

**Análisis de Sistemas de Recirculación y Aprovechamiento de Recursos Naturales en
Proyectos Inmobiliarios Sostenibles de Medellín**

José Daniel Muñoz Jaramillo

Sebastián Quintero Álvarez

Asesora

Carolina Zuluaga Gutiérrez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios ECACEN

Especialización en Gestión de Proyectos

2023

**Análisis de Sistemas de Recirculación y Aprovechamiento de Recursos Naturales en
Proyectos Inmobiliarios Sostenibles de Medellín**

José Daniel Muñoz Jaramillo

Sebastián Quintero Álvarez

Asesora

Carolina Zuluaga Gutiérrez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios ECACEN

Especialización en Gestión de Proyectos

2023

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	7
Lista de Gráficas	8
Lista de Anexos	9
Agradecimientos	10
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Problema de Investigación	15
Formulación y planteamiento del problema	15
Justificación	18
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos:	20
Límites de la Investigación	21
Marco Conceptual y Teórico	23
Análisis del sector de la construcción	25
Impactos ambientales por construcción masiva	27
Contexto de la construcción sostenible	30
Antecedentes globales	33
Avances en América	33
La sostenibilidad en la construcción colombiana y en Medellín	35
Metodología	39
Tipo de Investigación	39

Variables del análisis.....	39
Población según fórmulas estadísticas.....	39
Muestreo estadístico para estimar población finita	40
Diseño de la encuesta.....	41
Recolección de la información.....	41
Etapas de metodología.....	41
Etapa 1: Descripción de aspectos necesarios para catalogar a un proyecto de vivienda como construcción sostenible y si es apto para certificación LEED.....	42
Etapa 2: Identificación de las empresas constructoras de Medellín con edificaciones sostenibles o con certificaciones LEED y análisis de sus beneficios y reconocimientos en el gremio constructor.....	42
Etapa 3: Comparación entre los sistemas constructivos caracterizados por un mayor consumo de recursos naturales y los sistemas constructivos de los proyectos sostenibles analizados.....	42
Etapa 4: Análisis de sistemas constructivos basados en las edificaciones sostenibles escogidas y centrados en el aprovechamiento de recursos naturales para generar una economía circular.....	43
Resultados del proyecto de Investigación.....	44
Descripción de aspectos para una construcción sostenible dentro de un proyecto de vivienda y consideraciones para certificación LEED.....	44
Eficiencia hídrica	45
Eficiencia energética	45
Desarrollo del programa Análisis del Ciclo de Vida en Edificaciones.....	46

Calidad del aire interior	46
Reducción emisiones tóxicas	47
Desarrollo sostenible y crecimiento inteligente	47
Materiales constructivos amigables con el medio ambiente	48
Reducción de residuos	49
Consideración para certificación LEED	49
Identificación de empresas constructoras de Medellín con edificaciones sostenibles o con certificaciones LEED y análisis de beneficios.....	52
Comparación entre sistemas constructivos con mayor consumo de recursos naturales y sistemas constructivos de los proyectos sostenibles analizados.....	58
Análisis de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales desde las edificaciones sostenibles para proyectos de vivienda en Medellín	62
Presentación y análisis de resultados: Encuesta 1	62
Presentación y análisis de resultados: Encuesta 2	67
Conclusiones	69
Recomendaciones	71
Recomendaciones para empresas constructoras	71
Adopción de prácticas sostenibles	71
Certificaciones y reconocimientos	71
Eficiencia energética	71
Recirculación de recursos naturales.....	71
Innovación tecnológica	71

Recomendaciones para el gobierno y las autoridades locales.....	72
Promoción de políticas sostenibles	72
Educación y concientización	72
Apoyo a la investigación.....	72
Monitoreo y cumplimiento.....	72
Recomendaciones para futuras investigaciones:	72
Ampliación del alcance.....	72
Estudio de casos.....	72
Referencias	73
Anexos.....	85

Lista de Tablas

Tabla 1 *Empresas de construcción de edificaciones en Medellín bajo persona jurídica.....40*

Tabla 2 *Categorías, prerrequisitos, créditos, puntajes Certificación LEED BD+C.....51*

Lista de Gráficas

Gráfica 1 <i>Proyectos en Medellín con Certificaciones LEED o en Proceso</i>	56
Gráfica 2 <i>Porcentaje de consumo según características entre construcciones tradicionales y construcciones sostenibles</i>	61
Gráfica 3 <i>Tabulación preguntas 1, 3, 4 y 6 de la encuesta 1</i>	63
Gráfica 4 <i>Tabulación preguntas 2 y 5 de la encuesta</i>	64
Gráfica 5 <i>Tabulación preguntas 7, 8, 9 y 10 de la encuesta</i>	65
Gráfica 6 <i>Tabulación preguntas 11 y 12 de la encuesta</i>	66
Gráfica 7 <i>Tabulación pregunta 13 de la encuesta</i>	66
Gráfica 8 <i>Matriz Importancia vs. Desempeño</i>	68

Lista de Anexos

Anexo A <i>Encuesta sobre conceptos de construcción sostenible</i>	85
Anexo B <i>Encuesta técnica VOC construcción sostenible (Parte 1)</i>	86
Anexo C <i>Encuesta técnica VOC construcción sostenible (Parte 2)</i>	87
Anexo D <i>Tabulación encuesta sobre conceptos de construcción sostenible</i>	88
Anexo E <i>Tabulación encuesta VOC construcción sostenible (Parte 1)</i>	89
Anexo F <i>Tabulación encuesta VOC construcción sostenible (Parte 2)</i>	90
Anexo G <i>Tabla resumen para matriz desempeño vs. importancia</i>	91

Agradecimientos

Este trabajo de grado ha sido posible gracias a la directora Carolina Zuluaga Gutiérrez, Directora de la asignatura, por su ayuda invaluable para la elaboración de este trabajo de grado. Su entrega y dedicación han desempeñado un papel fundamental en el logro exitoso de esta investigación.

Sus asesorías brindadas fueron esenciales para definir el enfoque y la estructura de este trabajo. Los comentarios constructivos fueron una guía invaluable que permitieron mejorar constantemente el proyecto. Así mismo, reconocemos su generosidad al proporcionar recursos y formatos que facilitaron enormemente la elaboración de esta tesis. Su disposición para compartir su experiencia y conocimientos fue un recurso invaluable que enriqueció este trabajo. Por otro lado, expresamos un sincero agradecimiento al señor Elías Hernández Lache que tuvo la amabilidad de evaluar y revisar este trabajo de grado. Su experiencia, conocimientos y dedicación fueron cruciales para enriquecer y mejorar significativamente este proyecto. Las observaciones, correcciones y sugerencias proporcionadas por el jurado fueron de gran valor. Gracias a su minuciosa revisión, pudimos comprender mejor los aspectos críticos del trabajo y realizar las mejoras necesarias para alcanzar un nivel de excelencia académica.

Resumen

La construcción, a pesar de ser esencial para el progreso económico y tecnológico es una de las principales causas de la contaminación y el desperdicio innecesario de recursos naturales. La ciudad de Medellín está experimentando un aumento constante en el número de proyectos inmobiliarios, pero con frecuencia se utilizan métodos de construcción convencionales que tienen un efecto adverso en el entorno ambiental. La construcción sostenible se ha propuesto como una solución para estos problemas, creando ahorros significativos en agua, energía y emisiones de CO₂. El objetivo de la investigación es determinar cómo se construyen proyectos de vivienda sostenible en Medellín que reduzcan el uso adecuado de recursos no renovables y disminuyan los efectos negativos. La investigación combina encuestas a empresas constructoras con datos documentales. Se han encontrado varias empresas de construcción en Medellín que han adoptado prácticas sostenibles y han obtenido certificaciones LEED. Según la investigación, la construcción sostenible es una opción factible en Medellín para maximizar el uso de los recursos naturales y fomentar una economía circular. Los resultados de la encuesta muestran que las constructoras están adoptando cada vez más prácticas sostenibles y que la eficiencia hídrica, la gestión de desechos y el uso de energías renovables son cruciales para los sistemas de construcción. En resumen, esta investigación proporciona una visión clara de la construcción sostenible en Medellín y destaca la importancia de innovar en técnicas de construcción para reducir el impacto ambiental y promover un desarrollo más sostenible de la ciudad.

Palabras clave: conservación, construcción, desarrollo, ambiental, recursos.

Abstract

Construction, despite being essential for economic and technological progress, is one of the main sources of pollution and unnecessary waste of natural resources. The city of Medellín is experiencing a constant increase in the number of real estate projects, but conventional construction methods are often used, which have an adverse effect on the environment. Sustainable construction has become a solution to these problems, creating significant savings in water, energy, and CO2 emissions. The goal of the research is to determine how sustainable housing projects are constructed in Medellín that reduce the use of non-renewable resources and minimize negative effects. The research combines surveys of construction companies with documentary data. Several construction companies in Medellín have been found to have adopted sustainable practices and obtained LEED certifications. According to the research, sustainable construction is a feasible option in Medellín to maximize the use of natural resources and promote a circular economy. Survey results show that construction companies are increasingly adopting sustainable practices, and water efficiency, waste management, and the use of renewable energy are crucial for construction systems. In summary, this research provides a clear view of sustainable construction in Medellín and highlights the importance of innovating construction techniques to reduce environmental impact and promote a more sustainable development of the city.

Keywords: conservation, construction, development, environmental, resources.

Introducción

La construcción se ha considerado como una fuente indispensable para el desarrollo económico, industrial y tecnológico de la sociedad en Colombia. No obstante, es uno de los principales causantes de contaminación, generación de residuos y el uso inadecuado de los recursos naturales como el agua y la energía (Susunaga Monroy, 2014). Por ejemplo, el concreto, siendo el material más utilizado en la industria de construcción a nivel mundial, es particularmente contaminante por el elevado consumo de energía y combustibles. Por otra parte, están los materiales para la construcción de carreteras y parqueaderos, los cuales no permiten el flujo de agua lluvia hacia el subsuelo, provocando así el agotamiento de las reservas de agua subterráneas e inundaciones. Además, “se calcula que el sector residencial y de oficinas consume el 40% de los recursos de todo el mundo, especialmente de energía, y es responsable del 40% de las emisiones de CO₂ que van a la atmósfera” (Soy ECOlombiano).

Actualmente, Medellín es una de las ciudades colombianas con mayor crecimiento en el sector constructivo por su desarrollo constante en obras de infraestructura. Sin embargo, las construcciones de proyectos inmobiliarios en Medellín están condicionadas a unos procesos constructivos tradicionales y rutinarios, los cuales influyen de manera directa o indirecta en la contaminación al medio ambiente. Esto se refleja en las dificultades de las grandes empresas del sector para establecer sistemas que integren la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos naturales con el fin de reducir impactos ambientales. Esta situación encarece los gastos de los recursos naturales, creando así un desequilibrio en la oferta/demanda ambiental y un desaprovechamiento de estos recursos.

Desde hace unos 25 años aproximadamente se ha puesto en debate el concepto de ‘sostenibilidad’ o la ‘construcción sostenible’ como una posible solución a esta problemática actual a la que se enfrenta la ingeniería. “Apostarle a la construcción sostenible puede traducirse en un ahorro del 40% de agua y entre 30 y 50% de energía, además de una reducción del 35% de las emisiones de CO₂ y del 70% de los desechos” (Soy ECOlombiano).

La construcción sostenible hace referencia a procesos eficientes que se ejecutan durante el diseño, la construcción y operación de las edificaciones y que “aportan de forma efectiva a minimizar el impacto del sector en el cambio climático – por sus emisiones de gases de efecto invernadero –, el consumo de recursos y la pérdida de biodiversidad” (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), 2014).

A medida que las edificaciones se van ejecutando en la ciudad de Medellín, se va incrementando la competencia en el mercado inmobiliario por desarrollar construcciones sostenibles con el valor agregado de la innovación, siendo ésta el punto definitivo en el éxito del proyecto. En términos de innovación, Medellín fue categorizada como la ciudad más innovadora del mundo en el año 2012, según The Citigroup y The Wall Street Journal, teniendo en cuenta aspectos de movilidad, gestión de servicios públicos, seguridad y creación de espacios culturales. Este reconocimiento ha impulsado a las empresas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá a crear un sistema de gestión en la innovación, para “mejorar la productividad, actualizarse tecnológicamente, obtener crecimientos sostenidos en el corto, mediano y largo plazo y prepararse adecuadamente para los desafíos futuros en un entorno globalizado, que cada vez cambia a mayor velocidad.” (Gutiérrez Marín, 2017)

Dado el ritmo acelerado de las construcciones en la ciudad Medellín y las afectaciones inherentes al medio ambiente, surge la investigación de técnicas innovadoras en los procesos constructivos de los proyectos sostenibles para optimizar los recursos naturales generando cambios significativos en el medio ambiente reflejados a corto y largo plazo.

