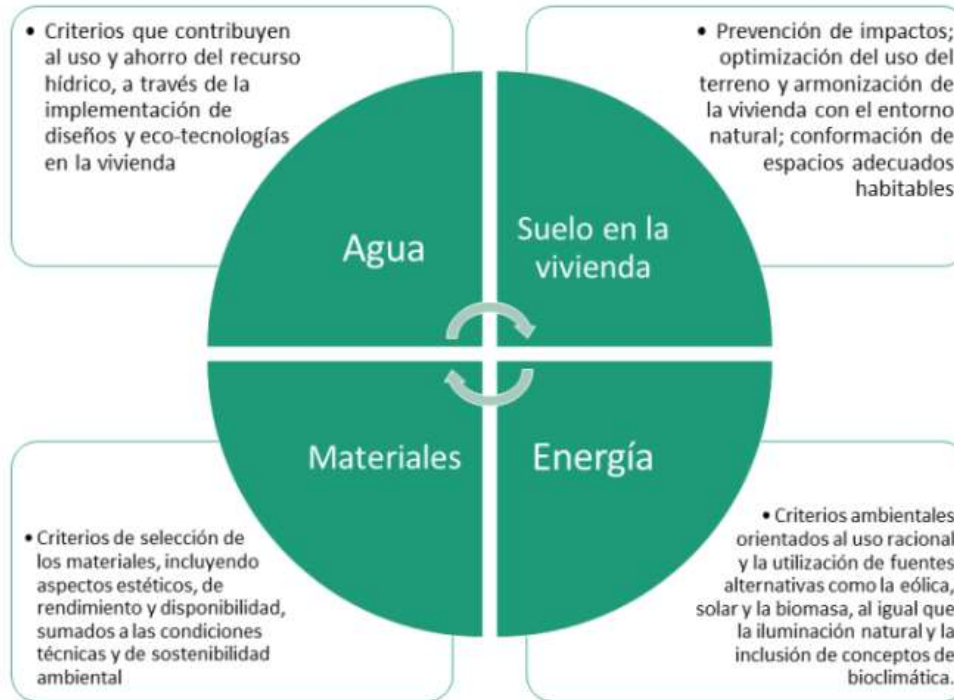
4.1.3.6 Sello ambiental colombiano para edificaciones sostenibles-SAC.

En el marco de la Política de Gestión Ambiental Urbana, el Ministerio de Ambiente desarrolló y publicó el documento «Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana», el cual integra un conjunto de propuestas, con enfoque principalmente preventivo, relacionados con el uso de recursos renovables. Los criterios allí propuestos se enfocan en tres objetivos básicos de sostenibilidad:

- Racionalizar el uso de los recursos naturales renovables.
- Sustituir con sistemas o recursos alternativos.
- Manejar el impacto ambiental producido.

Transversal a esos objetivos, se desarrollan fichas técnicas aplicables a cuatro ejes temáticos: agua, suelo, energía y materiales.

Figura 2 Ejes temáticos Ministerio de Ambiente



Nota. Breve explicación de los ejes temáticos según Ministerio de Ambiente

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011).

4.1.3.6.1 Características del sello ambiental.

- Hacer uso sostenible de los recursos que emplea (materia prima en insumos).
- Utilizar materias primas que no sean nocivas para el medio ambiente.

- Emplear procesos de producción que involucren menos energía o que hacen uso de fuentes de energía renovables.
- Considerar aspectos de reciclaje, reutilización o biodegradabilidad.
- Usar materiales de empaque preferiblemente reutilizables o biodegradables y en cantidades mínimas.
- Emplear tecnologías limpias o que generen menor impacto relativo sobre el ambiente.
- Indicar al consumidor la mejor forma para la disposición final.

4.1.3.7 La certificación SA8000.

De acuerdo a CSR Consulting (2023), se establece gracias a la Social Accountability International cuando se realizan prácticas éticas en organizaciones, pero se centra en varias industrias, no solo en la construcción.

Su principal característica, es el trato justo de los trabajadores con fundamento en los derechos internacionales para mejorar el bienestar y promover prácticas laborales responsables.

Como se mencionó anteriormente, es importante incluir en el panorama, el aspecto social desde lo sostenible y garantizar trabajo digno, con remuneraciones justas y condiciones óptimas para ejercer las actividades.

4.1.3.8 La certificación ENERGY STAR

Este hace el reconocimiento de edificios que operan de manera eficiente, “en un 75% de estructuras similares a nivel nacional, basándose en la puntuación del 1 al 100 de la Agencia de Protección Ambiental. Esta certificación refleja un compromiso con sistemas energéticos de alta eficiencia y requiere verificación anual para mantener el estatus.” (CSR Consulting, 2023, p.1).

4.2 Marco legal

En este apartado, se presentarán las normas que enmarcan los principales criterios para la construcción sostenible en Latinoamérica, abordaremos cuatro (4) países donde la norma fue más concreta en términos de sostenibilidad para abordar el área de edificación de viviendas y/u obras civiles.

4.2.1 Colombia

El 24 de septiembre de 2024 se dio inicio a la consultoría para la construcción de una línea base sobre el desempeño energético de edificaciones residenciales y oficinas en Colombia. Este proyecto es liderado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) junto a CEELA, y fue encomendado a la Universidad Industrial de Santander (UIS), teniendo como propósito definir estándares claros para el etiquetado energético en el país.

La creación de esta línea base es crucial para establecer un acuerdo nacional sobre el desempeño energético en el sector de la construcción, que actualmente es reducido. Esta iniciativa representa un importante avance hacia la sostenibilidad, mejorando la eficiencia

energética de las edificaciones y contribuyendo al desarrollo sostenible. Con ello, se busca un entorno urbano más saludable y responsable.

4.2.1.1 Norma Técnica Colombiana NTC-6112 de 2016

Estas son las etiquetas Ambientales Tipo I, de acuerdo al sello Ambiental Colombiano – SAC” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023), se establecen criterios ambientales para diseño y construcción de edificaciones sostenibles para uso diferente a vivienda. Esta referencia es pertinente en la aplicabilidad de criterios sostenibles dentro del ciclo de vida de las edificaciones.

4.2.1.2 CONPES 3919 de 2018

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible participó en el Consejo Nacional de política económica y social - CONPES 3919 (2018) para la creación de la Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, en el cual se establece como objetivo general:

Impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones a través de ajustes normativos, el desarrollo de mecanismos de seguimiento y la promoción de incentivos económicos, que contribuyan a mitigar los efectos negativos de la actividad edificadora sobre el ambiente, mejorar las condiciones de habitabilidad y generar oportunidades de empleo e innovación. (p.27)

4.2.2 Perú

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) de Perú aprobó el pasado 3 de septiembre de 2024 la versión final del Código Técnico de Construcción Sostenible (CTCS) mediante la Resolución Ministerial No. 299-2024-VIVIENDA.

Esta normativa tiene como objetivo principal reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la capacidad de adaptación de las edificaciones, promoviendo un desarrollo urbano más sustentable con el medio ambiente.

El CTCS, aprobado inicialmente en julio de 2015, ha sido objeto de varias modificaciones para ajustarse a las necesidades emergentes nacionales y globales. Con la última actualización, apoyada técnicamente por CEELA, Perú reafirma su compromiso con la construcción sostenible, estableciendo lineamientos claros sobre diseño y habilitación urbana. La normativa prioriza la eficiencia energética e hídrica, la mejora de la calidad ambiental, la reducción de residuos, y la promoción de la movilidad sostenible, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los peruanos.

Este avance también representa una oportunidad para intercambiar experiencias con otros países de América Latina en el marco del proyecto CEELA, promoviendo prácticas constructivas responsables que beneficien a la comunidad y reduzcan el impacto ambiental del sector.

4.2.3 Ecuador

De acuerdo al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2021), Ecuador ratificó la extensión del convenio de intercambio de saberes con la Agencia Suiza para la Cooperación y

el Desarrollo para el proyecto sobre el Fortaleciendo de Capacidades para la Eficiencia Energética en Edificios de América Latina.

La extensión del convenio refuerza la colaboración entre el proyecto CEELA y el Ministerio, enfocándose en actualizar la normativa de eficiencia energética en edificaciones, en particular en el ajuste a los valores prescriptivos de la envolvente térmica para adaptarlos a la realidad del mercado, así como la creación de un sistema de etiquetado energético de edificaciones. Además, se buscará fortalecer conocimientos en gobiernos locales para su implementación efectiva. Este esfuerzo conjunto es esencial para promover las capacidades técnicas del sector de la construcción en Ecuador y fomentar que todos los proyectos incorporen criterios de sostenibilidad desde su diseño.

Nicola Borregaard, directora del proyecto CEELA, y Pablo Lloret, gerente del proyecto para Ecuador, reafirmaron su compromiso de trabajar junto al Ministerio para acompañar al Comité Técnico de la actualización de la normativa, así como para dar inicio al desarrollo de un sistema de etiquetado energético para la vivienda.

4.2.4 Brasil

El implementó la nueva normativa Sello Verde, mediante el Decreto de Ley 12.063 donde el gobierno busca incentivar la creación de productos o servicios con calidad y sostenibles.

Según el Gobierno de Brasil (2024), este será voluntario y podrán obtenerlo las empresas que cumplan con los criterios de sostenibilidad socioambiental que se definirán en una norma técnica elaborada por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas.

Entre estos criterios podrán figurar, por ejemplo, los relacionados con la rastreabilidad de la producción, la huella de carbono, los residuos sólidos y la eficiencia energética. El Sello Verde Brasil será concedido por certificadoras que serán acreditadas por el Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología. (Gobierno de Brasil, 2024).

Igualmente, el Decreto-Ley 271 de 1967 de la Constitución Federal y la Norma Reguladora N° 18 establecen las condiciones dignas de los trabajadores de los diferentes tipos de construcción; además de los requisitos para andamios, plataformas, máquinas, equipos y herramientas.

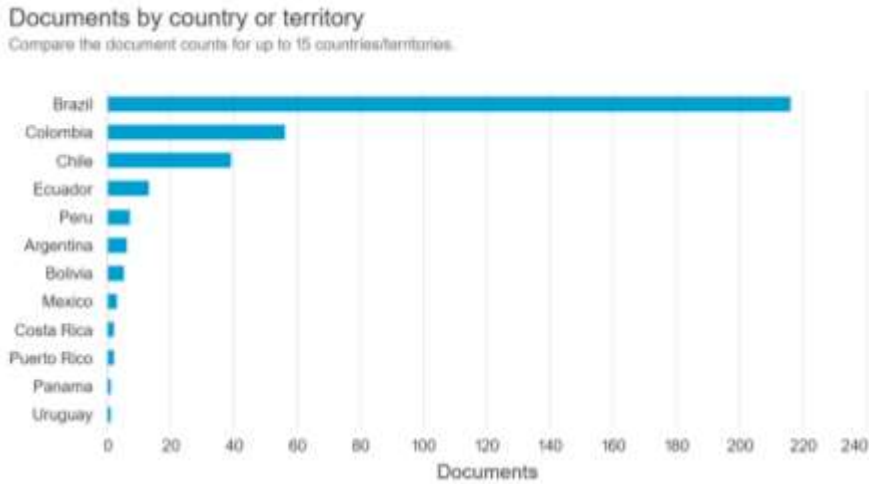
4.3 Marco geográfico y espacial

La investigación se llevará a cabo durante el período comprendido entre el año 2019 al año 2024. Este marco temporal permitirá recopilar datos sobre el uso de materiales reciclados en la construcción y evaluar su impacto en proyectos sostenibles recientes en Latinoamérica.