Problema de Investigación

Formulación y planteamiento del problema

En la actualidad, se ha recalcado constantemente el crecimiento del sector constructor impulsando el desarrollo económico y social de Colombia, específicamente el subsector de las edificaciones de uso residencial. Según cifras de CAMACOL el 83% de los proyectos ejecutados por constructores en el subsector de edificaciones son los proyectos de urbanización y vivienda (CAMACOL, Octubre 2019)

La construcción de proyectos de vivienda se ha intensificado considerablemente en los últimos 2 años, contribuyendo así al crecimiento económico del país. Según el DANE, el PIB constructor en el segundo trimestre de 2022 incrementó un 12.6% con relación al mismo periodo del año 2021 y en el segundo trimestre de 2021 subió en un 17.3% respecto al segundo trimestre de 2020.

Así mismo las cifras de área causada del censo de edificaciones del segundo semestre de 2021 explican un crecimiento de 47.4% frente al segundo periodo trimestral del 2020, mostrando el liderazgo de las edificaciones residenciales (Vega Barbosa, 2021). En cuanto al segundo trimestre de 2022 en comparación con el mismo periodo del 2021, es notable un aumento de 9.4% del valor añadido del sector constructor, explicado por una variación anual positiva reflejada en el valor agregado de edificaciones (12.4%), aporte extra de actividades especializadas (9.6%) e incremento de valor de obras civiles (3%) (DANE, 2022).

Estas cifras se ven tangibles en la incesante necesidad de construir proyectos inmobiliarios basados en uso de recursos naturales no renovables y renovables para la ejecución de sus procesos, los cuales generan impactos negativos al medio ambiente. El hecho de que el 70% de la energía demandada en el mundo esté atribuida a la operación y construcción de urbanismo y edificios, (Ochoa Lotero & Ramirez Espinosa, 2014) o que se generen 10.000 toneladas por día de RCD (Residuos de Construcción y Demolición) en el Valle de Aburrá, (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2022) es una señal de alerta y preocupación.

Todo esto se traduce en los impactos significativos en el medio ambiente creados por el sistema de construcción tradicional dada la situación actual de una construcción masiva. Estos efectos se manifiestan en la forma de un consumo excesivo de recursos naturales no renovables, procesos altamente contaminantes y una variedad de efectos perjudiciales para el entorno. Para empezar, los sistemas de construcción convencionales implican la extracción indiscriminada de recursos naturales, tanto renovables como no renovables. La explotación de minerales, madera, agua y otros recursos vitales son parte de esto. La extracción descontrolada de recursos no renovables y la falta de planificación adecuada en el uso de recursos renovables han llevado al agotamiento de estas fuentes, lo que afecta negativamente el equilibrio ecológico. Además, la construcción tradicional produce desechos y desperdicios. La mayoría de los desechos sólidos en Colombia son RCD. La acumulación de estos no solo contamina el paisaje, sino que también contribuye a problemas ambientales como la degradación del suelo, la contaminación de fuentes de agua y la generación de efectos hidráulicos y geotécnicos.

Por otro lado, la construcción tradicional emite contaminantes al aire, como partículas, gases y olores, perjudicando en la calidad del aire y la salud de quienes están en las proximidades. Así mismo, perturba la flora y fauna, causando deforestación y cambios en el suelo. Requiere un consumo elevado de recursos como agua, madera y energía, contribuyendo a la destrucción de biodiversidad y escasez de agua. De igual manera, la construcción tradicional es una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero por la fabricación y transporte de materiales. La gestión inadecuada de residuos de demolición y construcción agrava la acumulación de desechos en vertederos y la falta de reciclaje.

A raíz de esta problemática, se ha mencionado una tendencia mundial para mitigar los impactos medioambientales y sociales, la cual expone las construcciones sostenibles como una opción viable en varios aspectos. El concepto de construcción sostenible busca analizar cada uno de los procesos constructivos de un proyecto dentro de ciertos compromisos con el medio

ambiente, minimizando el agotamiento de los recursos y consumo de energía y proporcionando un ambiente saludable en el entorno de las edificaciones (Bedoya Montoya, 2011). Al adoptar técnicas sostenibles, es posible reducir de manera notable los efectos adversos en el entorno ambiental, trayendo consigo grandes ventajas. La construcción sostenible reduce las repercusiones negativas en el medio ambiente mediante prácticas como la eficiencia energética, el uso responsable de recursos, la gestión adecuada de desechos y la mejora de la calidad del aire y el agua. También contribuye a la conservación de la biodiversidad y, aunque puede tener costos iniciales más altos, ahorra dinero a largo plazo debido a la eficiencia y cumple con regulaciones ambientales. Los edificios sostenibles tienen un mayor valor de mercado y atraen a quienes valoran la sostenibilidad ambiental. En resumen, la construcción sostenible es una alternativa esencial para mitigar los efectos negativos de la construcción tradicional en el medio ambiente.

En el contexto de Medellín, es poca la información existente sobre estas construcciones debido a que es una ciudad en desarrollo y solo hasta hace unos 10 a 15 años se empiezan a escuchar el concepto de sostenibilidad en las edificaciones. Es en este punto, donde nace la necesidad de darle importancia a la innovación en técnicas aplicadas a procesos constructivos con el fin de destacarse frente a la creciente competencia en el sector. Es acá donde surge el problema de investigación:

¿Cuáles serían los procesos constructivos de proyectos inmobiliarios sostenibles en Medellín que reduzcan el uso de recursos naturales no renovables, basados en la recirculación y minimicen los impactos negativos en el medio ambiente?

Por medio de este trabajo, se pretende orientar la investigación hacia el análisis de técnicas fundadas en la innovación, aplicadas a los procesos constructivos de proyectos inmobiliarios en Medellín. De esta manera se busca mejorar ambientalmente las técnicas constructivas por medio de la reutilización de los recursos naturales para optimizar el aprovechamiento de éstos.

Justificación

Cada vez son más las medidas restrictivas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá debido a las mediciones ambientales que indican “alerta roja” y cifras alarmantes de enfermedades respiratorias por la gran acumulación de partículas contaminantes en el aire. Esta situación agravante esta atribuida en gran parte por las consecuencias de las actividades en el sector de la construcción. El impacto sobre el medio ambiente de estos procesos constructivos radica en la utilización en enormes cantidades de recursos naturales renovables y no renovables; vertimiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos que deterioran por completo al medio; y generación de altos consumos de energía desde el inicio, durante y después de la construcción. Todo esto se traduce en el desgaste en la calidad del medio ambiente (tierra, agua y aire) (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010). Con la afirmación que “el sector de la construcción contribuye a 23% de la contaminación atmosférica, 40% de la contaminación del agua potable, y 50% de residuos en los vertederos” (Dobrowolska, 2021), es importante analizar de inmediato distintas soluciones antes de que el ser humano destruya su propio hábitat.

La gran mayoría de proyectos de construcción están basados en procesos tradicionales, donde las materias primas más relevantes son los agregados para la producción de concreto (arena, triturado y cemento), el acero y otros materiales secundarios utilizados normalmente para los acabados de hogares (madera y derivados). Actualmente, existe una considerable cifra de edificios construidos y en proceso de construcción que no cuentan con ningún tipo de reutilización de residuos y/o aprovechamiento de recursos naturales como la energía solar. Sin embargo, en la mentalidad de la mayoría de las empresas constructoras colombianas o más concretamente de las empresas de Medellín, persiste ese pensamiento de ejecutar construcciones típicas ya que son más económicas que invertir en herramientas tecnológicas y métodos de innovación. Se tiene esta idea errónea dado que, a pesar de presentar altos costos inicialmente, no son costosas en relación costo-beneficio porque al final del tiempo se recupera

la inversión. Pero sobre todo y más importante, no se va a depender de otros recursos fundamentales como la energía y el agua y esto genera sin lugar a dudas la conservación del medio ambiente.

Por medio de esta investigación, se espera promover compromisos medioambientales claros dentro del sector construcción, debido al crecimiento exponencial de proyectos inmobiliarios lo que genera una inminente contaminación por altos consumos energéticos y la escasez de recursos no renovables en la ciudad de Medellín. A raíz de esto, se va incrementando el deterioro del medio ambiente, la calidad de vida y pone en riesgo la salud de los seres humanos.

Por estos motivos, es necesario analizar el crecimiento de la zona urbana por la intensificación masiva de construcciones en Medellín y determinar las afectaciones medioambientales que se puedan derivar de dicho crecimiento. Así mismo, es indispensable acoger los lineamientos de las construcciones sostenibles para aplicar en los procesos constructivos y optimizar los recursos naturales. Es importante resaltar que se pretende proyectar la investigación según los planes y políticas gubernamentales colombianas enfocadas en las construcciones sostenibles de Medellín y así evaluar los diferentes métodos de innovación aplicables que logran mejorar sistemas existentes y proyectos futuros.

Con esta investigación se pretende presentar y evaluar propuestas viables enfocadas en el mejoramiento continuo de la sociedad a través de estudios basados en métodos ejemplares de Colombia y otros países. Dado que el desarrollo de una construcción sostenible es algo relativamente nuevo en Colombia, y específicamente en la ciudad de Medellín, se utilizará la gestión en innovación para presentar información clara que permita transformar los pensamientos, costumbres y métodos tradicionales utilizados en la actualidad. Todo esto con el fin de promover la estabilidad económica desde el grupo de constructores en Medellín.

Objetivos

Objetivo General

Analizar los sistemas constructivos utilizados en los proyectos inmobiliarios sostenibles de la ciudad de Medellín para contribuir a una economía circular basada en el aprovechamiento de recursos naturales y sistemas de recirculación.

Objetivos Específicos:

Analizar los aspectos claves y características de una construcción sostenible dentro de un proyecto de vivienda

Evaluar las políticas y estrategias de sostenibilidad implementadas por las empresas constructoras en Medellín, analizando los beneficios ambientales y sociales.

Comparar los sistemas constructivos caracterizados por un mayor consumo de recursos naturales y los sistemas constructivos de los proyectos sostenibles analizados.

Analizar los sistemas constructivos basados en las edificaciones sostenibles estudiadas en Medellín que generen economía circular en el aprovechamiento de recursos naturales.

Límites de la Investigación

Este trabajo de investigación tiene como finalidad generar un análisis para el gremio constructor donde se evidencien sistemas constructivos innovadores enfocados en la sostenibilidad para el sacar el máximo provecho de recursos naturales dentro del desarrollo de proyectos inmobiliarios. Sin embargo, es posible que esta investigación esté limitada por falta de estudios previos sobre el tema, dado que éste abarca conceptos relativamente nuevos en el contexto de la ciudad de Medellín.

El hecho de que existan pocos estudios previos sobre sistemas de recirculación y aprovechamiento de recursos naturales en proyectos inmobiliarios sostenibles en Medellín es un límite significativo. Esto resalta la necesidad de explorar y establecer un nuevo conocimiento en este campo. Sin embargo, también es importante reconocer que la falta de antecedentes puede requerir un enfoque más detallado en la recopilación de datos y en la generación de evidencia empírica a partir de esta investigación.

Así mismo, en el gremio constructor colombiano, y en específico de la ciudad de Medellín, existe una gran parte de construcciones informales y sin normativas sísmicas, lo cual limita la investigación en la dificultad de aplicación de estas técnicas en los sistemas constructivos tradicionales de proyectos de vivienda en barrios o lugares con escasos recursos.

La presencia de construcciones informales y la falta de normativas sísmicas en el gremio constructor de Medellín representan una limitación importante para la investigación. Esto puede dificultar la aplicación de sistemas constructivos sostenibles en entornos donde las condiciones de construcción pueden ser precarias. Es necesario abordar esta limitación en otros trabajos de investigación considerando la adaptación de las soluciones sostenibles a diferentes contextos, incluyendo aquellos con recursos limitados y necesidades urgentes de vivienda.

Por otro lado, dado que el alcance de esta investigación es exploratoria y bastante específica, se puede presentar una limitación en cuanto a un conjunto reducido de variables a

analizar debido a la poca información que podrían facilitar las constructoras en el gremio. Aunque algunas empresas les parezcan un valor agregado el tema de la construcción sostenible y la innovación, a otras pueden no importarles o hacer caso omiso a estas prácticas y técnicas sostenibles.

La investigación se enfrenta a la dificultad de obtener información de las constructoras en Medellín. Algunas empresas pueden no estar dispuestas a compartir datos o pueden no considerar la construcción sostenible como una prioridad. Para superar esta limitación, se pueden emplear estrategias de investigación adicionales en futuros trabajos de investigación, como entrevistas en profundidad con constructores que estén dispuestos a participar.