La investigación se enfocará en varias regiones de Latinoamérica, se buscará incluir tanto áreas urbanas como rurales para obtener una visión amplia del uso de materiales reciclados en diferentes contextos.

Se realizó una búsqueda documental en la plataforma *Scopus* donde se delimitó en los países del continente que tuvieran publicaciones sobre el tema de ingeniería, sostenibilidad y construcción, para lo cual se halló que en la región solo doce (12) tienen publicaciones académicas sobre las categorías utilizadas.

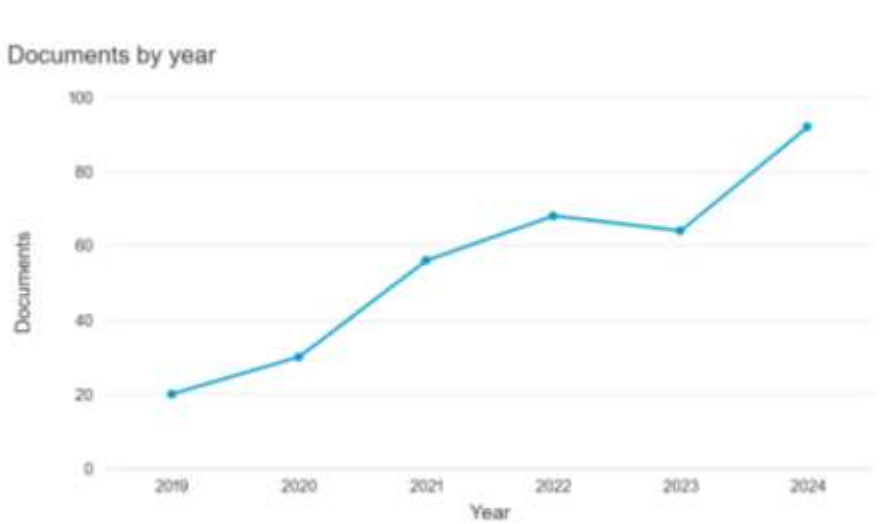
Figura 3 análisis de resultados por países



Fuente: análisis de resultados de búsqueda Scopus.

Se identificó que Brasil es el país con más investigación en el campo con un total de 216 documentos, siguiendo Colombia con 56 documentos, seguidos de Chile con 39. Igualmente, más de 6 países tienen menos de 5 publicaciones.

Figura 4 análisis de resultados por año

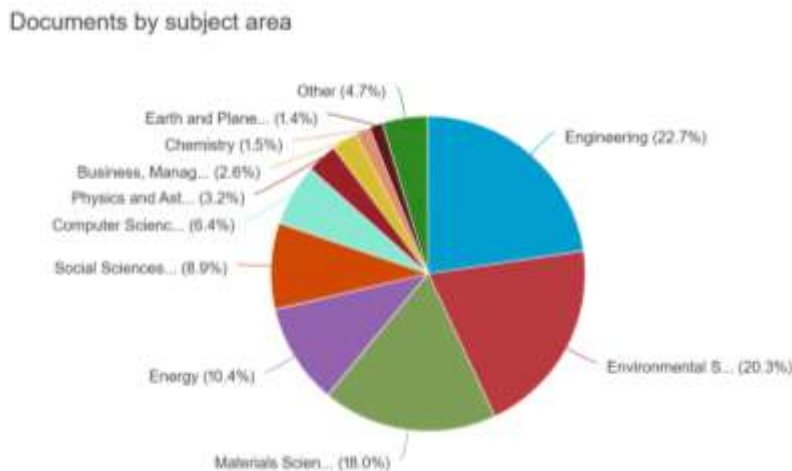


Fuente: análisis de resultados de búsqueda Scopus.

Por otro lado, se volvió notorio que en el 2024 se realizaron más publicaciones sobre los criterios de búsqueda; sin embargo, en 2023 hubo un declive de la incidencia en un 0.5%. Pero desde el 2019 hasta el 2024 se ha aumentado un 85% la investigación académica sobre construcción sostenible en América Latina. Aclarando, que la relevancia sigue siendo en los trece (13) países anteriormente mencionados.

Igualmente, el incremento se refleja como un aliciente ante las problemáticas medioambientales, puesto que la reflexión académica y su respectiva investigación, pueden ofrecer soluciones efectivas a la sostenibilidad en la construcción.

Figura 5 análisis de resultados por palabras claves



Fuente: análisis de resultados de búsqueda Scopus.

Los temas que se abordarán dentro de esta investigación incluyen:

- Tipos de materiales reciclados: Identificación y análisis de los materiales reciclados más utilizados (como plásticos, metales, vidrio y residuos de construcción).

- Beneficios ambientales: Evaluación del impacto positivo que estos materiales tienen en la reducción de residuos y emisiones de carbono.

- Normativas y políticas: Estudio de las regulaciones colombianas que fomentan el uso de materiales reciclados en la construcción.

- Casos de estudio: análisis de proyectos específicos que han integrado materiales reciclados, incluyendo sus resultados económicos y ambientales.

Y dentro de estos parámetros se plantearon las palabras claves: reciclaje, ingeniería, desarrollo sostenible, sostenibilidad, ciencia ambiental, ciencia de los materiales, energía, ciencias sociales, ciencias de la computación, ciencias de la tierra, negocios y gestión; registrando que la categoría de *ingeniería* tiene mayor porcentaje de investigación con un total de 164 documentos para un parámetro del 22.7%.

Teniendo en cuenta la información anterior, se seleccionaron veinte (20) elementos bibliográficos que cumplieran las características para poder realizar la revisión y caracterización de la investigación.

5 Diseño de la investigación

5.1 Enfoque metodológico

Esta investigación tiene un enfoque deductivo, “en donde se busca recopilar información a partir de la cual se puedan obtener datos clave, siendo ésta de carácter exploratorio” (QuestionPro, 2024, p.1).

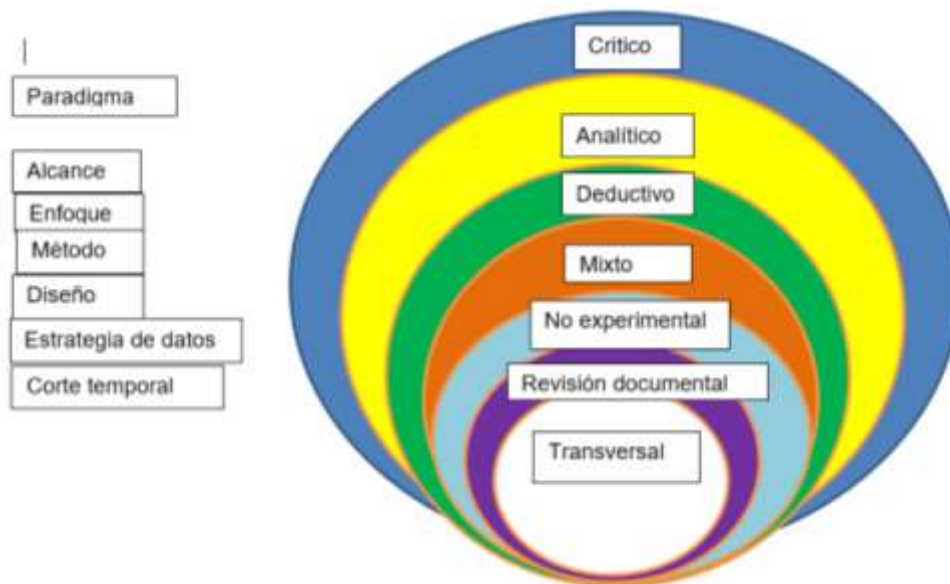
Este trabajo corresponde a una investigación de tipo mixta al utilizar las diferentes fuentes bibliográficas disponibles para recolectar investigaciones relacionadas con la influencia de materiales reciclados para la construcción sostenible en Latinoamérica.

Pretendemos realizar un mapeo sobre los materiales de construcción sostenible en Colombia y sus diferentes usos, para identificar cómo se ha venido introduciendo métodos como el modelo Toyota u otros, de países como Japón. El modelo Toyota o Lean, busca reducir los desperdicios y aumentar la eficiencia; fabricando únicamente lo que se necesita y cuando se necesita, y realizar un mapeo de la cadena de valor para optimizar las tareas realizadas.

Con la investigación mixta tendremos como objetivo, cualificar y cuantificar, a través de dieciocho (18) referencias bibliográficas entre los años 2019 y 2024 para resolver la duda si en los países de Latinoamérica se está logrando el objetivo de minimizar las huellas de desechos y realizando proyectos de construcción sostenibles.

5.2 Análisis de datos

Figura 6 Cebolla de la investigación



Fuente: creación propia a partir de Muñoz-Bonilla y Chaves-Campo (2023)

Con esta "cebolla de la investigación" como lo referencia (Muñoz Bonilla, 2023), queremos lograr identificar las diferentes capas que intervienen en nuestro proceso académico, logrando tener un panorama centralizado sobre los alcances y limitaciones.

Nuestra investigación sobre materiales reciclados para la construcción sostenible en Latinoamérica tiene un paradigma crítico, donde su alcance crítico identifique los diferentes usos de materiales reciclados de construcción que se han venido apropiando en el continente Latinoamérica durante los últimos cinco (5) años, realizaremos un enfoque deductivo haciendo un razonamiento lógico mediante fichas bibliográficas para llegar a las conclusiones.

En el método mixto identificamos concentrar la información de manera cualitativa para poder generar resultados concluyentes, que podamos exponer en un texto “ensayo académico” con el fin de ofrecer estrategias a las empresas en el país para implementar prácticas sostenibles con el medio ambiente en sus trabajos de construcción. La investigación es no documental, ya que buscamos herramientas ya categorizadas en el mundo académico que nos puedan acercar a datos concisos y claros.

Exponemos un proceso transversal de línea de tiempo de 5 años, y teniendo en cuenta el 2020 (a pesar de la pandemia) para identificar casos de éxito en la región sobre los procesos de construcción sostenibles, donde incluyan sistemas de fabricación eco amigables o prácticas de economía circular para recuperar materiales.

Según Muñoz y Chaves (2023):

La revisión de la literatura es esencial en la elección del tema. Los estudiantes deben investigar la literatura existente relacionada con su área de interés en fuentes reconocidas, como también analizar las brechas o áreas que necesitan más investigación. Esto puede ayudar a identificar temas prometedores y relevantes. (p.19).

Logramos identificar este fenómeno que se ha venido presentando en el país; incluso se puede decir que a nivel mundial sobre los miles de desechos de materiales de construcción que afectan la sostenibilidad del planeta.

Este trabajo obedece a un tipo de investigación documental, la información será recopilada por medio de herramientas documentales, principalmente artículos científicos y tesis que traten sobre el tema de este trabajo. “La investigación de tipo documental corresponde a un proceso de búsqueda, selección, lectura, registro, organización, descripción y análisis de

datos extraídos de fuentes documentales” (Hernández Sampieri, 2018) Esta investigación es de tipo documental al utilizar la bibliografía existente para analizar la influencia de materiales reciclados para la construcción sostenible en América Latica.