Desde otro enfoque, la diversidad de actitudes y enfoques dentro del gremio constructor es un desafío importante. Mientras que algunas empresas valoran la construcción sostenible y la innovación, otras pueden no mostrar interés o pueden resistirse a adoptar prácticas sostenibles. Es fundamental abordar esta limitación mediante un enfoque que incluya un análisis detallado de las barreras y motivaciones para la adopción de prácticas sostenibles en diferentes segmentos de la industria de la construcción.

La investigación se describe como exploratoria y específica en su alcance, lo que podría limitar la generalización de los resultados. Para mitigar esta limitación, se podría considerar la posibilidad de realizar estudios complementarios en el futuro que amplíen la investigación a un conjunto más amplio de variables y contextos, lo que permitiría obtener una visión más completa de la adopción de sistemas sostenibles en la construcción en Medellín.

En resumen, estos límites o limitantes de la investigación en el proyecto son desafíos que deben tenerse en consideración para futuros proyectos de investigación en este tema. Además, ofrecen oportunidades para la identificación de soluciones específicas y estrategias de investigación adicionales que pueden ayudar a superar estas limitaciones y contribuir de manera significativa al avance de la construcción sostenible en Medellín.

Marco Conceptual y Teórico

Para entender la metodología de análisis utilizada en el presente trabajo es primordial la comprensión de los conceptos, características, antecedentes y teorías que envuelven el contexto en el que se desarrollará esta investigación. Además, es importante tener en cuenta las consideraciones respecto a la aplicación de sistemas constructivos enfocados desde la sostenibilidad para aprovechar los recursos naturales en las construcciones de proyectos residenciales. Por otro lado, es necesario enmarcar los orígenes y causas para la creación de estas pautas sostenibles en vista de los impactos en el medio ambiente y las afectaciones a la calidad de vida de las personas generadas por los proyectos de vivienda en la ciudad de Medellín. Como un valor agregado al campo aplicado de las construcciones sostenibles, se introduce el concepto de innovación en las técnicas y sistemas constructivos dentro de las etapas de construcción de proyectos para así obtener reconocimiento y servir como referentes en el gremio constructor

Se enuncian los conceptos básicos necesarios para entender el posterior marco teórico de este trabajo de investigación.

Industria de la construcción: La industria de la construcción es un sector clave que crea empleos y satisface la demanda de servicios e insumos al crear proyectos de infraestructura, vivienda y transporte (Semana, 2022).

PIB: El PIB o Producto Interno Bruto, es el valor total de los bienes y servicios producidos en un país durante un período de tiempo específico. (elEconomista Inmobiliaria, 2020)

Construcción sostenible: se refiere a procesos de diseño, construcción y operación de edificios que reducen su impacto en el medio ambiente y mejoran la calidad de vida de sus residentes, incluyendo eficiencia energética, uso de recursos renovables y reciclables, entre otras cosas (Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), 2015)

Impactos ambientales: Los impactos ambientales incluyen la contaminación atmosférica, la deforestación, la generación de desechos y el agotamiento de los recursos naturales (Zuleta Roa, 2019).

Recursos naturales no renovables: Los combustibles fósiles y otros recursos naturales se agotan con el tiempo y no pueden regenerarse a una velocidad comparable con su consumo (Sandstoneglobal, 2021).

Desarrollo sostenible: El concepto de desarrollo sostenible implica la búsqueda de un equilibrio entre el cumplimiento de las demandas presentes sin menoscabar la capacidad de las generaciones venideras para atender sus propias exigencias, teniendo en cuenta aspectos económicos, sociales y ambientales (Organización de las Naciones Unidas, 1987)

Certificación LEED: La certificación LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) es un sistema de certificación que evalúa la sostenibilidad de las edificaciones en áreas como el uso de recursos, la calidad del ambiente interior y la eficiencia energética (Gordillo Bedoya, Hernández Castro, & Ortega Morales, 2010).

Sello Ambiental para Edificaciones Sostenibles: El Sello Ambiental para Edificaciones Sostenibles (SAC-ES): es una marca colombiana que reconoce los proyectos que cumplen con ciertos estándares de sostenibilidad, como la utilización de materiales no contaminantes y tecnologías limpias (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2022).

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible: El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) es una organización que trabaja para fomentar la construcción sostenible en Colombia y colabora en la creación de políticas y estándares para el sector (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), 2014)

Política Pública de Construcción Sostenible: La Política Pública de Construcción Sostenible es un plan gubernamental para fomentar prácticas de construcción sostenibles que toman en cuenta factores como la ecoeficiencia, la habitabilidad y la resiliencia (Susunaga Monroy, 2014).

Código de Construcción Sostenible del Municipio de Medellín: El Código de Construcción Sostenible del Municipio de Medellín es un conjunto de leyes locales que fomentan la construcción de edificios de manera sostenible (CCCS, 2016).

Estos son los conceptos técnicos principales que se presentan en el marco conceptual y teórico de tu investigación, junto con sus respectivas definiciones.

Análisis del sector de la construcción

El sector de la construcción es fundamental para el desarrollo productivo, económico, social y cultural de un país, debido a la creación de proyectos de infraestructura, vivienda y transporte, por la alta generación de empleos (uno de cada 5 empleos es por el sector de la construcción) y alta demanda de servicios e insumos que abarcan el 54% del aparato productivo de un país (Semana, 2022). Según un informe creado por la ONG, llamado ‘Hábitat para la Humanidad’, se expone “que el sector de la construcción emplea a más de 250 millones de trabajadores en la actualidad, cifra que se traduce en un 7,7 % de todo el empleo a nivel mundial” (Forbes Staff, 2021).

Ahora, desde el punto de vista financiero, la construcción, siendo la industria más grande en la economía mundial, genera una influencia directa en los mercados y representa el 13% del PIB mundial (elEconomista Inmobiliaria, 2020). En el año 2021, el sector recaudo US\$10,7 billones y se tienen proyecciones de crecimiento cerca del 42% o US\$4,5 billones en un periodo de 10 años (2020 a 2030) (Palacios, 2022). Esta situación está creciendo hacia Latinoamérica, donde se proyecta la expansión del PIB global constructor en un 4.5% entre el año 2020 y 2025 (Armesto, 2022). Esto está impulsando la economía en países en desarrollo como en el caso de Colombia.

La construcción en Colombia ha presentado un alto dinamismo en la economía del país a lo largo de los años, contribuyendo en gran parte al PIB y destacándose frente al crecimiento de otros sectores económicos. Como lo señaló la presidente de Camacol, “la construcción de edificaciones debe ser un pilar fundamental para impulsar y preservar el dinamismo económico”

(Prestan Serrano, 2017). A pesar de ser un país en desarrollo, las técnicas de construcción han evolucionado, desde la época precolombina caracterizada por utilizar fibras vegetales, hacia la transición de unas construcciones modernas influenciadas por los franceses, ingleses e italianos en la década de los años 60. Es evidente la evolución del país desde el contexto enfocado en la globalización, presentándose avances en la construcción de empresas, edificios, viviendas y obras de infraestructura, “los cuales han sido testigos de varias transformaciones en los últimos años, poniendo a Colombia como uno de los países líderes en desarrollo, técnica e innovación por sus avances en el sector” (Prestan Serrano, 2017).

El sector de la construcción “ha aumentado en la consolidación del PIB hasta 17,3% anual y ha aportado significativamente a la generación de empleo a más de 1,02 millones de personas en ciudades como Bogotá, Cartagena, Cali y Medellín” (Mora, 2022). Como prueba de ello, se analiza el Boletín Técnico de los Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC) del segundo trimestre del 2022. Fuera del crecimiento del PIB constructor a precios constantes con respecto al mismo trimestre de 2021 (12.6%), se observa que en un periodo de 5 años (segundo trimestre de 2017) existe un incremento entre 20 y 30% de los valores agregados de obras civiles, actividades especializadas, construcción y edificaciones. Así mismo, si se realiza una comparación del PIB para algunos países de Latinoamérica entre el segundo trimestre de 2022 y el segundo trimestre del 2021, se puede observar que “Colombia registró el mayor crecimiento al presentar una variación de 12,6%, seguido de Chile y México que presentaron un crecimiento del 5,4% y 2,0% respectivamente” (DANE, 2022).

Estos datos muestran una visión global de un crecimiento constante del sector y está ligado directamente al incremento de los insumos para la ejecución de proyectos (concreto premezclado o la producción del cemento), al censo de edificaciones, a la financiación de vivienda y al aumento de licencias de construcción (29%) y viviendas aprobadas (38%), en comparación con el periodo 2021, segundo trimestre. Analizando propiamente el subsector de las edificaciones dentro de la construcción, éste presenta una demanda de 43 billones de

pesos por año en insumos, simbolizando el 54% del aparato productivo de Colombia. (CAMACOL, Octubre 2019). Todo esto se traduce en la gran cantidad de insumos utilizados en la construcción masiva de edificaciones que seguirá creciendo de manera constante por lo que afectará directamente al medio ambiente.

Impactos ambientales por construcción masiva

Dada la conocida situación de la expansión y crecimiento de construcción de edificaciones en Colombia, es fundamental analizar las repercusiones en el medio ambiente, debido al consumo excesivo de recursos naturales no renovables dentro de sus procesos altamente contaminantes. Durante cualquier proceso constructivo, se requiere el uso de materiales, recursos naturales y maquinaria, lo cual se traduce en la generación de impactos ambientales sociales, ecológicos y sobre los recursos naturales, mediante la contaminación atmosférica, la deforestación, generación de polvo y ruido (Sandstoneglobal, 2021).

Dentro de un marco contextual, los impactos de los procesos constructivos sobre el medio ambiente se centran en dos aspectos: **extracción de recursos** y los **desechos y desperdicios**. En el primero, se concreta el consumo energético durante el ciclo de vida de la construcción y la utilización de los recursos naturales, caracterizada por la falta de planeación del uso de recursos renovables y la extracción indiscriminada de recursos no renovables. El aspecto de los desechos y desperdicios contempla, por un lado, la contaminación por los materiales peligrosos para la salud y emisiones en el ciclo de vida de materiales, y por el otro, los residuos en construcción que crean la degradación del paisaje, contaminación e impactos hidráulicos y geotécnicos (Zuleta Roa, 2019).

En un enfoque más centralizado, el sector de la construcción repercute en los componentes abióticos (agua, aire y suelo) y bióticos de los ecosistemas, como lo son la flora y la fauna. En el suelo, se presenta una alteración en las características químicas y físicas por el vertimiento residuos líquidos o sólidos que producen inestabilidad en el terreno o procesos erosivos y están vinculados a prácticas de demolición, descapote, desmonte, limpieza y

excavación. “En el curso final de la vida útil de la construcción, todos los materiales utilizados a menudo se convierten en escombros, es decir, que grandes cantidades (50%) se presentan en forma de materiales de desecho” (Argos 360, 2022). En cuanto al agua, es evidente las alteraciones del equilibrio hidráulico de las redes naturales de agua debido a las excavaciones y movimientos de tierra durante las etapas constructivas. Así mismo, las aguas cercanas a una obra de construcción “contienen altos niveles de sólidos en suspensión que pueden afectar a las alcantarillas y a las plantas de tratamiento de aguas residuales” (Sandstoneglobal, 2021). Considerando el componente del aire, las construcciones son, en gran parte, contribuyentes al deterioro de la calidad del aire por las emisiones atmosféricas creadas por los olores, material particulado y gases, las cuales afectan directamente la salud de los seres humanos. Por último, en el aspecto de la flora y fauna, se presenta una afectación de recursos forestales, migración de especies animales lo que se traduce en alteraciones en el ecosistema.

Siendo más específicos, según diversos estudios realizados, el 17% del agua potable, el 70% de todos los recursos de madera, el 10% de la tierra, más del 30% de la energía mundial y alrededor de un 60% de las materias primas mundiales están atribuidos la construcción (Chinchón Yepes, 2017). “Según el World Watch Institute, el sector consume 40% del uso mundial en piedras brutas, grava y arena y 25% de su madera virgen por año” (Dobrowolska, 2021). Esta explotación de grava y arena es un proceso mundial que enmarca el mayor volumen para extraer los materiales sólidos. De igual forma, “estas materias primas son las más consumidas en el planeta después del agua (aproximadamente un 70-80 % de los 50.000 millones de toneladas de materiales extraídos cada año)” (BBVA, 2022). Esta situación está destruyendo ecosistemas, provoca inundaciones y aumenta el agotamiento de recursos hídricos, debido a que varios estudios muestran que los grandes ríos del mundo “han perdido entre la mitad y el 95% de su entrega natural de arena y grava al océano” (BBVA, 2022).