5.3 Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos en esta investigación se realizará con un diseño bibliográfico, para esto se recopiló la información relacionada con la influencia de materiales reciclados para la construcción sostenible en Latinoamérica. Se realizará una matriz de análisis documental: una tabla que resuma los hallazgos clave de cada documento revisado, comparando diferentes estudios y sus resultados sobre el uso de materiales reciclados en construcción sostenible con el fin de determinar los datos que son importantes para este trabajo. Y finalmente, se filtrará la información recolectada en un cuadro comparativo en Excel donde tendremos 3 criterios de evaluación: tipos de materiales, tipos de construcciones y características principales; en este analizaremos: país y/o ciudad, tipo de investigación, palabras claves, resultado (positivo, indefinido o negativo) e impacto en sostenibilidad de acuerdo a las tres (3) vertientes (medio ambiente, social y económico).

5.4 Procedimiento de aplicación de instrumentos de recolección de datos

5.4.1 Identificar los tipos de materiales reciclados que están siendo reutilizados

Se realizará la investigación bibliográfica comparativa de países latinoamericanos durante los años 2019-2024, a través de dieciocho (18) datos bibliográficos: por medio de Scopus se realizará para la indagación de los documentos que proporcionen información de la construcción en América Latina de manera sostenible. Igualmente, se realizará una ficha

bibliográfica que concentre la información de cada documento y se va a sistematizar cada documento para obtener los datos de los tipos de materiales usados en los procesos de construcción.

Y es que nos indica Mosquera y Noreña (2022):

Dichas afectaciones podrían atenderse mediante el concepto de sostenibilidad, el cual busca mitigar y controlar los impactos generados durante todo el proceso constructivo contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente, es por ello, que se pretende incorporar a la construcción tradicional algunos materiales sostenibles como el Hempcrete, el cual es un concreto hidráulico fabricado con fibras de cáñamo que puede ser utilizado en ladrillos, bloques o paredes revestidas, siendo hasta siete veces más fuerte que el concreto y pesa menos de la mitad, no se agrieta, posee un secado rápido, es adaptable al clima húmedo, su procesamiento es sencillo y el impacto ambiental es prácticamente nulo al no generar emisiones de dióxido de carbono ni grandes consumos de agua; al igual que técnicas sostenibles como la Evapotranspiración, Techos recolectores de agua lluvia, Paneles solares, plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros, entendiendo la vivienda como un elemento que hace parte de un todo y en su funcionamiento genera afectaciones en su entorno que deben ser mitigadas. (p.1).

Donde vamos a identificar esos tipos de materiales o decisiones que se toman en construcción para volverla de carácter sostenible, según la regulación del país en que se aplique. Puesto que, buscamos caracterizar esos métodos o nuevas alternativas, para volver desechos o residuos en productos reutilizables para las edificaciones.

5.4.2 Establecer los tipos de construcción sostenible

De acuerdo a la información arrojada en las bibliográficas se pretende identificar los tipos de construcción sostenible en la región, dónde se desarrollan y cómo están realizando estos procesos, qué métodos usan, y si logran implementar estrategias de construcción sostenible de países como Japón con el modelo Toyota o simplemente, se están generando nuevas alternativas desde sostenibilidad en la construcción. Con el cuadro comparativo, determinaremos estos tipos de construcciones, ya sean habitacionales, comerciales o de materia prima para las edificaciones.

Por ejemplo, encontramos que en la página web de Botellas de Amor es una fundación de Medellín dedicada a transformar residuos plásticos en obras sociales. Su estrategia de economía circular permite convertir plásticos flexibles en materiales reciclados, como mobiliario y viviendas, beneficiando a comunidades vulnerables. La organización ha logrado un impacto ambiental y social recuperando más de 4,000 toneladas de plásticos flexibles y 2,961 toneladas de plástico post industrial. Además, han realizado obras sociales entregando más de 500 obras sociales, incluyendo viviendas y parques infantiles. Igualmente, en cada proyecto generan una conciencia ambiental, promueven la responsabilidad comunitaria y la economía circular.

Su principal estrategia, es motivar a la sensibilización ambiental creando conciencia sobre el impacto de las acciones individuales en el medioambiente; y motivar a la comunidad la transformación de residuos; además, de promover la comercialización de productos, logrando vender productos hechos con plástico reciclado para generar ingresos y financiar más obras sociales.

Este tipo de iniciativas, dan esperanza en un futuro más verde, donde diferentes entidades y personas naturales, puedan promover en el uso de materiales reciclados en construcción, como indica López y García (2020):

La principal materia prima para la producción de plásticos, además del gas natural, es el petróleo. Cabe anotar que sólo el 5% del petróleo extraído se utiliza para la fabricación de plásticos, lo que representa una mínima cantidad de recursos no renovables, comparado con las ventajas y beneficios que se derivan de su transformación en incontables productos útiles. (p.18).

El reto como sector y país es que no sean solo los edificios, sino también las grandes obras de infraestructura, la construcción civil y los proyectos de VIS, los que incorporen, en sus diseños, construcción y operación, conceptos ambientales y sociales. (p.24).

5.4.3 Caracterizar los impactos de sostenibilidad

A partir de las construcciones con materiales reutilizados que comprenden el periodo 2019 – 2024 en trece (13) países latinos, vamos a realizar un cuadro comparativo de las principales cualidades de cada tipo de construcción y los materiales o métodos usados que se categorizan como sostenibles.

Dentro de esta comprensión bibliográfica, deseamos realizar un ensayo, como producto final, sobre los resultados del análisis documental sobre los materiales reciclados en la construcción sostenible en América Latina durante los años 2019-2024.

Para finalizar, con el objetivo queremos anexar un apartado donde exponamos todos los resultados obtenidos, la información recopilada y ofrezcamos prácticas de construcción

sostenible para las empresas; abriendo paradigmas sobre métodos eficientes (que no generen sobre costos) y de igual manera sean amigables con el medio ambiente.

Como se indicó anteriormente, la investigación se realizó utilizando la sección de búsqueda avanzada de Scopus con etiquetas de temporalidad, espaciales, temáticas y tipo de documento. El intervalo de tiempo utilizado es de 2014-2024, el lugar es los trece (13) países que se encontraron en la plataforma que pertenecen al continente. Las palabras claves fueron: reciclaje, sostenibilidad, desarrollo sostenible, ingeniería, ciencias sociales, ciencias ambientales, ciencias de los materiales, energía, ciencias de la computación, ciencias de la tierra y economía.

Se obtuvieron en total 330 resultados, de los cuales se descartaron 173 por tratarse de trabajos realizados que no cumplían con el mínimo de tipo de construcción, otros 44 artículos que no desarrollaban ninguna técnica o método sostenible en los materiales usados, y de los 113 restantes se analizó uno por uno cuál cumplía mejor los criterios de la investigación como referencia bibliográfica.

5.5 Consideraciones éticas

Al tratarse de una investigación tipo documental no se necesita (consentimiento informado y confidencialidad) sin embargo en el desarrollo del mismo se citan los documentos seleccionados para evitar el plagio.

Sin embargo, se analizará de manera juiciosa el uso de los materiales reciclados en la construcción en América Latina, dando carga de valor a las empresas sobre la utilización

apropiada de estos recursos; por lo cual, se evitará manejar prejuicios de valor sobre la abstención, negación o malas prácticas de las entidades y empresas.

6 Resultados y análisis

Durante la lectura minuciosa de los dieciocho (18) materiales bibliográficos, se conformó los parámetros de análisis para diagnosticar y caracterizar la información de las investigaciones que fueron consultadas en el ejercicio aquí descrito.

Con este objetivo, se creó una tabla en Excel donde se registró por ficha bibliográfica los tipos de materiales en: materiales reciclados usados en los procesos y los materiales tradicionales que se pretendía reemplazar, aclarando qué tipo de elemento era cada uno de estos.

Igualmente, se identificó, de acuerdo a los investigadores, sus propuestas diagnósticas y a qué tipos de construcciones apuntaban brindar una solución, además se registraron en: vivienda unifamiliar, edificio residencial, carretera, puente o ferrocarril; debido a que estos criterios fueron los más usados en los documentos.

Por otro lado, para reconocer las principales características de los insumos se realizaron cuatro (4) categorías, de las cuales dos (2) de ellas poseen tres (3) subcategorías; y estas son: país, tipo de investigación, palabras claves, resultados y concepto de sostenibilidad. Para la metodología, establecimos si los resultados que apuntaban los investigadores eran positivos, negativos o indefinido. Mientras, para el concepto de sostenibilidad, abordamos los tres elementos que hace referencia el significado que extendimos en el marco teórico, siendo estos: medio ambiente, económico y social.

Tabla 2 cuadro de análisis bibliográfico

Objetivos												
Fichas	1. Tipos de materiales		2. Tipos de construcción	País	Tipo de investigación	Palabras claves	3. Características					
	Material reciclado	Material tradicional					Resultado			Sostenibilidad		
							Positivo	Indefinido	Negativo	Ambiental	Economico	Social
Ficha 1	(Plástico)Polietireno reciclado y carpincol M-60 (adherente de koia)	Ladrillos o bloques de construcción	(Vivienda unifamiliar) Bloques de construcción para muros de baja carga para viviendas.	Colombia	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y EXPERIMENTAL.	Polietireno, reciclaje, bloques, resistencia.		X		X	X	
Ficha 2	(Plástico y paneles sonales) Sistemas: fotovoltaico, de re - utilización de aguas y uso de ladrillos plásticos de construcción.	Electricidad y ladrillos o bloques de construcción.	(Vivienda unifamiliar) Proyecto de vivienda habitacionales VIS o NO VIS.	Colombia	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.	Construcción sostenible, consumó energético, explotación, calentamiento global.	X			X	X	X
Ficha 3	(Plástico, caña de fibras de cañamo, corcho, barro cocido, techos recolectores de agua lluvia)Hempcrete. Evapotranspiración, Techos recolectores de agua lluvia. Fibrocemento. Pinturas naturales y ecológicas. Tuberías de Polipropileno, polibutileno y polietileno. Madera plástica. Corcho aglomerado. Concreto Reciclado. Fibras de celulosa de papel reciclado. Barro Cocido.	Muros, ladrillos o bloques de construcción, tuberías, pinturas, Cemento Portland	(Vivienda unifamiliar)Comparación de construcción tradicional y construcción sostenible para vivienda en el sector sub urbano del Municipio de Funza, "Cundinamarca", de dos plantas con una superficie de 200 m2 en estrato 3.	Colombia	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.	Aspecto ambiental, viabilidad financiera. Hempcrete, construcción sostenible.	X			X	X	X
Ficha 4	(Plástico) Eco bloques de plástico con material reciclado PET	Ladrillos o bloques de construcción	(Vivienda unifamiliar)Viviendas rurales en Colombia	Colombia	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.	Vivienda; PET; desperdicio de plástico; zona rural.	X			X	X	X
Ficha 5	No se usaron	Materiales óptimos para una construcción sostenible, de 4 diferentes alternativas, a través de los métodos Delphi y AHP, se determino cuál era la mejor, en terminos de durabilidad, para realizar el proyecto.	(Edificio residencial) Edificio residencial de 36 unidades compuesto por 10 pisos (planta baja, ocho pisos y un techo) construido en Río de Janeiro, Brasil. Cada unidad consta de dos dormitorios, una sala de estar, una cocina, un baño y un área de servicio . La vida útil del edificio considerada en este trabajo es de 60 años.	Brasil	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y COMPARATIVO.	Uso del software BIM, toma de decisiones, método delphi, método Analytic Hierarchy Process (AHP).	X			X	X	X
Ficha 6	(Lodo de depuración) Ladrillos de cerámica ecológicos con aguas residuales de las plantas de tratamiento	Ladrillos o bloques de construcción	(Vivienda unifamiliar)	Brasil	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y COMPARATIVO.	Ladrillos cerámicos, economía circular, lodos sólidos, ecológico, gestión sostenible, productos de desecho.	X			X		

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Ficha 7	(Escoria de acero) Escoria de acero, un subproducto generado en la planta de Ternium.	Balasto ferroviario	(Ferrocarril)	Brasil	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y COMPARATIVO.	Resistencia, compresión, sustitución de balasto con escoria de acero, ferroviaria.	X			X	X	
Ficha 8	(Residuos de pizarra) Residuos de pizarra tratados térmicamente.	Cemento Portland CEM II	(Edificio residencial, vivienda unifamiliar, carreteras y puentes)Estructuras de mayor resistencia que requieran mezclas de cemento o de cemento compuesto; y morteros destinados a cimentación de mampostería, muros de cimentación de mampostería, muros exteriores e interiores.	Brasil	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y COMPARATIVO.	Evaluación del ciclo de vida, residuos de pizarra, actividad de la puzolana, ecoeficiente, reciclaje, cemento ecoeficiente.	X			X	X	
Ficha 9	No se usaron	Metales, soldadura y pintura electrostatica.	(Edificio residencial, vivienda unifamiliar, carreteras y puentes)Edificaciones que requieran metales, soldadura y pintura.	Brasil	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.	Fundición de metales, producción sostenible de materiales.	X			X	X	
Ficha 10	(Plástico) Residuos de tereftalato de polietileno (PET)	Cemento Portland	(Edificio residencial, vivienda unifamiliar, carreteras y puentes)Concreto, mormigón para construcciones de vivienda e infraestructura.	Colombia	ESTUDIO COMPARATIVO.	Mayor resistencia a la compresión, solución a la eliminación de residuos plásticos, Sostenibilidad, hormigón ligero, residuos PET, hormigón verde	X			X	X	X
Ficha 11	Residuos de botellas de plástico	Hormigón convencional o cemento tipo portland.	(Edificio residencial, vivienda unifamiliar, carreteras y puentes)	Perú	ESTUDIO EXPERIMENTAL.	Compresión, fibras PET, doblado, hormigón, reciclaje.	X			X	X	
Ficha 12	Desechos de construcción (RSD).	No se determinaron.	(Edificio residencial, vivienda unifamiliar, carreteras y puentes)Aprovechamiento para diferentes tipos de construcción.	Colombia	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.	RCD; gestión; ciclo de vida; economía circular; construcción; reciclaje.	X			X	X	

MATERIALES RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Ficha 13	(Plástico) Fabricación del ECO Ladrillo con botellas de PET Reciclado.	Ladrillos o bloques de construcción	(Vivienda unifamiliar)Viviendas sustentables de bajo costo.	Ecuador	ESTUDIO EXPERIMENTAL.	Ladrillos con plástico PET, ECO Ladrillos, Plástico reciclado. Ladrillo Ecológico	X			X	X	X
Ficha 14	Fabricación del ECO Ladrillo con botellas de PET Reciclado.	Ladrillos o bloques de construcción	(Vivienda unifamiliar)Construcción de obras menores.	Ecuador	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y EXPERIMENTAL.	Polietileno tereftalato (PET); bloque ecológico; impacto; prototipo; resistencia a la compresión; agregado fino; dosificación.	X			X		X
Ficha 15	Conchas marinas recicladas	Cemento Portland	(Edificio residencial, vivienda unifamiliar, carreteras y puentes	Chile	ESTUDIO EXPERIMENTAL.	Conchas marinas, reciclaje, innovador, sostenible, construcción.	X			X		
Ficha 16	Zeolita y aceite de semilla de algodón	Pavimento o hormigón	(Carreteras y puentes)	Brasil	ESTUDIO EXPERIMENTAL.	Reciclaje, economía circular, construcción sostenible, aceite de semilla de algodón, zeolita.	X			X		
Ficha 17	Pavimento asfáltico recuperado (RAP)	Balasto ferroviario	(Ferrocarril)	Colombia	ESTUDIO EXPERIMENTAL.	Reciclaje, pavimento, ferroviaria, economía circular, material recuperado.	X			X		
Ficha 18	Desechos de arroz	Adoquines de cemento,	(carreteras)	Colombia	ESTUDIO EXPERIMENTAL.	Reciclaje, sostenibilidad, economía circular, concreto, ecomaterial.	X			X		X

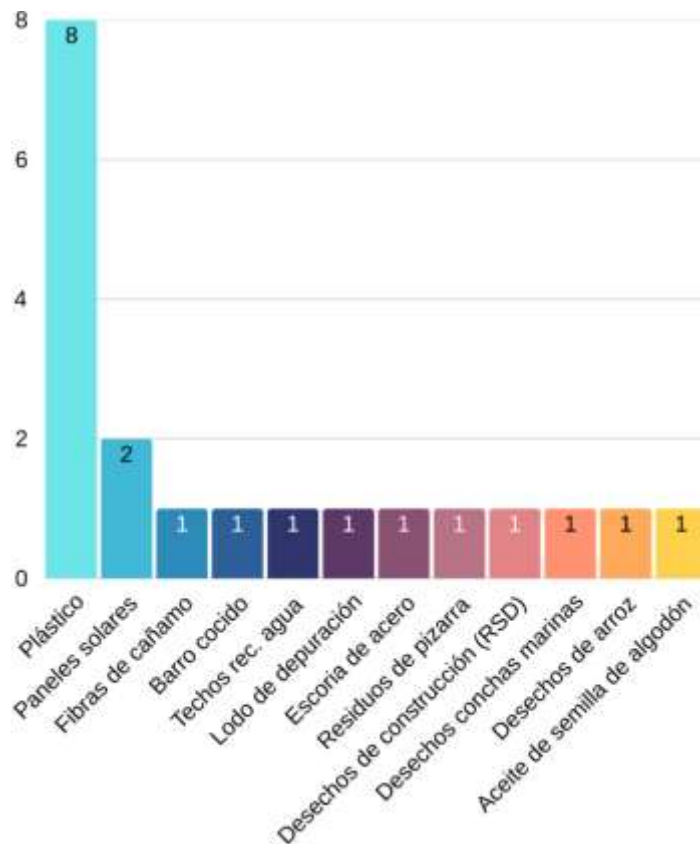
Fuente: creación propia.

Con este insumo, realizamos las comparaciones pertinentes y el análisis de datos, para distinguir los antecedentes y recolectar las referencias necesarias que planteamos en los objetivos.

6.1 Tipos de materiales

En la asociación de datos, logramos determinar que varios documentos, en total ocho (8) de los dieciocho (18), es decir un 44%, usaban el plástico en sus diferentes variaciones para realizar las investigaciones de sustitución de materiales tradicionales, y la utilización de paneles solares un 0.36%, como propuesta sostenible en las construcciones fue la segunda opción más estudiada.

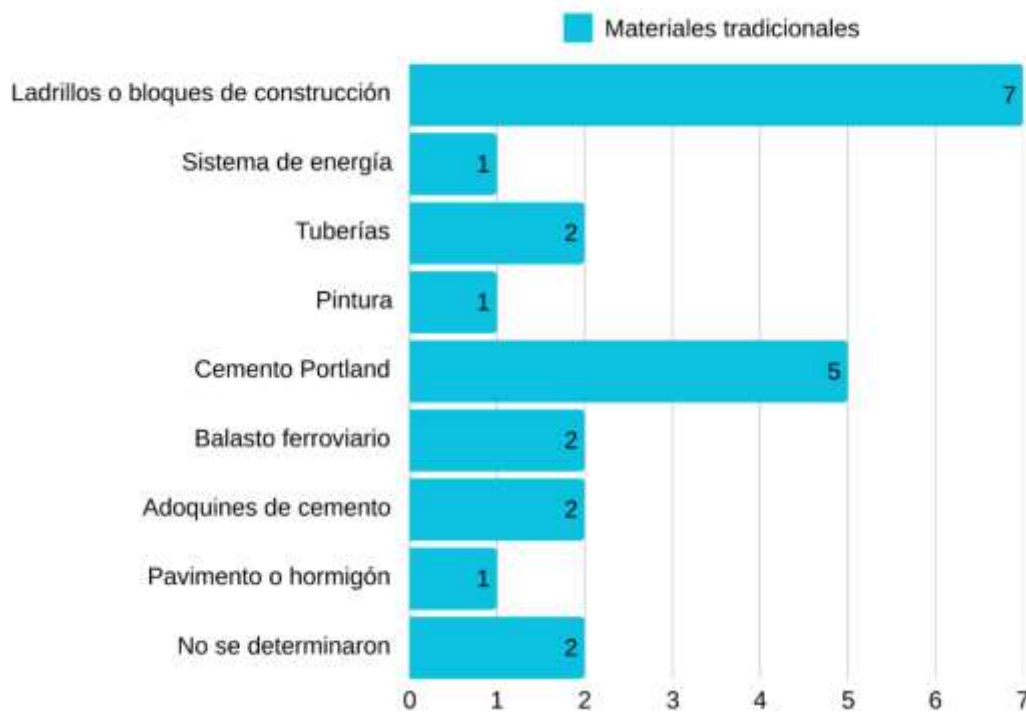
Figura 7 Materiales reciclados



Fuente: creación propia.

De allí, concluimos que los científicos buscar variedad de insumos en los recursos naturales desechados de otros procesos, como el arroz o las conchas de mar, para incluirlos en los agregados de elementos convencionales y así lograr reducir la contaminación por carbono, efecto invernadero y demás problemas por las sustancias nocivas.

Figura 8 Materiales tradicionales



Fuente: creación propia.

Entre tanto, el 20% de las investigaciones incursionaban en la fabricación de ladrillos o bloques de construcción para sustituir con eco – bloques PET; mientras el 15% buscaban soluciones a la elaboración del cemento Portland con insumos menos nocivos para el medio ambiente como el aceite de semilla de algodón. E incluso, se pretende reciclar, en un concepto de economía circular, residuos de construcción para hacer pavimento que resista el peso que requiere las vías.

No obstante, de las ocho (8) referencias al plástico PET como material reciclado aprovechable para la construcción, se diagnosticó siete (7) de estos en eco – ladrillos y solo en una ocasión se referencio la posibilidad de usarlo en la preparación de cemento Portland con la intención de minimizar otro tipo de agregados dañinos.

Se descubrió, que la construcción de vías férreas, es una problemática, la cual no teníamos dimensionada en el inicio de la investigación, ya que el balasto ferroviario son piedras trituradas que se disponen debajo de las vías del tren. El proceso requiere de excavación, generando gran contaminación y daño a la naturaleza. Encontramos dos (2) investigaciones que ponen sobre el panorama la opción de usar desechos de escoria de acero y pavimento asfaltico recuperado (RAP), promoviendo la economía circular en el proceso de construcción sostenible de medios de transporte.

Por último, logramos descubrir que la toma consciente de decisiones, a través de métodos científicos como el Delphi y Analytic Hierarchy Process (AHP), o el uso de software de modelación como BIM, proporcionan a los profesionales en el área constructiva herramientas para decidir de manera más sostenible sobre el uso de materiales, así sean tradicionales, pero con menor impacto ambiental; ya que la suma de todos los elementos en una obra puede ocasionar más o menos huellas de contaminación.