Por otro lado, el sector de la construcción es “uno de los principales responsables de la emisión de gases de Co₂, contribuyendo a nivel mundial con el 20% de estas emisiones en la

atmósfera, según un análisis del Climate Action Tracker (CAT)” (Vergaño Reyes, Velásquez Torres, & Tabarez Restrepo, 2019). La emisión de gases de efecto invernadero, generada por los residuos sólidos derivados de la construcción, estaba contabilizada en el año 2004 en 8.6 billones de toneladas métricas, pero está proyectada en 15.6 billones de toneladas métricas para el año 2030 si continua la construcción progresando como lo está haciendo en la actualidad. En términos generales, casi un 40% de la contaminación atmosférica y el aumento global del cambio climático se debe a los procesos de la industria de la construcción debido a que en este sector se produce la mayoría de las emisiones de dióxido de carbono y el uso de combustibles fósiles. “Este impacto se produce desde la fabricación de los materiales hasta la gestión de los residuos generados por su demolición pasando por la fase de construcción, utilización y vida útil del edificio” (Torres López, 2021).

Desde otro punto de vista, “el sector de la construcción es un gran generador de residuos, de hecho, es responsable del 30 al 40% de la generación total de residuos de los países industrializados” (Peters Quiroga, 2022). Los residuos que resultan de la construcción, demolición y rehabilitación de obras, conocidos como **Residuos de Construcción y Demolición** (RCD) están conformados por concreto, cerámicos, agregados, mortero, ladrillos, acero, panel yeso, entre otros (Jurado Villegas, 2021). La situación crítica se origina debido a este problema ocasionado por la falta de recursos naturales en las cercanías de la ciudad y la saturación de los lugares designados para desechar desechos y escombros debido a la acumulación constante de estos materiales. “De acuerdo con POGOTECH (2017), en el mundo, cada año se producen más de 6,5 mil millones de toneladas de RCD, de las cuales entre 2,6 y 3 mil millones de toneladas corresponden a residuos inertes de la construcción y de la demolición” (Suárez Silgado, Betancourt Quiroga, Molina Benavides, & Mahecha Vanegas, 2019). Por tal motivo, es fundamental el reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) como agregados, ya que, en naciones industrializadas, esta técnica se utiliza ampliamente con el fin de prevenir la contaminación ambiental y reducir el impacto de la

extracción de materiales primarios. En Colombia, las entidades gubernamentales encargadas de supervisar la industria de la construcción han empezado a adoptar esta meta innovadora hacia la sostenibilidad., con el fin de optimizar los sistemas constructivos y lograr la reutilización de recursos potencialmente reciclables.

Retomando todo lo anterior y analizando el contexto de las afectaciones al medio ambiente por el sector de las construcciones de edificaciones y el papel que desarrolla en la economía nacional, el gremio de la construcción posee un gran potencial “para reducir sus impactos negativos al ambiente, ya que pequeños cambios, que no incurren en grandes aumentos en los costos de producción, serían suficientes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de residuos sólidos” (Acevedo Agudelo, Vásquez Hernández, & Ramírez Cardona, 2012). Es en este punto crucial donde se introduce los conceptos de sostenibilidad y construcciones sostenibles para dar una alternativa como solución a esta problemática.

Contexto de la construcción sostenible

Desde hace unos 30 años se han llevado a cabo conferencias, foros, reflexiones y discursos ambientales donde el eje central ha sido la **sostenibilidad**, la cual hace referencia a la “conservación del valor acumulado del capital (sea capital natural o capital económico) para producir bienestar a la generación actual y a las futuras, dentro de una protección del medio ambiente” (Gordillo Bedoya, Hernández Castro, & Ortega Morales, 2010). La **sostenibilidad**, basada en el hecho de permanecer o mantener con vida, se entiende como una condición que enmarca la adaptabilidad y continuidad al ser humano, desde el punto vista social, ecológico y económico. Por lo tanto, el concepto debe entenderse desde un equilibrio integral entre un aspecto social y ético del ser humano para prosperar, tomando en consideración una justa distribución de riqueza enmarcada por la capacidad del planeta según las necesidades del hombre. Esta integración desde los ámbitos económico, social y ecológico resume los pilares principales del **desarrollo sostenible**, el cual pretende satisfacer “las necesidades del presente

sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Organización de las Naciones Unidas, 1987). En otras palabras, el **desarrollo sostenible** se enfoca en “mantener un balance entre las necesidades y demandas de las personas sobre equidad, prosperidad y calidad de vida y, además, que sea ecológicamente posible, donde se reconocen límites ambientales a los modos de vida, suponiendo un crecimiento o desarrollo” (Gordillo Bedoya, Hernández Castro, & Ortega Morales, 2010).

Actualmente, existe una creciente preocupación en el sector de la construcción por orientar los procesos hacia un desarrollo sostenible, dada las influencias directas en el medio ambiente, la sociedad y la economía de un país. Es primordial entender la **sostenibilidad en la construcción** desde un enfoque racional que implique “necesariamente un profundo cambio de actitud orientado al bien común, una drástica transformación del sentir individual y colectivo, mediada por la justicia, la equidad, la inclusividad social y económica; y el respeto total por la naturaleza” (Zuleta Roa, 2019). De allí, la importancia de adoptar las condiciones de las construcciones sostenibles para la preservación de la especie humana hacia la optimización de recursos garantizando la protección del planeta y un dinamismo económico. Son varios los autores que hacen referencia a la **construcción sostenible**. Sin embargo, se presenta la definición según el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la cual abarca adecuadamente el concepto:

“La **construcción sostenible** es un proceso integral que busca contribuir al incremento de la calidad de vida de la población; así como al desarrollo económico equitativo de la región y a la protección del ambiente local, regional y global a través de la incorporación de criterios de ecoeficiencia, habitabilidad, resiliencia, integralidad y viabilidad en la planeación, el diseño, la operación, la rehabilitación y la deconstrucción del ambiente construido...” (Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), 2015)

En otras palabras, la **construcción sostenible** hace referencia a procesos eficientes concebidos desde el diseño, la construcción y operación de las edificaciones, para disminuir el

impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de quienes las habitan. Las características de una **edificación sostenible** se basan en el uso racional y eficiente de la energía, la reutilización, conservación y ahorro del agua, la utilización de recursos y materiales renovables, reciclables y derivados de procesos de producción limpia, reducción de RCD, creación de ambientes saludables y no tóxicos, entre otros. Todo esto con el objetivo de “proteger los ecosistemas, mejorar la calidad del agua y el aire, permite conservar los recursos naturales, contribuyendo a conservar el medio ambiente, reducir los costos de operación de las edificaciones y mejorar la productividad de las personas que las ocupan” (Arias Tapiero, 2011).

El sector de la construcción está cada vez más enfocado en contemplar las técnicas sostenibles dentro de los procesos constructivos. En cuanto a los proyectos de vivienda, se está optando por utilizar materiales para minimizar los impactos “negativos causados por los procesos de fabricación, uso y disposición final, a la vez de cumplir también las funciones propias de los materiales de construcción convencionales” (Restrepo Zapata & Cadavid Restrepo, 2019). Contextualizando esta situación, la transformación y puesta en marcha de proyectos que fomenten la sostenibilidad tiene sus orígenes principalmente en Estados Unidos. En 1998, se creó el **World Green Building Council** como entidad pionera para establecer las normas y condiciones de las construcciones sostenibles en varios países. Existen diferentes instituciones que se crearon a partir de este consejo, siendo uno de los más importantes el **United States Green Building Council (USGBC)**, el cual difunde la sostenibilidad en el funcionamiento, diseño y construcción de edificaciones en Estados Unidos. Los parámetros y requisitos de sostenibilidad están registrados en el estándar del Consejo de Construcción Verde, **Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)**, el cual “evalúa las construcciones bajo ciertas categorías, promoviendo de esta manera la construcción sostenible con materiales responsables con el medio ambiente, técnicas amigables con el entorno y cumplimiento de las normativas por medio de certificaciones voluntarias en construcción verde” (Gordillo Bedoya, Hernández Castro, & Ortega Morales, 2010).

Antecedentes globales.

Durante décadas, Europa y Asia han liderado la construcción sostenible. Países europeos como Alemania y Suecia han establecido estándares rigurosos de construcción sostenible y están promoviendo edificios con energía casi nula y sistemas avanzados de recirculación de agua. Singapur y otros países de Asia han construido proyectos impresionantes de construcción sostenible que utilizan tecnologías innovadoras y sistemas de gestión de recursos.

El estándar Passivhaus en Alemania: Alemania ha sido un líder en la promoción de la construcción sostenible mediante el estándar de construcción pasiva. Este estándar busca que los edificios tengan una alta eficiencia energética utilizando un diseño que maximice la ganancia de calor pasiva y la pérdida de calor. Los edificios Passivhaus se caracterizan por su bajo consumo de energía (Valdés, 2021).

Suecia y la Ciudad de Hammarby Sjöstad: Suecia ha construido una ciudad emblemática de desarrollo sostenible llamada Hammarby Sjöstad en Estocolmo. Un sistema de recolección neumática, sistemas de transporte público sofisticados y estándares estrictos de eficiencia energética son componentes de la gestión de desechos en este proyecto (García, 2017).

Singapur y el Edificio Cero Energía BCA SkyLab: BCA SkyLab, un edificio de investigación que utiliza energía renovable y tecnología de vanguardia, es un ejemplo de cómo Singapur ha promovido la construcción sostenible. Además, se han implementado sistemas para la gestión y reciclaje de aguas residuales (The Building and Construction Authority, 2023).

Avances en América

A través de certificaciones como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental), Estados Unidos, Canadá y América han liderado el camino hacia la construcción sostenible. Ciudades como Nueva York y San Francisco han establecido normas e incentivos para

promover la construcción sostenible. Brasil y Chile son dos países que han experimentado un aumento en la implementación de proyectos sostenibles en América Latina.

Los Estados Unidos de América y el estándar LEED: La construcción sostenible en los Estados Unidos ha sido significativamente influenciada por el sistema de certificación LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental). Ha promovido la adopción de prácticas sostenibles en proyectos comerciales y residenciales, promoviendo la eficiencia energética, la gestión de recursos y la calidad ambiental interior

Canadá y el Proyecto Docksider Green: el proyecto Docksider Green es un desarrollo urbano sostenible en Victoria, Columbia Británica, Canadá. Utiliza tecnologías avanzadas de reciclaje de agua y sistemas de calefacción y refrigeración geotérmica. Este proyecto ha establecido normas para la construcción respetuosa con el medio ambiente en Canadá (LibreText Espanol, 2023).

Chile y la Certificación CES: Chile ha creado el sistema de certificación de edificios sostenibles (CES), que evalúa y certifica la sostenibilidad de los edificios en términos de eficiencia energética, uso de materiales sostenibles y gestión de desechos. La certificación ha fomentado la implementación de prácticas de construcción sostenibles en Chile (Ministerio de Hacienda Chile, 2020).

Resumiendo lo anterior, en los últimos 15 años, ciertos países de Latinoamérica han demostrado su potencial para incursionar las construcciones sostenibles, como Brasil, México, Chile, Argentina, Colombia, Costa Rica, Panamá, Perú y Uruguay. Uno de los principales motivos por los cuales se han generado estos cambios es el grado de madurez del mercado, ya que los mercados avanzados justifican la construcción sostenible como un modelo de negocio por menores costos operativos, la demanda de sus clientes y del mercado y temas relacionados con responsabilidad social. Por otro lado, los mercados menos avanzados sustentan que “la construcción sostenible es la estrategia lógica y responsable para atender los retos ambientales y sociales que enfrentamos en nuestros tiempos” (Gamboa, 2013). Este es el

caso de Colombia, que, a pesar de haber estado en crisis económica atribuida al narcotráfico, es ahora un país en crecimiento que argumenta la sostenibilidad como una estrategia para mitigar los daños ambientales en las construcciones actuales y futuras.

La sostenibilidad en la construcción colombiana y en Medellín

Actualmente, la aplicación de políticas ambientales dentro de los proyectos de construcción es cada vez más influyente en el contexto colombiano debido a las preocupaciones por los impactos al medio ambiente y a los seres humanos. Así mismo, está cobrando fuerza la introducción de los principios de la sostenibilidad aplicada a los proyectos de construcción dada sus numerosas ventajas, desde un marco normativo y legal. El estado colombiano tiene como principal meta para el 2030 “que todas las nuevas edificaciones a nivel nacional tengan como prioridad el concepto sostenible, por lo tanto, diferentes entidades deben definir los criterios de sostenibilidad que orientarán la planeación, diseño, construcción y uso de estas” (Muñoz Salamanca, 2019).

Según la firma de abogados Baker & McKenzie, Colombia está ubicada “entre los 25 países líderes en construcción sostenible en el mundo en el Global Sustainable Building Index” (Rozo G, 2016). Un claro ejemplo de esto es la creación del **Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)** o Colombia Green Building Council. El CCCS fue fundado en febrero de 2008 como una organización privada que pretende ser “el organismo de referencia en cuanto a la construcción sostenible en el nivel nacional y protagonista en el mundo” (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), 2014). Sus lineamientos se basan en la educación frente a la construcción y urbanismo sostenible; la política pública para gestionar políticas de consumo y producción responsable en el sector, la gestión técnica, por medio de la normalización de mercados sostenibles en la construcción y sistemas de certificación; y comunicaciones y mercadeo al incrementar la participación de los miembros del CCCS y fortalecer la institucionalidad de este consejo (Susunaga Monroy, 2014).

Además de ser parte pleno del Consejo Mundial de Construcción Sostenible (WorldGBC por sus siglas en inglés), el CCCS está constituido por entidades y personas que fomentan la transformación de la construcción con el fin de crear un entorno adecuado para el bien de todos los colombianos y el medio ambiente. Dentro de más de 200 entidades registradas se destacan las universidades o centros institucionales, proveedores, empresas constructoras y sociedades profesionales o gremios. La participación de estas entidades dentro del CCCS consiste en apoyar ese cambio en el mercado colombiano hacia mejores prácticas que minimicen la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático, aunque haya dificultades dentro del sector de la construcción. Sin embargo, las constructoras actualmente están aplicando estas técnicas haciendo énfasis en los sistemas de certificación internacionales como la certificación LEED (Gordillo Bedoya, Hernández Castro, & Ortega Morales, 2010).

El sistema de certificación más utilizado en Colombia es el **LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental)**. Esta certificación es un método de evaluación de construcciones sostenibles por medio de parámetros cuantificables y pautas objetivas de diseño. Tiene en consideración el uso eficiente de materiales, energía y agua, la gestión de residuos en obras de construcción y la calidad del entorno en los espacios habitables de un edificio. De igual manera se “evalúa el comportamiento medioambiental que tendrá un edificio a lo largo de su ciclo de vida, sometido a los estándares ambientales más exigentes a nivel mundial” (catalogoverde.cl, n.d.). Los criterios que se toman en consideración para otorgar una certificación LEED son: sitios sustentables (SS), eficiencia en el uso del agua (WE), energía y atmósfera (EA), materiales y recursos (MR), calidad del ambiente interior (IEQ), innovación en el diseño (ID) y prioridad regional (RP). De acuerdo con el puntaje obtenido del proyecto, se asigna un nivel de certificación LEED (Certificado, Plata, Oro o Platino). Hoy en día Colombia cuenta con más de 180 proyectos sostenibles en proceso de certificación y certificados, ubicados en ciudades como Medellín, Bogotá, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Manizales, Montería, Pasto, entre otras.

Adicional a estos sistemas, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, algunas universidades y empresarios comenzaron a desarrollar el **Sello Ambiental para Edificaciones Sostenibles (SAC-ES)**. Ésta es una etiqueta colombiana que involucra un distintivo, el cual puede portar un servicio o proyecto que cumpla con los siguientes requisitos: utilización de materias primas no nocivas para el ambiente, consideración de métodos de reutilización, uso sostenible de recursos naturales empleados, aplicación de tecnologías limpias que disminuyan el impacto sobre el medio ambiente e implementación de procesos de producción con uso eficiente de la energía (fuentes de energía renovables).

Ahora, concretamente para el caso del Valle de Aburrá, el Área Metropolitana contó con el apoyo de entidades del sector privado y público como la Universidad Pontificia Bolivariana, CAMACOL Antioquia, EPM, entre otros, para establecer en el año 2015 la Política Pública de Construcción Sostenible, cumpliendo con el Acuerdo Metropolitano N°5 de 2014, en el que se declara un Hecho Metropolitano a la Construcción Sostenible (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2022).

“Con este instrumento se busca implementar un sistema constructivo que impulse una visión integral de sostenibilidad, a partir de criterios técnicos e instrumentos de gestión que posibiliten la planeación, diseño, construcción, operación, renovación y de construcción de los proyectos urbanos y de las edificaciones en el Valle de Aburrá hacia un desarrollo más equitativo y responsable, caracterizado por una mayor eficiencia en el uso de recursos, un menor impacto ambiental y una mayor inclusión social. Todo ello bajo condiciones de viabilidad económica, resiliencia frente a la variabilidad climática, eco-eficiencia respecto al consumo de recursos naturales y bajo impacto con relación al paisaje, la biodiversidad y la conectividad ecológica, y que trascienda la escala de la edificación...” (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2022).

Esta política está dividida en tres partes: 1) una línea base que define las oportunidades, restricciones y problemáticas del ambiente construido en el Valle de Aburrá en

cuanto al mantenimiento, operación, planeación, construcción y deconstrucción; 2) un análisis del marco jurídico identificando los lineamientos legales y 3) un documento de planeación específica que acoge los métodos, conceptos, instrumentos y objetivos de la Política (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2022).

Por último, específicamente hablando de la ciudad de Medellín, en el año 2015 se presentó el **Código de Construcción Sostenible del Municipio de Medellín** por parte del Departamento Administrativo de Planeación de Medellín. Este pretende incentivar la “implementación de prácticas que permitan el ahorro de agua y energía en edificaciones nuevas, así como garantizar índices de confort acústico, una correcta disposición de residuos de construcción y demolición (RCD) y la adecuada inserción paisajística de los proyectos” (CCCS, 2016). Así mismo, este código “plantea el desarrollo de la reglamentación de incentivos a la construcción sostenible; la implementación de sistemas de registro, verificación, seguimiento y certificación del cumplimiento de las condiciones establecidas y la estrategia de formación, educación y promoción de estas mejores prácticas” (CCCS, 2016).

En resumidas cuentas, la ciudad de Medellín cada día va avanzado en términos de adoptar políticas sostenibles y poderlas aplicar al sector de la construcción, impulsando la economía colombiana buscando la eficiencia en términos de la disminución del consumo de los recursos naturales y de las afectaciones del medio ambiente.

Metodología

Tipo de Investigación

Este trabajo está constituido por una investigación académica basada en un enfoque mixto (**cuantitativo y cualitativo**) que combina el desarrollo documental y de interacción con diferentes constructoras. Esto se debe a que es un proyecto cuya información se obtiene por medio del análisis de documentos, revistas, artículos, libros, otras fuentes secundarias y la interpretación de encuestas realizadas (**enfoque cualitativo**) a varias empresas del gremio constructor. Una vez estudiados estos documentos, revistas, artículos, libros y encuestas, se generan deducciones y conclusiones basadas en el **enfoque cuantitativo** dado por agrupación de resultados numéricos. Adicionalmente los objetivos y el marco de referencia tienen aspecto exploratorio, investigativo, analítico y explicativo (Salas Ocampo, 2019).

Variables del análisis

Dentro de la metodología se emplean las siguientes variables principales:

- construcciones sostenibles
- sistemas constructivos sostenibles
- sistemas constructivos tradicionales
- innovación dentro de construcciones sostenibles
- empresas constructoras
- técnicas sostenibles
- ventajas de empresas con construcciones sostenibles
- reconocimientos y certificaciones LEED
- aprovechamiento de recursos naturales

Población según fórmulas estadísticas

La población evaluada será el conjunto de constructoras ubicadas en la ciudad de Medellín y los proyectos de vivienda en procesos de ejecución o ya construidos y que hayan

sido desarrollados con sistemas constructivos sostenibles o que en general se categoricen como edificios sostenibles o que tengan alguna certificación LEED. Cabe señalar que es primordial definir el tamaño de muestra a utilizar, el cual será escogido de acuerdo con fórmulas estadísticas establecidas para garantizar una adecuada selección de edificios sostenibles bajo el criterio de la optimización de recursos naturales.

Para el muestreo y análisis estadístico se tuvo en cuenta la metodología utilizada en la tesis “Estudio de mercado para indagar sobre la demanda potencial de una papilla a base de cereal lista para consumo en la ciudad de Pereira” (Zuluaga Gutiérrez & Ortiz González, 2014)

Muestreo estadístico para estimar población finita

De acuerdo con la base de datos de la Cámara de Comercio de Medellín, se encuentran registradas 192 empresas dedicadas a la construcción de edificaciones residenciales, entre mediana y gran empresa bajo la clasificación de personas jurídica.

Tabla 1

Empresas de construcción de edificaciones en Medellín bajo persona jurídica.

Descripción CIIU	Empresas constructoras de Medellín - Persona Jurídica		Total Medellín
	Mediana	Grande	
Construcción de edificios residenciales	123	69	192

Nota: Numero de empresas medianas y grandes de acuerdo con la clasificación CIIU. Fuente: Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia.

Con la identificación del tamaño total de la población, se ejecutó un muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza (Z_{α}) del 90%, una proporción esperada (p) del 5% y una precisión (d) del 10%. La fórmula que describe esta técnica es la siguiente:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \uparrow$$

Siendo N el total de la población (192), Z_{α} equivale a 1.645 al tener una seguridad del 90%, p es 0.05, q es igual a $1 - p$ (0.95) y d es 0.10. Para este caso, se obtiene:

$$n = \frac{192 * 1.645^2 * 0.05 * 0.95}{0.10^2 * (192 - 1) + 1.645^2 * 0.05 * 0.95} = 12.10 = 12$$

Por lo anterior, la muestra poblacional para este análisis es de 12 empresas constructoras en Medellín, según los cálculos utilizando la fórmula descrita. Las empresas seleccionadas son: Arquitectura y Concreto, Capital, Bienes y Bienes, Muros y Techos, Londoño Gomez, Contex, Concreto, Conaltura, Soluciones Civiles, Arconsa, Coninsa y Ménsula.

Diseño de la encuesta

Las encuestas esta dirigida al personal administrativo entre coordinadores de proyectos, gerentes técnicos, coordinadores ambientales ya que participan en las decisiones del área técnica y medioambiental de la compañía. Entonces, están al tanto de los procedimientos que tienen lugar en los proyectos bajo su responsabilidad.

Se diseñaron dos tipos de encuesta, una con 13 preguntas sobre los aspectos que hacen referencia a la construcción sostenible y otra con 28 preguntas evaluando la importancia de acoger estas técnicas dentro de los proyectos y el desempeño sobre las acciones o técnicas referentes de la sostenibilidad en la construcción (ver Anexo A, Anexo B, Anexo C)

Recolección de la información

Se procede a realizar los dos tipos de encuestas a las 12 empresas constructoras en la ciudad de Medellín mencionadas anteriormente y se procede con la tabulación de las encuestas aplicadas (ver Anexo D, Anexo E, Anexo F, Anexo G)

Etapas de metodología

Para obtener la información necesaria y desarrollar las actividades del proyecto, se requiere realizar la siguiente secuencia de procedimientos y métodos específicos:

Etapa 1: Descripción de aspectos necesarios para catalogar a un proyecto de vivienda como construcción sostenible y si es apto para certificación LEED.

Para llevar a cabo el análisis de los sistemas de aprovechamiento de recursos naturales en los proyectos inmobiliarios de Medellín, es primordial describir y conocer los aspectos mínimos a tener en cuenta para categorizar a una construcción como sostenible y si cumple ciertos criterios, clasificarla según la certificación LEED.

Etapa 2: Identificación de las empresas constructoras de Medellín con edificaciones sostenibles o con certificaciones LEED y análisis de sus beneficios y reconocimientos en el gremio constructor.

Luego de la descripción de los elementos y aspectos que componen una construcción sostenible y los requerimientos para una posible certificación LEED dentro del contexto de los proyectos de vivienda, se identifican las empresas constructoras de la ciudad de Medellín que hayan sido responsables de edificaciones sostenibles o con certificaciones LEED. Se realiza esta búsqueda en diferentes medios de comunicación como en revistas, libros, sitios web académicos, base de datos de CAMACOL, base de datos de certificaciones LEED con la finalidad de obtener diversos argumentos para sustentar los beneficios y ventajas de estas edificaciones sostenibles dentro del gremio constructor.

Etapa 3: Comparación entre los sistemas constructivos caracterizados por un mayor consumo de recursos naturales y los sistemas constructivos de los proyectos sostenibles analizados.

Una vez establecido el panorama de edificaciones sostenibles o con certificaciones LEED, se analizan los sistemas constructivos propios de estas construcciones basados en la sostenibilidad en comparación con los sistemas constructivos tradicionales que engloban la mayoría de construcciones en la ciudad. Se hace énfasis en las etapas y procesos constructivos que presenten un mayor consumo de recursos naturales para identificar los puntos críticos y claves como aspectos para analizar dentro de las construcciones sostenibles.

Etapas 4: Análisis de sistemas constructivos basados en las edificaciones sostenibles escogidas y centrados en el aprovechamiento de recursos naturales para generar una economía circular.

Finalmente, se establece un análisis a partir de la recopilación de información sobre las encuestas realizadas a las empresas constructoras de los sistemas y equipos constructivos que buscan optimizar el aprovechamiento y recirculación de los recursos naturales dentro de las construcciones sostenibles, tomando como valor agregado las técnicas de innovación. Todo esto para proporcionar una economía circular en la ciudad de Medellín apuntado hacia los proyectos de vivienda futuros desde la sostenibilidad en la construcción.