6.2 Tipos de construcciones

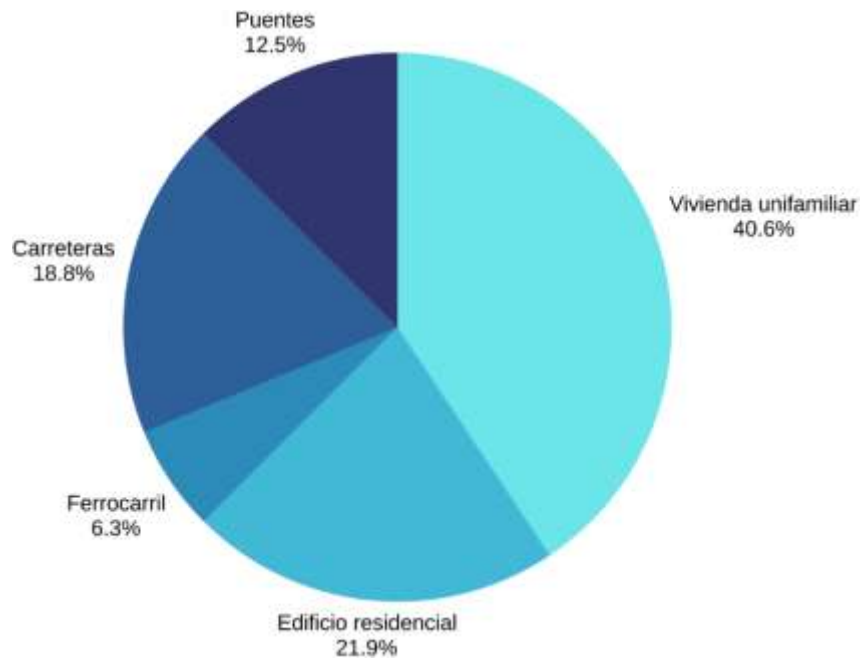
Desde el inicio de nuestro planteamiento, notamos que debido el constante crecimiento demográfico en la región se ha vuelto una necesidad urgente construir más obras de viviendas para las familias; aquí soportamos nuestra afirmación, ya que el 40,6% de las fichas bibliográficas consultadas trataban de resolver esta problemática.

Los investigadores abordaban el imperativo requerimiento de las personas por adquirir casa propia a bajo costo, pero era imperante que este requisito se atiende con materiales eficientes que cumplieran con su ciclo de vida y rentabilidad bajo los parámetros de la sostenibilidad ambiental.

Igualmente, la proyección de edificios residenciales sumo un 21,9 % de los tipos de construcción que se busca realizar de manera más sustentable. En este tipo de fabricaciones se ampliaba la visión a paneles solares y techos de recolección de aguas lluvias, para que el inmueble sea más auto gestionable con los recursos que la naturaleza entrega y poder reducir el consumo de energía y agua dentro de estos a la largo de su utilidad.

Sin embargo, carreteras y puentes no quedaron por fuera de la ecuación, puesto que son necesarias para los desplazamientos a sus hogares de los habitantes. 18,8% y 12,5% respectivamente, fueron las investigaciones que se centraron en cubrir estos tipos de construcciones, que requieren más resistencia y durabilidad en el tiempo.

Desechos de construcción y conchas marinas fueron algunas de las propuestas entregadas en los informes consultados, donde el cemento Portland puede ser realizado con estos insumos más amigables y en ciertos casos más resistentes, logrando mayor durabilidad y calidad en el producto final.

Figura 9 Construcciones propuestas en las investigaciones

Fuente: creación propia.

Por último, y sorprendentemente la exigencia en infraestructura de ferrocarriles menos contaminantes fue la sugerencia más innovadora, evidenciando que el material recuperado de otras obras que cumplieron su ciclo de vida, puede funcionar perfectamente en un circuito de economía circular, garantizando el reciclaje de estos desechos y evitando la sobre explotación de la naturaleza.

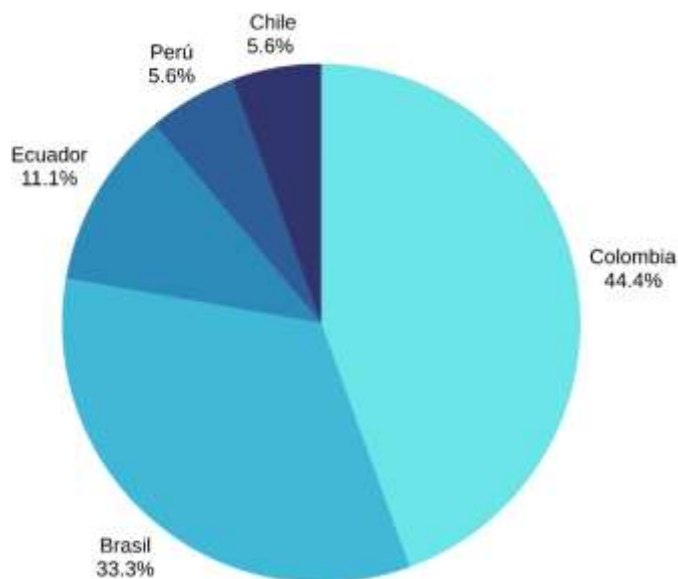
6.3 Características

Para este apartado, a través de la tabla de análisis identificamos cinco (5) características de evaluación para nuestro estudio. Estas son: países en Latinoamérica, tipos de investigaciones, resultados finales, manejo del concepto de sostenibilidad y palabras claves o conceptos más usados, de los cuales desarrollamos a continuación de manera minuciosa:

6.3.1 Países en Latinoamérica

De los doce (12) países de Latinoamérica referenciados en la página 39 con el análisis de Scopus sobre las naciones que más investigaban de acuerdo a los parámetros de búsqueda, en el ranking cinco (5) quedaron Brasil, Colombia, Chile, Ecuador y Perú. En nuestro proceso de indagación, fueron estos los más estudiados, debido a que había más contenido académico que se ajustaban a nuestras necesidades de consulta.

Figura 10 Países de Latinoamérica



Fuente: creación propia.

En consecuencia, leímos ocho (8) artículos de Colombia representando un 44,4%, seis (6) de Brasil siendo un 33,3%, dos (2) de Ecuador sumando un 11,1% y uno (1) de Perú y Chile, añadiendo un 5,6% cada uno a la caracterización por región.

Identificamos que, en efecto, estos países son los que tienen más información de tipo investigativa en cuanto a ingeniería y ciencias de los materiales reutilizados o sostenibles, tratando problemáticas como el aprovechamiento de residuos de desechos que se encuentran en sus territorios – a la mano -, y en general la implementación del plástico para uso de viviendas en más estudiado en Colombia, seguido de Ecuador.

Sin embargo, Brasil se enfoca en múltiples tipos de componentes, a veces más innovadores, como ladrillos de cerámica con lodo de aguas residuales o reemplazo de elementos contaminantes del pavimento con zeolita y aceite de semillas de algodón.

No obstante, la pesquisa en Colombia llegó a la indagación de soluciones con los desechos de los plantíos de arroz para realizar adoquines de cemento; y en Chile el uso de conchas marinas, por su alto contenido de calcio, para sustituir la cal en la producción de cemento Portland.

6.3.2 Tipo de investigación

Añadiendo a nuestro análisis determinamos el tipo de estudio en que los investigadores orientaban sus procesos académicos, identificamos que el bibliográfico, mismo que estamos implementando, es el más usado en un 28%, sumando bibliográfico - experimental un 11% y bibliográfico – comparativo un 22%; como resultado el 61% de los documentos consultados sondearon revisión literaria para darle soporte a sus hipótesis.

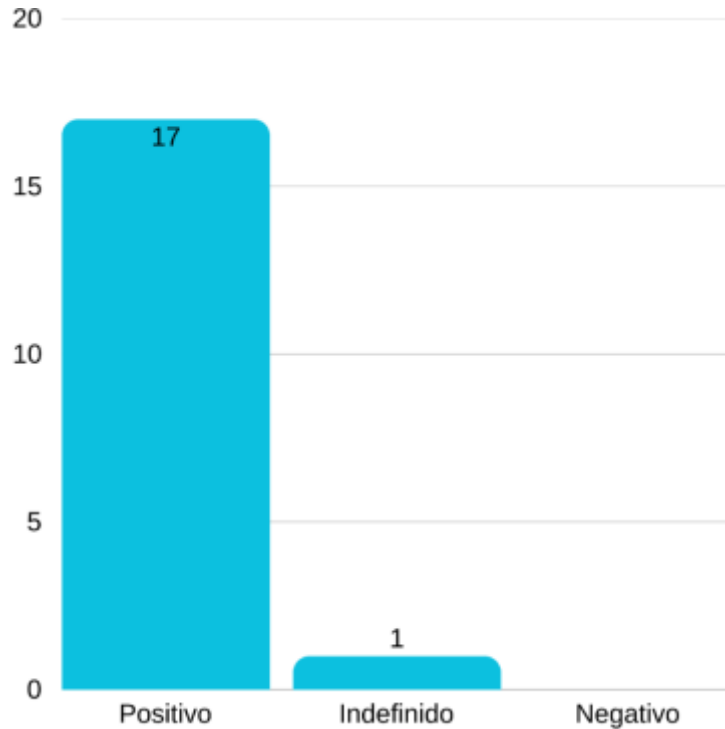
Figura 11 Tipo de investigación

Fuente: creación propia.

Por otro parte, el experimental sin otro añadido tuvo un total del 33% y el comparativo un 6%. Revelando que es de gran importancia las consultas previas para encaminar el conocimiento hacia nuevas formas de construcción sostenible en Latinoamérica y mejoramiento de prácticas sustentables en los procesos de creación de materiales más amigables con el medio ambiente.

6.3.3 Resultados del proceso de investigación

En relación a las ideas anteriores, también catalogamos los resultados de las investigaciones, donde los autores manifestaban de manera clara en las conclusiones si los objetivos de sus consultas fueron positivos, negativos o indefinidos.

Figura 12 Resultados de las investigaciones

Fuente: creación propia.