Resultados del proyecto de Investigación

Con este proyecto se espera construir un análisis para el gremio constructor de la ciudad de Medellín, sobre los sistemas de aprovechamiento y recirculación de recursos naturales dentro de los proyectos inmobiliarios categorizados como construcciones sostenibles. Para esto, es necesario desarrollar las etapas investigativas descritas anteriormente de acuerdo con los objetivos:

Descripción de aspectos para una construcción sostenible dentro de un proyecto de vivienda y consideraciones para certificación LEED.

Dado que el tema de las construcciones sostenibles en Colombia y en específico en la ciudad de Medellín es relativamente nuevo, la mayor parte de la información se recopiló a través de la consulta en bancos de información de reconocidas instituciones académicas de la ciudad con acceso a plataformas (AccessEngineering, ScienceDirect, SpringerLink entre otras), revistas, libros, investigaciones científicas, tesis y sitios web de reconocidas organizaciones como el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), el Consejo Estadounidense de Construcción Sostenible (USGBC), el Consejo Mundial de Construcción Sostenible (WGBC), y el Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP).

Esta recopilación de información permitió entender los aspectos fundamentales y características que engloban las construcciones sostenibles dentro de los proyectos de vivienda. Adicional a esto, se tienen en consideración ciertos parámetros especiales para categorizar a una construcción sostenible bajo el sistema de certificación internacional más conocido, el cual es la certificación LEED.

Las construcciones sostenibles tienen en consideración 3 componentes: recursos (energía, agua, suelo, aire), medio ambiente y materiales y tecnologías, basadas en el equilibrio de lo social, ambiental y económico. Estos componentes se agrupan en una serie de condiciones para clasificar a una construcción desde la sostenibilidad. Sin embargo, la construcción sostenible busca minimizar el impacto en el medio ambiente, evitar que se afecte

la salud de las personas y el confort de los ocupantes de la edificación (Arias Tapiero, 2011).

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, los 8 aspectos fundamentales de las construcciones sostenibles son:

Eficiencia hídrica

Este componente toma como eje central el recurso natural del agua por medio de la aplicación de sistemas de eficiencia en el uso de agua, como la reutilización de agua reciclada, tratada y de escorrentía (Sidney M. & Civitello Jr., 2014). La recolección de aguas lluvias, reutilización del agua y el uso de tecnologías de consumos mínimos de agua son algunas prácticas acogidas para disminuir el consumo de este recurso natural (Torres Castañeda, 2017).

Aunque el agua es un recurso renovable, existe una escasez, la cual incrementa paulatinamente. Por lo tanto, es primordial una gestión sostenible y eficiente de este recurso, por medio del uso responsable del agua dulce disponible para los seres humanos y la utilización de tecnologías desde la innovación para brindar un mejor servicio en la reducción del consumo del agua (Prof. Dr Sheth, 2017). Una de estas prácticas es el uso de grifería, sanitarios, lavamanos y duchas de consumo mínimo del agua, o el uso de la geografía para optimizar las aguas lluvias y adecuar sistemas de recolección y reutilización de agua (Pereira Ribeiro et al., 2018).

Eficiencia energética

Este concepto busca optimizar el uso de la energía, mediante la disminución del consumo de energía, la ejecución de fuentes de energías renovables, reducción de la isla de calor y contemplando diseños de las edificaciones con cubiertas que manejan la eficiencia energética (Sidney M. & Civitello Jr., 2014). Este constituye uno de los aspectos más significativos a tener en cuenta dentro de la sostenibilidad por los altos consumos de energía durante las construcciones y su operación. De acuerdo con Terri Wills, el CEO del Consejo Mundial de Construcción Sostenible, las ciudades y los edificios que las componen consumen

alrededor del 75% de la energía global, situándolos como uno de los grandes obstáculos en la lucha contra el cambio climático (WGBC, 2022).

Una de las mejores medidas de costo-beneficio que un país pueda adoptar es la eficiencia energética, la cual proporciona la reducción de contaminación, mejoras en la salud humana, generación de nuevos empleos y desarrollo económico (UNEP, 2022). La eficiencia energética debe incluir, dentro de las fases de construcción y diseño, aspectos como orientación adecuada, aislamiento adecuado en fachadas y materiales de alto rendimiento que determinan la energía que la edificación consumirá. No obstante, la introducción de domótica y la eficiencia en servicios también deberían considerarse para optimizar el uso de la energía (Ballen Zamora, Medina Campos, & Ortega Morales, 2021).

Desarrollo del programa Análisis del Ciclo de Vida en Edificaciones

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en las edificaciones es un mecanismo para evaluar los impactos ambientales asociados al ciclo de vida de una edificación, considerando los materiales y recursos durante los procesos y etapas constructivas.

La eficiencia de recursos dentro de las edificaciones pretende reducir el consumo de insumos y limitar los impactos durante su ciclo de vida, desde la extracción del material en su fase constructiva, el uso del recurso durante la ocupación y mantenimiento y la recuperación del material en la demolición. Existe actualmente un Plan de Acción de la Economía Circular (CEAP), el cual fue creado para apoyar la transición hacia una economía circular, dándole prioridad a disminuir la presión frente a los recursos naturales y propiciar un desarrollo sostenible (Construction 21 International, 2021).

Calidad del aire interior

El control de la calidad del aire o ambiente interior proporciona las herramientas, tecnologías, equipos y programas para promover el confort y productividad de los habitantes, proteger la salud e incrementar la durabilidad de las estructuras (Sidney M. & Civitello Jr., 2014). Las prácticas para mejorar la calidad del aire se caracterizan por el uso de productos de

limpieza y mantenimiento, aplicar diseños con mejor y mayor iluminación y seleccionar materiales de construcción y mobiliarios que sean fabricados con menos materiales tóxicos.

Existen tres estrategias para mejorar la calidad del aire: mejoras en la ventilación, instalación de filtros de aire y control en la fuente, siendo este último el más efectivo para al eliminar la fuente de contaminación individual o reducir las emisiones (EPA, 2022).

Reducción emisiones tóxicas

Es fundamental reducir las emisiones toxicas por medio del uso de químicos más seguros, educando a los usuarios en los valores de seguridad y salud de ciertos materiales como las espumas en spray de poliuretano (Sidney M. & Civitello Jr., 2014).

Dado que en las construcciones la contribución de emisiones gases de efecto invernaderos y gases tóxicos es considerable, existen campañas y apoyos de los gobiernos en distintos países para incentivar la reducción de estas emisiones. Tal caso es la iniciativa de la EPA mediante la publicación del Análisis Nacional del Inventario de Emisiones Tóxicas del 2020 (TRI) el cual resume las actividades de desechos químicos de las sedes cubiertas por el programa, tratando de reducir la contaminación y previniendo la generación de desechos. En este año, las sedes involucradas “evitaron emitir al medioambiente más del 89% de los desechos con contenido químico que generaron y gestionaron en el ambiente utilizando prácticas preferidas como reciclaje, recuperación de energía y tratamiento” (EPA, 2022).

Desarrollo sostenible y crecimiento inteligente

Por medio del desarrollo sostenible y un crecimiento inteligente se promueve los paisajes verdes para conservar los recursos naturales, incentivando nuevos acercamientos hacia tratamientos adecuados de aguas de escorrentía y tormentas y el desarrollo responsable con el ambiente, reduciendo los agentes contaminantes que llegan hacia los ríos y quebradas (Sidney M. & Civitello Jr., 2014). Un crecimiento inteligente es un acercamiento hacia la planificación del uso del suelo que promueve comunidades urbanas atractivas y vivibles. Este método se enfoca en la planeación y diseño de comunidades y el uso eficiente del suelo para

maximizar las metas de la comunidad evitando una expansión derrochadora. Esto implica políticas que integran transporte y decisiones sobre el uso del suelo promoviendo un desarrollo compacto y de uso mixto dentro de las áreas urbanas y de igual manera erradicar el desarrollo disperso y dependiente del automóvil en la periferia urbana (MRSC, 2021).

Los fundamentos esenciales para orientar las estrategias hacia un crecimiento inteligente abarcan: proporcionar una variedad de opciones de transporte; generar una amplia gama de oportunidades de vivienda; desarrollar vecindarios peatonales; conservar los espacios abiertos, tierras de cultivo, belleza natural y áreas medioambientales críticas; promover el diseño compacto de edificaciones; fomentar comunidades únicas y atractivas con un sólido sentido de pertenencia; y garantizar que las decisiones de desarrollo sean previsibles, equitativas y rentables. (EPA, 2022).

Materiales constructivos amigables con el medio ambiente

La escogencia de los adecuados materiales para la construcción influye de manera directa e indirecta en los impactos al medio ambiente, por lo que es importante el reciclaje de escombros y otro tipo de residuos de construcción que minimicen las afectaciones en el medio ambiente (Sidney M. & Civitello Jr., 2014). Los materiales a utilizar en un proceso constructivo sostenible deben ser durables, económicos, autosuficientes, resistentes al desgaste y deben tener la facilidad para ser reusados, reciclados o desmantelados. Estos materiales eco-amigables deben ser no tóxicos, limpios, no contaminantes, de baja emisión de gases y deben apuntar por la eficiencia, la efectividad, adaptabilidad al entorno, funcionalidad y practicidad (Ariza Muñoz, 2020).

Existen unos materiales dentro del gremio constructor que se ajustan a estos criterios. Por ejemplo, para las cubiertas existen las tejas de fibrocemento, tejados ecológicos, metal reciclado. En los enchapes existe el corcho, el bambú, caucho reciclado o revestimiento de papel o madera. En los acabados como la pintura, se pueden conseguir pinturas con bajo contenido en compuestos orgánicos volátiles (COV); o por el sistema de aislamiento y drywall,

se puede usar plástico reciclado, tableros de yeso con un contenido de yeso reciclado del 85% al 95%, entre otros (Levy, 2018).

Reducción de residuos

Este ítem pretende disminuir los residuos, promoviendo el reciclaje y reutilización de los residuos de construcción y demolición. Así mismo, se promueve el desarrollo de soluciones amigables con el medio ambiente como fortalecer el paisajismo a gran escala para preservar los recursos naturales (Sidney M. & Civitello Jr., 2014).

Existe una gran preocupación e importancia mundial sobre este aspecto dado que, según varios estudios realizados globalmente, “si no se adoptan medidas urgentes, para 2050 los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % con respecto a los niveles actuales” (Banco Mundial, 2018). Normalmente, los residuos provenientes de la demolición y construcción (RCD) están compuestos por arena, tierra, concreto, metales, vidrio, madera, piedra, yeso, restos de mampostería, papel, cartón, plástico, aislante y otros elementos recuperados. “Son escasos los materiales que no pueden reciclarse y el potencial de reciclaje de estos residuos puede ser superior al 90%” (Quiroga, 2022).

Por esta razón, es importante la separación de RCD para crear nuevos usos y aplicaciones al sustituir las materias primas como la madera, grava y arena. Como lo expresa Juan Carlos Hernández Parrodi, jefe de proyecto de Stadler, la recuperación de los RCD “no solo logra cerrar el círculo de los ciclos de vida útil del material y avanzar hacia una economía circular, también permite la reutilización avanzada, lo que amplía las aplicaciones y aumenta el valor añadido del material recuperado” (Quiroga, 2022).

Consideración para certificación LEED

El sistema de certificación más conocido y utilizado en el medio constructor es el LEED. Esta certificación es un símbolo de excelencia para alcanzar la sostenibilidad, por lo que se evalúan las construcciones sostenibles por medio de parámetros cuantificables y pautas objetivas de diseño. Las construcciones LEED ahorran dinero, mejoran la eficiencia,

disminuyen las emisiones de carbono y crean ambientes más saludables. Estas edificaciones engloban la parte crítica en asuntos del cambio climático acogiendo los pilares del desarrollo sostenible, mejorando la resiliencia y apoyando a comunidades para ser más equitativas (USGBC, 2022). Para que una construcción obtenga una certificación LEED, El proyecto atraviesa una fase de revisión, obteniendo puntajes adicionales si cumple con ciertos criterios y los créditos asociados a aspectos como la huella de carbono, la eficiencia energética, el uso responsable del agua, la gestión de residuos, el transporte, los materiales, la salud y la calidad del ambiente interior.