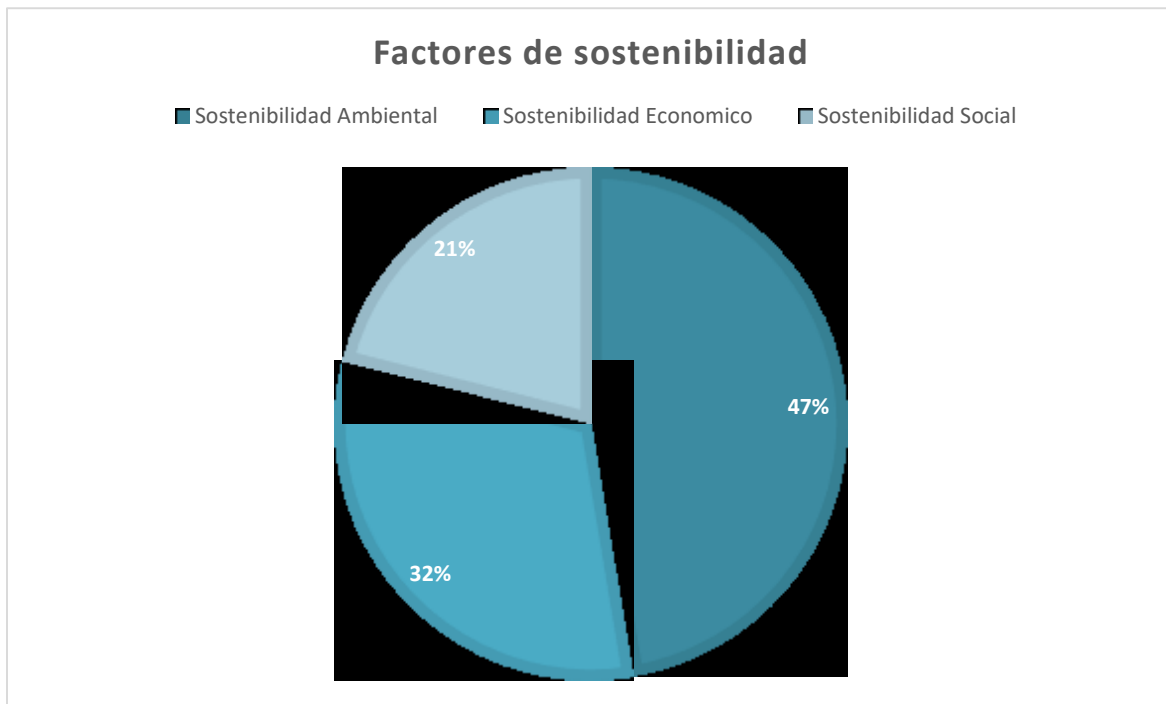
De manera que, 17 de los artículos indicaron que sus hipótesis eran concluyentes (positivas) sobre sus objetivos; el trabajo restante su categoría final fue indefinida, debido a que la investigación se enfocó en fabricar ladrillos de construcción con polietileno reciclado (plástico PET) y carpincol M-60 (adherente de kola), pero en las otras investigaciones sustituían parte de los insumos hasta en un 20% y no en un 100% como en la investigación que quedo indefinida.

6.3.4 Sostenibilidad

Ahora hablaremos sobre el resultado del concepto de sostenibilidad que definieron los autores, se identificó que varios de ellos no enfocaron sus investigaciones en las tres variables de la expresión, ni hondaron en detalle sobre sus características.

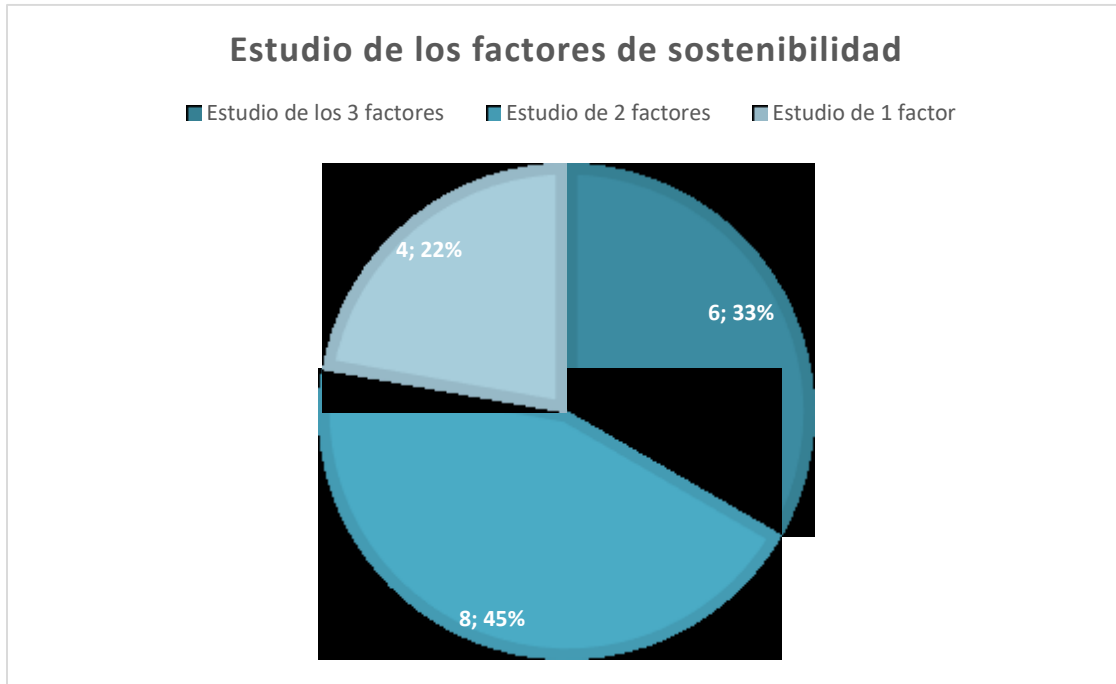
En total, el 47% abordaron los tres (3) principios, mientras el 32% sondearon el aspecto económico y solo el 21% la noción social; sin embargo, como explicamos en el marco teórico, está trilogía completa el principio de sostenibilidad en un todo que representa lo que es sustentable para el medio ambiente, la construcción social y el desarrollo económico en cuanto al área de construcción o proyectos de ingeniera.

Figura 13 Factores de sostenibilidad # 1



Fuente: creación propia.

Es que, si algo es rentable en márgenes de sostenibilidad, también debe evaluar las condiciones socio – económicas del sector donde se interviene, y considerar el carácter laboral de los empleados, como manifiesta el certificado SA8000 sobre los alcances éticos en cuando a empleabilidad digna.

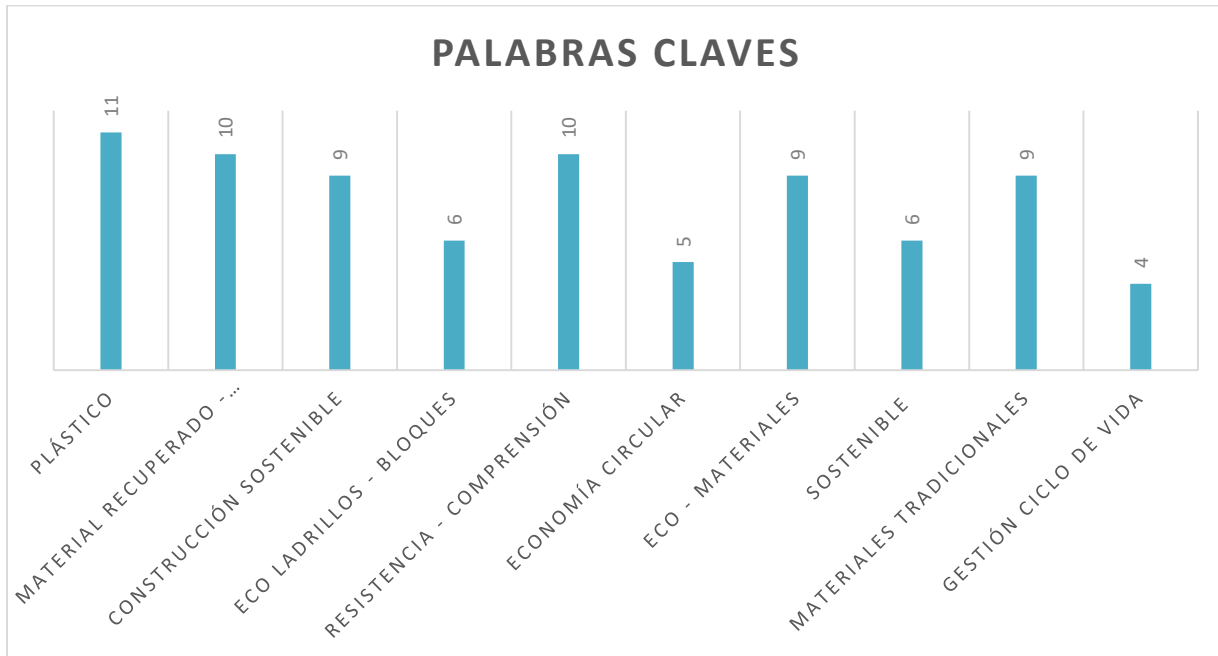
Figura 14 Factores de sostenibilidad # 2

Fuente: creación propia.

En base a lo anterior, tan solo el 33% de las referencias bibliográficas estudiadas abordaron los tres aspectos. El 45% hablaron de dos (2) de las variables, de estos ocho (8) textos dos (2) debatieron sobre lo social y lo ambiental; mientras los seis (6) restantes se enfocaron en lo económico y lo ambiental. De aquí, dedujimos que el desarrollo social sigue siendo, de cierta manera, ignorado en los procesos de construcción por las industrias y profesionales. Es preocupante, ya que el componente humano es transversal a los nuevos retos del mundo actual.

6.3.5 Palabras claves

Figura 15 Palabras claves # 1



Fuente: creación propia.

Igualmente, establecidos las palabras más usadas dentro de las investigaciones analizadas, encontramos diez (10) términos que se repitieron con frecuencia en los textos y constantemente se mencionaban.

El plástico en todas sus variaciones: PET y polietileno eran referenciados constantemente, debido al gran daño ambiental que ocasiona su falta de reciclaje y búsqueda de alternativas para nuevos usos. A pesar de no abordar el material como elemento principal de estudio, sí se hablaba de las posibilidades de usarlo en los proyectos de construcción. En once (11) materiales bibliográficos citaron el componente.

Por otro lado, los conceptos de material recuperado o reciclaje y resistencia o comprensión quedaron como los otros más mencionados en los estudios. Cada uno fue referenciado en diez (10) investigaciones sumando un 13% cada uno.

Figura 16 Palabras claves # 2



Fuente: creación propia.

Por otra parte, eco – ladrillos o eco – bloques fueron usados en un 8%, construcción sostenible en un 11% a diferencia de sostenible sin apellidos en un 8%, materiales tradicionales un 11% versus material reciclado un 13%. Igualmente, el principio de economía circular, donde se aborda con fundamentos de sustentabilidad fue usado un 6% por los autores, en comparación con gestión del ciclo de vida que fue un 5%; ambos conceptos se anclan, ya que cuando un producto cumple su función (ciclo de vida) pasa a ser reciclado o recuperado en una mejora continua a través del ideal de la circularidad económica.

7 Conclusiones

En primer lugar, notamos que en las investigaciones sobre materiales reciclados que se usaron plástico como alternativa, sustituían solamente una porción del agregado con PET, en un máximo del 20%; a diferencia de la investigación de la ficha 1 que uso el 100% de polietileno para la fabricación de los bloques, por lo cual fue inconsistente el resultado. Esto nos advierte que se deben generar más investigaciones científicas de método para determinar la resistencia y durabilidad de eco ladrillos que usen solamente plástico como elemento. Sería innovador un bloque de construcción que su producción sea únicamente con este tipo de material, pero que cumpla las normas de resistencia y cuidado de las personas.

De igual manera, determinamos, específicamente con la ficha N° 5 que la toma de decisiones consciente de los diferentes profesionales que intervienen en las distintas etapas de construcción y ciclo de vida de las construcciones afecta notoriamente la sostenibilidad del proyecto; es por esto, que se requiere mayor educación y sensibilización en los claustros de formación profesional sobre medidas, métodos y prácticas más amigables con el medio ambiente, para fomentar la investigación en los varios modelos de construcción, y motivar al continuo desarrollo de materiales eco sostenibles que se puedan usar en ingeniería.

Por otro lado, en cuanto a la circularidad de los materiales, es fundamental romper el paradigma de: extraer, usar y desechar, ya que este se refleja como una alternativa a la conservación de la naturaleza; donde se dispongan de desechos para obras de construcción más sostenibles. Ya que la industria, tiende a eliminar los insumos o “desechos” sin la reflexión de cuáles podrían, con calidad, seguir ofreciendo sus servicios al planeta. Para esto es

necesario educar y sensibilizar a los individuos que intervengan en las etapas finales del ciclo de vida de las edificaciones, enseñando practicas aplicables de reciclaje y economía circular.