Existen diversas certificaciones LEED que se ajustan a diferentes tipos de proyectos, como Construcción y Diseño de Edificios (BD+C), Construcción y Diseño de Interiores (ID+C), Operación y Mantenimiento de Edificios (O+M), Desarrollo de Barrios (ND), Viviendas y Ciudades (USGBC, 2022). Cada proyecto tiene la oportunidad de obtener certificación en función de nueve categorías fundamentales, que incluyen: Integración de Procesos (IP), Ubicación y Transporte (LT), Sitios Sustentables (SS), Uso Eficiente del Agua (WE), Energía y Atmósfera (EA), Materiales y Recursos (MR), Calidad del Ambiente Interior (IEQ), Innovación en el Diseño (ID) y Prioridad Regional (RP). Cada una de estas categorías está compuesta por unos aspectos especiales denominados créditos a los cuales se les asigna un puntaje dependiendo de los beneficios hacia el medio ambiente y la calidad de vida de los habitantes. Adicional a esto, se encuentra los prerrequisitos dentro de cada una de las categorías y aunque no tienen puntaje, deben cumplirse obligatoriamente para obtener la certificación LEED. De acuerdo con el puntaje obtenido del proyecto, se asigna un nivel de certificación así: Certified (Certificado): 40-49 puntos; Silver (Plata): 50-59 puntos; Gold (Oro): 60-79 puntos; Platinum (Platino): 80 o más puntos.

La distribución de categorías, con sus respectivos prerrequisitos (sin puntaje y descrito con la letra P), créditos y puntajes de acuerdo a una certificación LEED de un proyecto de vivienda nuevo (BD+C (Diseño y Construcción de Edificios)) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2*Categorías, prerequisites, créditos, puntajes Certificación LEED BD+C*

TIPO	CATEGORÍA	PUNTAJE
PROCESO INTEGRATIVO		1
Crédito	Proceso integrador	1
UBICACIÓN Y TRANSPORTE		16
Crédito	LEED para el desarrollo de ubicación de barrios	16
Crédito	Protección de terrenos sensibles	1
Crédito	Ubicación de alta prioridad y desarrollo equitativo	2
Crédito	Densidad alrededor y diversidad de usos	5
Crédito	Acceso a transporte público de calidad	5
Crédito	Instalaciones para bicicletas	1
Crédito	Reducción de la huella de estacionamiento	1
Crédito	Vehículos eléctricos	1
SITIOS SOSTENIBLES		10
Prerrequisito	Actividades de construcción para la prevención de la contaminación	P
Crédito	Evaluación de la ubicación	1
Crédito	Protección o restauración del hábitat	2
Crédito	Espacios abiertos	1
Crédito	Gestión de aguas lluvias	3
Crédito	Reducción de la isla de calor	2
Crédito	Reducción de la contaminación lumínica	1
EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA		11
Prerrequisito	Reducción del consumo de agua en exteriores	P
Prerrequisito	Reducción del consumo de agua en interiores	P
Prerrequisito	Medición del consumo de agua en los edificios	P
Crédito	Reducción del consumo de agua en exteriores	2
Crédito	Reducción del consumo de agua en interiores	6
Crédito	Optimización de procesos en el uso del agua	2
Crédito	Medición del agua	1
ENERGÍA Y ATMÓSFERA		33
Prerrequisito	Puesta en servicio y verificación de fundamentos	P
Prerrequisito	Rendimiento energético mínimo	P
Prerrequisito	Medición de la energía a nivel	P
Prerrequisito	Gestión fundamental de refrigerantes	P
Crédito	Puesta en servicio mejorada	6
Crédito	Optimización del rendimiento energético	18
Crédito	Medición avanzada de la energía	1
Crédito	Armonización de redes	2
Crédito	Energía renovable	5
Crédito	Gestión mejorada de refrigerantes	1

TIPO	CATEGORÍA	PUNTAJE
MATERIALES Y RECURSOS		13
Prerrequisito	Almacenamiento y recogida de materiales reciclables	P
Prerrequisito	Planificación de la gestión de residuos de construcción y demolición	P
Crédito	Reducción del impacto del ciclo de vida de los edificios	5
Crédito	Divulgación y optimización de los productos de construcción – EPD	2
Crédito	Divulgación y optimización de los productos de construcción – Obtención de materias primas	2
Crédito	Divulgación y optimización de los productos de construcción – Ingredientes de los materiales	2
Crédito	Gestión de residuos de construcción y demolición	2
CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR		16
Prerrequisito	Rendimiento mínimo de la calidad del aire interior	P
Prerrequisito	Control ambiental del humo del tabaco	P
Crédito	Estrategias mejoradas de calidad del aire interior	2
Crédito	Materiales de baja emisión	3
Crédito	Plan de gestión de la calidad del aire interior en la construcción	1
Crédito	Evaluación de la calidad del aire interior	2
Crédito	Confort térmico	1
Crédito	Iluminación interior	2
Crédito	Luz natural	3
Crédito	Vistas de calidad	1
Crédito	Rendimiento acústico	1
INNOVACIÓN		6
Crédito	Innovación	5
Crédito	Profesional acreditado LEED	1
PRIORIDAD REGIONAL		4
Crédito	Prioridad regional	4
PUNTAJE MÁXIMO		110

Nota: Muestra los puntajes y las respectivas descripciones de acuerdo a la certificación LEED BD+C. **Fuente:** LEED

v4.1 Building Design and Construction (USGBC, 2022)

Identificación de empresas constructoras de Medellín con edificaciones sostenibles o con certificaciones LEED y análisis de beneficios

Desde el entorno colombiano considerando la construcción sostenible, CAMACOL ha ejercido políticas encaminadas hacia la sostenibilidad y mitigación del cambio de clima, como la lineal completa de gestión llamada Camacol Verde, basada en los siguientes pilares: urbes sustentables, materiales ecológicos, certificaciones de sostenibilidad, financiamiento ambiental, enfoque circular de la economía y reducción de emisiones de carbono. (CAMACOL, 2022).

Desde los aspectos integrados en esta línea, la innovación en la construcción sostenible es un pilar estratégico del gremio constructor para ciudades de calidad.

Hasta principios de enero de 2020, en Antioquia existían más de 55 proyectos constructivos que presentaban alguna de las certificaciones en construcción sostenible que hay disponibles en el mercado. La ciudad de Medellín ha sido resaltada como una de las ciudades en desarrollo comprometida con la calidad de las construcciones sostenibles y hace parte de los miembros de GlobalABC (Global Alliance for Buildings and Construction – Alianza Global para Edificios y Construcciones), por ser una ciudad que apoya el cambio hacia un sector de la construcción y los edificios energéticamente eficientes y resilientes. Dentro del Informe Global de los Edificaciones y Construcciones (Global Status Report for Buildings and Construction) del 2021 redactado por la UNEP, se encuentra un apartado sobre la gestión de los RCD en Medellín:

“Anteriormente, los materiales residuales de la construcción se consideraban desechos o basura y se depositaban en pilas o vertederos. Hoy estos materiales son reutilizados y reciclados por empresas constructoras, productoras de cementos y mezclas de concreto, firmas productoras de pavimentos y canteras, que transforman los residuos en componentes pétreos, granulares y triturados para incorporarlos a sus materiales y obras de construcción. Además de los componentes pétreos y ferrosos de los residuos de la construcción, otros tipos de empresas se han especializado en la transformación y reutilización de contenidos como el vidrio, la madera, el hierro, el acero y los plásticos que son reprocesados u otros materiales” (UNEP, 2021).

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, actualmente se está trabajando en la estrategia para la gestión de RCD, por medio de la cual se ha estado recorriendo calle por calle las comunas 16, 15, 12, 11, 9, 8 y 7, realizando visitas a casas, apartamentos y obras civiles generadores de RCD para socializar y culturizar a los habitantes para aplicar reciclaje y reutilización de residuos para su aprovechamiento. Observando este

escenario, las empresas constructoras de Medellín poseen un gran potencial frente al crecimiento del sector, generando una competitividad sana para resaltar dentro del gremio. Las constructoras en Medellín “están enfocadas en hacer proyectos que tengan un alto desempeño y sostenibilidad integral con la finalidad de mitigar el cambio climático y brindar bienestar al medio ambiente y a las personas” (Informe Inmobiliario, 2021). En general, los proyectos sostenibles de Medellín de las constructoras locales se destacan por usar diferentes tipos de ventilación con el fin de “reducir el consumo de energía en sistemas mecánicos y automatizan sus sistemas de iluminación artificial con el fin de aprovechar al máximo la luz natural, lo que permite ahorros en el consumo de energía en iluminación de hasta 47%” (Aguirre Eastman, 2014). Dentro de las constructoras basadas en la construcción sostenible de Medellín, se encuentran Bienes y Bienes, Arquitectura y Concreto, Londoño Gómez, Muros y Techos, Capital, Contex, Conconcreto, entre otras.

Arquitectura y Concreto enmarca el progreso como un motor económico y social, mediante la aplicación de metas ambientales desde su organización y dentro de la construcción de proyectos exigentes y transparentes para reducir la contaminación

Para la empresa **Capital**, los impactos social, vital y ambiental son ejes prioritarios, por lo que ejecutan programas de reutilización, reciclaje de residuos de construcción en las obras, uso de paneles solares en proyectos de vivienda y soluciones como aprovechamiento de recursos hídricos como las aguas lluvias.

Por el lado de **Bienes y Bienes**, el compromiso para la comunidad es el cuidado y preservación del medio ambiente, mediante la generación de empleo y el valor agregado de la sostenibilidad frente a la ciudad y al país.

Desde la misión de **Muros y Techos**, la política es servir y construir con responsabilidad y calidad, por medio de la protección del medio ambiente minimizando sus impactos y cumpliendo con la legislación aplicable y requisitos normativos.

Por otro lado, **Londoño Gómez** se encarga de varios proyectos y prácticas alrededor de “la sostenibilidad de un entorno positivo condicionado a la forma de vida de la sociedad, que contribuya con el sano desarrollo de los ecosistemas, mitigando el riesgo de contaminación y propendiendo por la conservación de los recursos naturales” (Informe Inmobiliario, 2021).

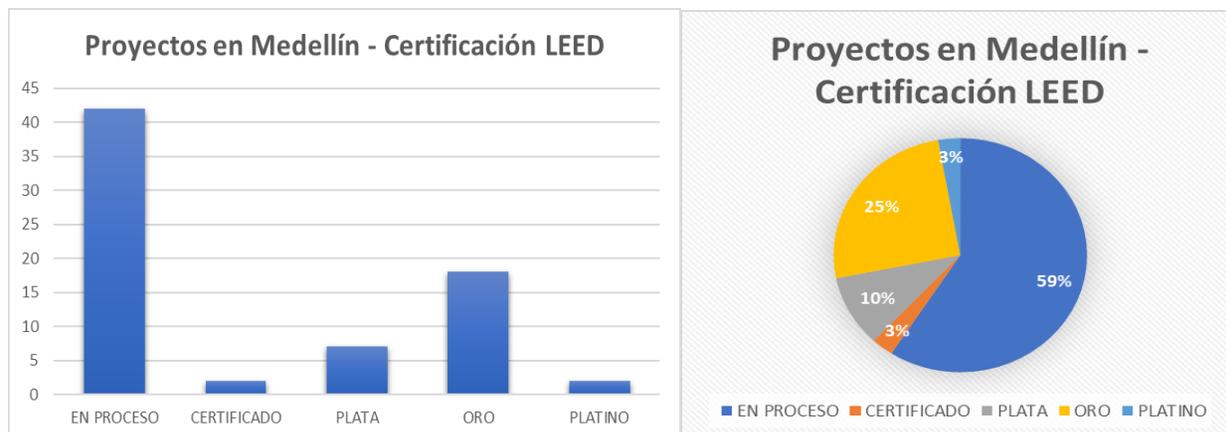
Desde otra perspectiva, las tres dimensiones de la sostenibilidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son las líneas base dentro del sistema de gestión de sostenibilidad de **Contex**. Ésta se especializa en desarrollar productos sociales generadores de valor contemplando la esencia de preservar el medio ambiente.

Por último, los parámetros de sostenibilidad dentro de la compañía **Conconcreto** están definidos como políticas de la empresa en todas las fases de los proyectos por medio de soluciones innovadoras como la rehabilitación energética pasiva, análisis de atributos de sostenibilidad, asesorías en diseño bioclimático e inclusive la gestión y acompañamiento en Certificación de Construcción Sostenible.

Estas constructoras localizadas en Medellín cuentan con proyectos sostenibles e inclusive con certificación LEED o en proceso de certificación. Según la base de datos del Consejo Estadounidense de Construcción Sostenible (USGBC), existen 71 proyectos en Medellín con alguna certificación LEED o en proceso. Dentro de estos, 2 proyectos cuentan con certificación LEED Certified, 7 con LEED Silver, 18 con LEED Gold y 2 tienen LEED Platinum (USGBC, 2022). En la **Gráfica 1** se muestran estos conjuntos.

Gráfica 1

Proyectos en Medellín con Certificaciones LEED o en Proceso.



Nota: La gráfica presenta los proyectos que están en proceso o tienen alguna certificación LEED. Fuente:

Elaboración propia con información suministrada por la base de datos del USGBC

Se destacan los siguientes proyectos con certificación LEED® Gold, como lo son el Edificio Ruta N, Dirección General Bancolombia, Centro Empresarial El Poblado, Nueva Sede Telemédellin. Así mismo, se destacan el Centro Comercial La Central y Makro Poblado por tener certificación LEED® Platinum.