Planteamos, que se requiere resolver desde lo social más asuntos de desarrollo por y para las comunidades intervenidas, puesto que los proyectos de ingeniería afectan los modos de vida de las personas; ya sea que vivan cerca del sector, trabajen en estos o vayan a habitar los espacios. Realizar un diagnóstico previo de la población que impactará el proceso es fundamental, desde los diferentes ciclos de vida de las edificaciones. Es importante socializar los impactos y mejoras continuas sobre la sostenibilidad, comunicar los daños ambientales y las soluciones que ofrecen a estas problemáticas, y sensibilizar a las familias en cuanto a los principios de obras sostenibles y su impacto en el medio ambiente, para que sean corresponsables en la toma de acciones que promuevan la conservación de los recursos naturales.

8 Anexos

8.1 Cronograma de acciones a desarrollar

Objetivo	Acciones	Fecha
Identificar los tipos de materiales reciclados que están siendo reutilizados en Colombia durante los años 2019-2024, a través de 15 datos bibliográficos.	<ul style="list-style-type: none"> Identificar la bibliografía (leer) sobre casos en Colombia que aplique la construcción de materiales reciclados. 	Del 3 al 8 de febrero.
	<ul style="list-style-type: none"> Estructurar las fichas bibliográficas para recopilar la información, se tendrá en cuenta: cita, autor, año, lugar de aplicación de la práctica en construcción, tipos de materiales y métodos en construcción sostenible. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Establecer los tipos de materiales reciclados, por medio de la revisión bibliográfica, que se están usando en Colombia para la construcción. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Terminar las fichas bibliográficas que se extraigan del ejercicio, identificando los tipos de materiales de construcción. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Organizar y filtrar en una tabla la sistematización de las bibliográficas, obteniendo los datos que se requieren. 	Del 10 al 15 de febrero

<p>Establecer los tipos de construcción sostenible que se han documentado en Colombia entre los años 2019-2024.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis diagnóstico (documental) de los datos recopilados para tratar de identificar el problema o solución, encontrar la o las causas aislando los patrones que se evidencian. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un breve informe con los argumentos, resultados y las conclusiones del diagnóstico utilizando los resultados que se desprenden de lo analizado. 	
<p>Realizar un ensayo documental, como producto final, sobre los resultados del análisis documental sobre los materiales reciclados en la construcción sostenible realizada en Colombia durante los años 2019-2024.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Estructurar el ensayo final con todos los datos recolectados dentro de la investigación, identificando (resaltando) los materiales y usos de estos en la construcción sostenible en Colombia. 	<p>Del 17 al 22 de febrero</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Conclusiones cualitativas del abordaje sobre los materiales y usos de construcción sostenible en Colombia. 	
<p>Plantear estrategias que contribuyan al fortalecimiento de prácticas eco sostenibles, amigables y de economía</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un corto texto de cómo las empresas en Colombia pueden apropiar la construcción sostenible en sus quehaceres. 	<p>Del 23 al 28 de febrero.</p>

circular en las empresas de construcción en Colombia.		
---	--	--

8.2 Fichas bibliográficas

A continuación, agregamos las fichas bibliográficas realizadas para el trabajo de investigación, en donde se recopiló los datos de las lecturas de los materiales académicos consultados para su respectiva valoración y estudio.

8.2.1 Ficha N° 1 Materiales plásticos en procesos constructivos

Ficha bibliográfica	1
Nombre del autor o autores	López Salazar, S. & García Marín, C. C.
Año de publicación	2020
<i>Título del material</i>	<i>Utilización de materiales plásticos reciclados para conformación de aglomerados de polietileno en procesos constructivos</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/23151
Número de páginas.	55 págs.

8.2.2 Ficha N° 2 Construcciones amigables con el medio ambiente

Ficha bibliográfica	2
Nombre del autor o autores	Mamiam Vargas. J.
Año de publicación	2022

<i>Título del material</i>	<i>Gestión de un sistema de construcción amigables con el medio ambiente, para vivienda sostenible adaptado a la ciudad de Pereira, Risaralda Colombia.</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://repositorio.ucp.edu.co/server/api/core/bitstreams/89192d63-107b-4461-8a91-ce026b28baf6/content
Número de páginas.	53 págs.

8.2.3 *Ficha N° 3 Viabilidad ambiental para la construcción sostenible*

Ficha bibliográfica	3
Nombre del autor o autores	Mosquera Ayala, L, & Noreña Trejos, M. Á.
Año de publicación	2020
<i>Título del material</i>	<i>Estudio de viabilidad ambiental y financiero sobre las técnicas de la construcción sostenible que pueden adoptarse en la construcción tradicional de viviendas en Colombia</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://cienciaabierta.uan.edu.co/Record/repositorio.uan.edu.co-123456789-2898?sid=7511631
Número de páginas.	125 págs.

8.2.4 *Ficha N° 4 Aprovechamiento de PET*

Ficha bibliográfica	4
Nombre del autor o autores	Ortiz Marín, F. & Rodríguez Peña, M.A. & Urrego Cortés, L.F.
Año de publicación	2023

<i>Título del material</i>	<i>Aprovechamiento de residuos de material PET en construcción de viviendas tipo rural en Colombia.</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/1fc25641-91e8-4366-b5c8-01a1c3973081/content
Número de páginas.	87 págs.

8.2.5 Ficha N° 5 Materiales sostenibles para proyectos de construcción

Ficha bibliográfica	5
Nombre del autor o autores	Figueiredo, K. & Pierrot, R. & Hammad, A. & Haddad, A.
Año de publicación	2021
<i>Título del material</i>	<i>Elección de materiales sostenibles para proyectos de construcción: un marco de evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida basado en BIM y Fuzzy-AHP.</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321002122
Número de páginas.	14

8.2.6 Ficha N° 6 Lodos de depuración para ladrillos cerámicos

Ficha bibliográfica	6
----------------------------	----------

Nombre del autor o autores	Becker da Silva, J. & Andrade Brehm, F. & Zat, T. & Steffler Werner, E. & Gonçalves, J. & Tramontin Souza, M. & Rodríguez, E.D.
Año de publicación	2024
<i>Título del material</i>	<i>Reciclaje de lodos de depuradora municipal de plantas de tratamiento de aguas residuales brasileñas para la fabricación de ladrillos cerámicos ecológicos</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509524007617
Número de páginas.	15

8.2.7 Ficha N° 7 Escoria de acero para balasto ferroviario

Ficha bibliográfica	7
Nombre del autor o autores	Dos Santos, W.W. & Madeira Coelho, L. & Soares Marques, M.E. & Neves Monteiro, S. & Rodrigues Guimarães, A. C.
Año de publicación	2024
<i>Título del material</i>	<i>Evaluación de escoria de acero como agregado alternativo sostenible para balasto ferroviario: un enfoque basado en la teoría de pruebas</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3546
Número de páginas.	18

8.2.8 Ficha N° 8 Residuos de pizarra para cemento portland

Ficha bibliográfica	8
Nombre del autor o autores	Calderón Morales, B.R.S. & Zerbini Costal, G. & García Martínez, A. & Pineda, P. & Borba Júnior, J.C. & Brigolini Silva, G.H. & Geraldo, V. & Aparecida Mendes, L. & García Tenório, R.
Año de publicación	2024
<i>Título del material</i>	<i>Evaluación ambiental y técnica de la aplicación de residuos de pizarra en cemento portland compuesto CEM II</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710224016127
Número de páginas.	20

8.2.9 Ficha N° 9 Sostenibilidad en procesos de fabricación

Ficha bibliográfica	9
Nombre del autor o autores	Nobrega, J. H. C. & Pio, P. G. C. & Fernandes, G. L. & Botêlho, S. T. & Araujo, T. C. & Anholon, R. & Ordóñez, R. E. C. & Rampasso, I. S. & Leal Filho, W. & Quelhas, O. L. G.
Año de publicación	2019
<i>Título del material</i>	<i>Sostenibilidad en los procesos de fabricación: prácticas realizadas en el conformado de metales, fundición, tratamiento térmico, soldadura y pintura electrostática</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509.2019.1655111
Número de páginas.	15

8.2.10 Ficha N° 10 Comparación de propiedades mecánicas de concretos con residuos de plásticos

Ficha bibliográfica	10
Nombre del autor o autores	Arbelaéz Pérez, Ó. F. & Batancur Martínez, D. & Correa Vanegas D.P. & Espeleta Martínez, C.G.
Año de publicación	2024
<i>Título del material</i>	<i>Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de concretos modificados con residuos plásticos granulados y no granulados.</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/54682
Número de páginas.	10.

8.2.11 Ficha N° 11 Residuos de plástico para hormigón convencional

Ficha bibliográfica	11
Nombre del autor o autores	Huaquisto Cáceres, S. & Quenta Flores, D.
Año de publicación	2024
<i>Título del material</i>	<i>Estudio experimental del uso de residuos de botellas de plástico en el hormigón convencional.</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A.
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/54696/47356
Número de páginas.	10.

8.2.12 Ficha N° 12 Circularidad para la construcción y demolición

Ficha bibliográfica	12
Nombre del autor o autores	Acevedo Agudelo, H. & Figueroa Álvarez, J.
Año de publicación	2023
<i>Título del material</i>	<i>Prácticas de circularidad en la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición en el sector de la construcción: una revisión bibliográfica de las estrategias y los elementos clave en su implementación.</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/
Número de páginas.	14

8.2.13 Ficha N° 13 Eco ladrillos con botellas PET

Ficha bibliográfica	13
Nombre del autor o autores	Escalada, M. O.
Año de publicación	2019
Título del material	<i>Estudio y viabilidad del ECO Ladrillo con molienda de botellas de PET reciclado para la construcción de viviendas sustentables: Estudios de casos en la Ciudad de Resistencia - Chaco.</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/53047
Número de páginas.	72

8.2.14 Ficha N° 14 Bloques ecológicos con plástico reciclado

Ficha bibliográfica	14
----------------------------	-----------

Nombre del autor o autores	Honguín Ávila, L. E.
Año de publicación	2020.
Título del material	<i>Evaluación de prototipo de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	Guayaquil, Universidad Agraria del Ecuador.
Número de páginas.	93

8.2.15 Ficha N° 15 Morteros con conchas marinas

Ficha bibliográfica	15
Nombre del autor o autores	Ahmed, S.M. & Chávez Delgado, M & Avudaiappan, S.
Año de publicación	2024
Título del material	<i>Investigaciones experimentales sobre mortero sostenible que contiene polvo de conchas marinas recicladas como sustituto parcial del cemento</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2631-8695/ad3717
Número de páginas.	11

8.2.16 Ficha N° 16 Optimización de asfalto reciclado

Ficha bibliográfica	16
----------------------------	-----------

Nombre del autor o autores	Ferreira da Costa, L & Melo Neto, O.M. & Feitosa de Macêdo, A.L & De Figueiredo Lopes, L.C. & De Figueiredo Lopes, L.
Año de publicación	2024
Título del material	<i>Optimización de mezclas de asfalto reciclado con zeolita, aceite de semilla de algodón y contenido variado de RAP para un mejor rendimiento y un impacto en la economía circular</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523008884
Número de páginas.	22

8.2.17 Ficha N° 17 Cimentación ferroviaria sostenible con reciclaje de RAP

Ficha bibliográfica	17
Nombre del autor o autores	Guerrero Bustamante, O. & Guillén, F. & Moreno Navarro, F. & Rubio Gámez, M.C. & Sol Sánchez, M.
Año de publicación	2024
Título del material	<i>Hacia una cimentación ferroviaria sostenible: reciclaje de RAP de pavimentos asfálticos de carreteras</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061824025789
Número de páginas.	14

--	--

8.2.18 Ficha N° 18 Desechos de arroz para el sector de la construcción

Ficha bibliográfica	18
Nombre del autor o autores	Henao, D. & Sánchez Ecveverri, L. A. & Tovar Padilla, N.J.
Año de publicación	2024
Título del material	<i>Utilización potencial de los desechos de arroz en el sector de la construcción: un enfoque de análisis de decisiones con múltiples criterios</i>
Traductor, prologuista o compilador, si los tiene.	N/A
Ciudad de publicación, editorial.	https://www.researchgate.net/publication/384857650_Potential_Utilization_of_Rice_Waste_in_the_Construction_Sector_A_Multi-Criteria_Decision_Analysis_Approach
Número de páginas.	14

9 Bibliografía

- Acevedo Agudelo, H. & Figueroa Álvarez, J. (2023). *Prácticas de circularidad en la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición en el sector de la construcción: una revisión bibliográfica de las estrategias y los elementos clave en su implementación*. Medellín: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/6460>.
- Ahmed, S.M. & Chávez Delgado, M & Avudaiappan, S. (2024). *Investigaciones experimentales sobre mortero sostenible que contiene polvo de conchas marinas recicladas como sustituto parcial del cemento*. Chile: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2631-8695/ad3717>.
- Arbelaéz Pérez, Ó. F. & Batancur Martínez, D. & Correa Vanegas D.P. & Espeleta Martínez, C.G. (2024). *Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de concretos modificados con residuos plásticos granulados y no granulados*. Medellín: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/54682>.
- ARGOS 360. (2024). *Caracterización de impactos ambientales en la industria de la construcción*. Obtenido de ARGOS: 360enconcreto.com
- Becker da Silva, J. & Andrade Brehm, F. & Zat, T. & Steffler Werner, E. & Gonçalves, J. & Tramontin Souza, M. & Rodríguez, E.D. (2024). *Reciclaje de lodos de depuradora municipal de plantas de tratamiento de aguas residuales brasileñas para la fabricación de ladrillos cerámicos ecológicos*. Brasil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509524007617>.
- Calderón Morales, B.R.S. & Zerbini Costal, G. & García Martínez, A. & Pineda, P. & Borba Júnior, J.C. & Brigolini Silva, G.H. & Geraldo, V. & Aparecida Mendes, L. & García Tenório, R. (2024). *Evaluación ambiental y técnica de la aplicación de residuos de pizarra en cemento portland compuesto CEM II*. Brasil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710224016127>.
- Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (30 de Junio de 2021). *“Colombia es líder mundial en construcción sostenible”: presidenta de Camacol*. Obtenido de Camacol: <https://camacol.co/prensa/noticias/colombia-es-lider-mundial-en-construccion-sostenible-presidenta-de-camacol#:~:text=Noticias-%E2%80%9CColombia%20es%20l%C3%ADder%20mundial%20en%20construcci%C3%B3n%20sostenible%E2%80%9D%3A%20presidenta%20de,internacional>
- Cerón Díaz, J. A. (2022). *Metodología para el aprovechamiento de los residuos sólidos de la construcción en Bogotá mediante un enfoque de economía circular*. Bogotá:

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/07511f7c-1d44-45a4-bd05-7bbad627839e/content>.

Consejo Nacional de política económica y social - CONPES 3919 (2018) Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3919.pdf>

Construmática. (2021). *Construmática*. Obtenido de <https://www.construmatica.com/construpedia/Impactos>

CSR Consulting (2023). Obtenido de <https://www.csrconsulting.com.mx/novedades-blog/>

Departamento Nacional de Planeación. (2017). <https://portalterritorial.dnp.gov.co/>. Obtenido de <https://portalterritorial.dnp.gov.co/KitOT/Content/uploads/Cartilla%20Expansion.pdf>

Dos Santos, W.W. & Madeira Coelho, L. & Soares Marques, M.E. & Neves Monteiro, S. & Rodrigues Guimarães, A. C. (2024). *Evaluación de escoria de acero como agregado alternativo sostenible para balasto ferroviario: un enfoque basado en la teoría de pruebas*. Brasil: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3546>.

EDGE. (2024). *Guía para la certificación EDGE*. Obtenido de <https://edge.gbci.org/certification>

Escalada, M. O. (2019). *Estudio y viabilidad del ECO Ladrillo con molienda de botellas de PET reciclado para la construcción de viviendas sustentables: Estudios de casos en la Ciudad de Resistencia - Chaco*. Resistencia, Chaco: <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/53047>.

European Building Summit (2023). *La construcción tiene una responsabilidad ante el planeta*. Obtenido de <https://europeanbuildingsummit.com/construccion-responsable/>

Ferreira da Costa, L. & Melo Neto, O.M. & Feitosa de Macêdo, A.L. & De Figueiredo Lopes, L.C. & De Figueiredo Lopes, L. (2024). *Optimización de mezclas de asfalto reciclado con zeolita, aceite de semilla de algodón y contenido variado de RAP para un mejor rendimiento y un impacto en la economía circular*. Brasil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523008884>.

Figueiredo, K. & Pierrot, R. & Hammad, A. & Haddad, A. (2021). *Elección de materiales sostenibles para proyectos de construcción: un marco de evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida basado en BIM y Fuzzy-AHP*. Rio de Janeiro: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321002122>.

García Cifre, A. (5 de Octubre de 2020). *¿Qué son las certificaciones sostenibles en la construcción y por qué son importantes?* Obtenido de Zero Consulting : <https://blog.zeroconsulting.com/comparativa-certificaciones-sostenibilidad>

Gobierno de Brasil. (2024) Obtenido de <https://www.gov.br/pt-br>.

Guerrero Bustamante, O. & Guillén, F. & Moreno Navarro, F. & Rubio Gámez, M.C. & Sol Sánchez, M. (2024). *Hacia una cimentación ferroviaria sostenible: reciclaje de RAP de pavimentos asfálticos de carreteras*. Barranquilla - Colombia,: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061824025789>.

Henao, D. & Sánchez Ecveverri, L. A. & Tovar Padilla, N.J. (2024). *Utilización potencial de los desechos de arroz en el sector de la construcción: un enfoque de análisis de decisiones con múltiples criterios*. Ibagué - Colombia.: https://www.researchgate.net/publication/384857650_Potential_Utilization_of_Rice_Waste_in_the_Construction_Sector_A_Multi-Criteria_Decision_Analysis_Approach.

Hernández Sampieri, R. &. (2018). *Metodología de la investigación*. México: https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92_95.pdf.

Honguín Ávila, L. E. (2020). *Evaluación de prototipo de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores*. Guayaquil: Universidad agraria de Ecuador.

Huaquisto Cáceres, S. & Quenta Flores, D. (2024). *Estudio experimental del uso de residuos de botellas de plástico en el hormigón convencional*. Perú: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/54696/47356>.

Llanos, C. M. (2024). *Economía circular y sus prácticas en la región andina*. Dosquebradas, Colombia: Revista Venezolanada de Gerencia.

López Salazar, S. & García Marín, C. C. (2020). *Utilización de materiales plásticos reciclados para conformación de aglomerados de polietileno en procesos constructivos*. Pereira: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/23151>.

Mamiam Vargas, J. (2022). *Gestión de un sistema de construcción amigables con el medio ambiente, para vivienda sostenible adaptado a la ciudad de Pereira, Risaralda Colombia*. Pereira: <https://repositorio.ucp.edu.co/server/api/core/bitstreams/89192d63-107b-4461-8a91-ce026b28baf6/content>.

Martín Del Toro, E. (2024). *La Educación y Sensibilización sobre la Arquitectura Sostenible*. Bogotá: <https://blog.deltoroantunez.com/2024/05/educacion-y-sensibilizacion-sobre-arquitectura-sostenible.html>.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). *Los materiales de construcción de vivienda de interés social*. Bogotá: www.minvivienda.gov.co. Obtenido de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-07/guia_asis_tec_vis_2.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *¿En qué consiste la construcción sostenible?* Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/construccion-sostenible/#:~:text=Sello%20Ambiental%20Colombiano%20%E2%80%93%20SAC%E2%80%9D%2C,de%20vida%20de%20las%20edificaciones>.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2021). *Miduvi y Cosude: Una alianza para fortalecer capacidades en la eficiencia energética en edificios*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/miduvi-y-cosude-una-alianza-para-fortalecer-capacidades-en-la-eficiencia-energetica-en-edificios/>
- Mosquera Ayala, L, & Noreña Trejos, M. Á. (2022). *Estudio de viabilidad ambiental y financiero sobre las técnicas de la construcción sostenible que pueden adoptarse en la construcción tradicional de viviendas en Colombia*. Pereira: <https://cienciaabierta.uan.edu.co/Record/repositorio.uan.edu.co-123456789-2898?sid=7511631>.
- Muñoz Bonilla, H. A. & Chaves Campo, C. F. (2023). *Escritura académica sin estrés: Guía práctica para docentes y estudiantes de pregrado*. Cali: <https://tusitiovirtual.wixsite.com/guiapracticapgo>.
- Nobrega, J. H. C. & Pio, P. G. C. & Fernandes, G. L. & Botêlho, S. T. & Araujo, T. C. & Anholon, R. & Ordóñez, R. E. C. & Rampasso, I. S. & Leal Filho, W. & Quelhas, O. L. G. (2019). *Sostenibilidad en los procesos de fabricación: prácticas realizadas en el conformado de metales, fundición, tratamiento térmico, soldadura y pintura electrostática*. Brasil: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509.2019.1655111>.
- Ortiz Marín, F. & Rodríguez Peña, M.A. & Urrego Cortés, L.F. (2023). *Aprovechamiento de residuos de material PET en construcción de viviendas tipo rural en Colombia*. Bogotá: <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/1fc25641-91e8-4366-b5c8-01a1c3973081/content>.
- Pegoraro, M. (20 de Marzo de 2024). *Geoplastglobal*. Obtenido de <https://www.geoplastglobal.com/es/blog/plastico-reciclado-para-una-construccion-sostenible/>
- QuestionPro. (2024). *QuestionPro*. Obtenido de *¿Qué es la investigación cualitativa?*: <https://www.questionpro.com/es/investigacion-cualitativa.html>

Sierra Jiménez, J. A. (2016). *Usos y aplicaciones del plástico PEAD reciclado en la fabricación de elementos estructurales para la construcción de vivienda en Colombia*. Bogotá: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/432>. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/432/Sierra%20Jim%c3%a9nez%2c%20Jorge%20Andr%c3%a9s%20-%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sostenible, C. C. (2021). *Estado de la construcción sostenible en Colombia*. Bogotá: CCCS.

Stretto Colombia. (13 de Julio de 2023). *Construcción sostenible: características y certificaciones en el país*. Obtenido de <https://www.strettocolombia.com/post/construccion-sostenible-caracteristicas>

Universidad Pontificia Bolivariana. (2020). *Construcción sostenible en Colombia: cuestión de equilibrio y conciencia*. Medellín: upb.edu.co.