El proyecto Ruta N Centro de Innovación y Negocios fue una iniciativa de UNE, EPM y la Alcaldía de Medellín. El proyecto tuvo en consideración varias estrategias para optimizar la energía, disminuir el impacto sobre el medio ambiente y reducir la demanda de agua potable. Estas estrategias involucran las superficies vegetadas que disminuyen la escorrentía superficial, garantizando la continuidad en el ciclo hidrológico y reduciendo en 50% el consumo de agua; la instalación de inodoros de alta eficiencia que minimizan el 40% del consumo de agua potable; el uso de la iluminación natural, el cual optimiza el consumo energético en un 20% a comparación de un edificio convencional y la protección de los espacios interiores de la radiación solar (CCCS, 2014).

Otra edificación reconocida no solo a nivel nacional sino en una escala mundial es la Dirección General Bancolombia. Esta construcción obtuvo una mención por ser “la mejor

construcción corporativa en el nivel mundial del año 2009 por la revista Interior Design, y también recibió el premio Innovador de CoreNet Global, siendo reconocido por ser social y ambientalmente responsable” (CCCS, 2010). Esta edificación se destaca por su aporte a la reducción del consumo energético, el empleo de madera con certificación de bajas emisiones, la implementación de programas para reciclar y separar residuos, así como por la reutilización del agua en baños y áreas verdes, entre otras iniciativas

Por otro lado, el Centro Empresarial El Poblado, sede de la Cámara de Comercio de Medellín, fue construido en dos años y medio con los más altos estándares de sostenibilidad y calidad, recibiendo la certificación LEED Gold. Este proyecto es considerado como un edificio amigable con el medio ambiente y sostenible debido a que tiene un ahorro de energía de un 28% por la eficiencia de sus equipos, los sistemas de alta tecnología que permiten ahorrar el agua, y una “refracción en los vidrios que ayuda a mantener las temperaturas adecuadas dentro de la edificación. Además de ello, será instalado un sistema de paneles solares que permitirán generar hasta 7 % del consumo de la energía del edificio” (Cámara de Comercio de Medellín , 2022).

Otro proyecto reconocido en Medellín es la Nueva Sede de Telemédellin, la cual obtuvo certificación LEED Gold en el 2017, siendo el segundo edificio en obtenerla después de Ruta. En cuestiones de sostenibilidad, el proyecto consiguió reducciones significativas (más del 32%) en la densidad de potencia de iluminación en comparación con lo permitido por la norma ASHRAE 90.1-2007, por un diseño eficiente con luminarias tipo LED. Así mismo, fueron notorios los ahorros en el consumo de la energía gracias a un sistema de aire acondicionado eficiente, sistema de iluminación planeado y diseñado y un sistema de ventilación natural. En cuanto al uso del agua, se utilizaron accesorios eficientes que permitían ahorros significativos de agua potable (USGBC, 2022)

Finalmente, los dos proyectos destacados en Medellín con certificación LEED Platinum son el Centro Comercial La Central y Makro Poblado. El Centro Comercial La Central logró

alcanzar la certificación LEED Core & Shell, nivel Platino con 81 puntos. Ubicado en el barrio Buenos Aires, el proyecto ejecutó un sistema de separación de los residuos, por medio de un Plan de Manejo de Residuos, logrando desviar más del setenta y ocho por ciento en los mismos rellenos sanitarios. Como estrategia para el consumo de energía, se optó por la utilización de luminarias tipo LED, “la instalación de controles automáticos a lo largo del edificio y la instalación de paneles fotovoltaicos en la cubierta del centro comercial, los cuales generan más del 5% de la energía total requerida del mismo” (Sumac, 2022). Este proyecto alcanzó un total de ahorro en el consumo de energía eléctrica del treinta y ocho por ciento respecto a lo establecido por normatividad internacional ASHRAE 90.1 2007.

En cuanto al proyecto Makro Poblado, fue el segundo proyecto certificado LEED Platino en toda América Latina. Utilizó un diseño eficiente con luminarias LED y paneles fotovoltaicos en más del 40% de la cubierta, logrando una reducción de más del 50% en la potencia de iluminación comparando los parámetros permitidos por la norma ASHRAE 90.1-2007. Este sistema suministra más del 13% de la energía del proyecto. Adicional a esto, cuenta con un ahorro de agua, ya que por medio de su sistema de recolección de aguas lluvias permite ahorrar grandes cantidades de agua potable (USGBC, 2022).

En definitiva, la sostenibilidad en la construcción de edificaciones en Medellín y contar con un valor agregado de una certificación LEED es primordial para el desarrollo de la ciudad, del país, ser reconocidos a nivel mundial y sobre todo para el beneficio de la comunidad y del medio ambiente.

Comparación entre sistemas constructivos con mayor consumo de recursos naturales y sistemas constructivos de los proyectos sostenibles analizados.

De acuerdo con los temas tratados sobre las construcciones sostenibles, es evidente el objetivo de reducir al máximo en el consumo de los recursos naturales dado la gran explotación de recursos traducidos en excesos de residuos sólidos provenientes de la construcción. Es por esto que el aprovechamiento de recursos naturales de una manera óptima y las nuevas

tecnologías en recursos renovables es vital para el éxito de un proyecto de construcción sostenible, brindando beneficios para la comunidad y el medio ambiente. Con las cifras expuestas sobre la acumulación exagerada de residuos sólidos a nivel mundial, solo es posible reflexionar sobre la influencia de la construcción desde las etapas de diseño, pero en especial en la fase constructiva y tomar acciones preventivas y correctivas por medio de estrategias técnicas de innovación.

Analizando los sistemas constructivos tradicionales, como las construcciones de vivienda con sistemas porticados o muros vaciados en la ciudad de Medellín, los impactos ambientales son extensos y afectan la calidad de vida de los habitantes. Los sistemas de fundación y estructurales de una edificación son normalmente “responsables de entre el 40 y el 50% del impacto global y del 30% en términos de peso. Las principales causas de este impacto son tanto el tipo de material como la cantidad empleada en el conjunto del edificio” (París, Bordonada, & Caballero, 2016). Por ejemplo, la utilización masiva de agregados durante la fase inicial de un proyecto de una torre de apartamentos de 1 a 2 años es desbordante. Tanto así que el consumo de agregados se ha triplicado en las últimas dos décadas, representando el mayor volumen de extracción de materiales sólidos a nivel mundial. Esto se traduce en la destrucción total de ecosistemas, inundaciones o agotamientos de acuíferos. Para mitigar el impacto ambiental causado por la construcción, es esencial presentar soluciones que logren una reducción equilibrada de los efectos adversos causados por los materiales en el entorno, los recursos utilizados en su fabricación e instalación, así como su influencia en el conjunto (Rosero A., 2020).

Según el Informe del Observatorio Global de la Arena del 2019, las soluciones deben ser “evitar el consumo innecesario, utilizar materiales reciclados y alternativos para sustituir la arena natural en la construcción y reducir los impactos de la extracción mediante la aplicación de las normas y las mejores prácticas existentes” (BBVA, 2022).

De acuerdo con uno de los aspectos de las construcciones sostenibles anteriormente mencionadas, la reducción de residuos y la gestión de los residuos de construcción y demolición RCD es parte fundamental para optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales. Los sistemas constructivos de los proyectos sostenibles se enfocan en los sistemas pasivos para renovar y extraer el aire; aprovechan las energías renovables incentivando el ahorro energético; buscan alcanzar una máxima adaptación climatológica; apuestan por durabilidad y eficiencia; optimizan la vegetación para crear espacios ecológicos verdes y saludables y utilizan materiales no contaminantes o nocivos para el medio ambiente (CMYK Arquitectos , 2022)

Los principales ejes de los sistemas constructivos basados en la construcción sostenible están direccionados hacia las **energías renovables** mediante el uso nuevas tecnologías y técnicas de innovación, previniendo el cambio climático, la deforestación y el deterioro de la capa de ozono; la **eficiencia energética** mediante el uso de sistemas de calefacción, iluminación que fomenten el ahorro de la energía y eviten la propagación de combustibles fósiles que generan daños irreversibles para el planeta; y los **materiales sostenibles**. Estos insumos son no contaminantes para el medio ambiente como la madera, las arcillas, el adobe, el suelo cemento, las piedras, entre otros. Se caracterizan por ser reutilizables y reciclados, extremadamente durables y provienen de fuentes naturales. En definitiva, “los sistemas constructivos innovadores promueven la reutilización o el reciclaje de materiales. Esto reduce los costos de la obra, y a su vez, preserva el medioambiente” (CMYK Arquitectos , 2022).

Resumiendo todo lo anterior, el punto a tratar en este trabajo de investigación es la optimización de los recursos naturales para aprovecharlos, reutilizarlos y reciclarlos como los RCD. “A medida que disminuyen los recursos naturales la gestión eficaz de residuos de construcción y demolición es una cuestión cada vez más urgente, emplear productos reciclados en sustitución de materias primas se está convirtiendo en una necesidad imperiosa” (Peters Quiroga, 2022). El poder enfocarse en el reciclaje de los materiales implica varias ventajas

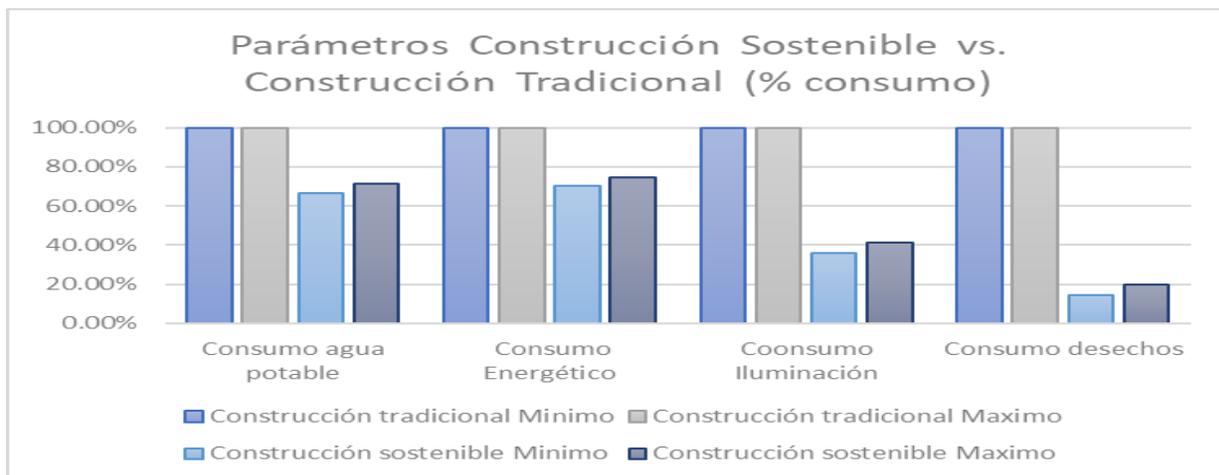
como el ahorro en el consumo energético, abarcando hasta un 70% de la “energía requerida para el proceso completo de producción del acero, por ejemplo, hasta el 95% en la producción de aluminio y 20% en la producción del vidrio que, aunque ahorra menos energía tiene menos complicaciones en el reciclaje” (Muñoz Salamanca, 2019). Esta metodología innovadora de utilizar RCD en otras aplicaciones es primordial para aprovechar al máximo los recursos y minimizar impactos hacia el medio ambiente y a la comunidad.

De los 73 proyectos de Medellín en proceso de certificación y certificados LEED, se seleccionaron 10 para identificar las características más relevantes al comparar los sistemas constructivos tradicionales vs. las construcciones sostenibles. Los resultados son optimistas y positivos en casi todos los aspectos.

Se puede verificar en la Gráfica 2 que se presentan ahorros entre el 25 y 35% en consumos de agua potable; un 25 a 30% en ahorro de consumo energético; entre 55 y 65% en términos de ahorro en iluminación.

Gráfica 2

Porcentaje de consumo según características entre construcciones tradicionales y construcciones sostenibles.



Nota: Esta gráfica muestra los parámetros de construcción sostenible en comparación con una construcción tradicional en términos de porcentaje. Fuente: Elaboración propia según USGBC

Según otros estudios investigativos, es posible presentar un 30% de reducción de la huella de carbono producida; ahorros en costos de mantenimiento del 13% (sostenibilidad económica) y ahorro en un 30% en costos de operación de las edificaciones sostenibles frente a las convencionales. Lo único que presenta incremento son los costos de ventas los cuales se incrementan entre un 15 y 30% y la inversión se eleve entre un 5 y 15% pero se vuelve efectiva entre 2 y 5 años. Y por último y más importante, se presentan reducciones entre el 50 y 100% de vertimientos de residuos sólidos como impacto medioambiental y la reducción a una tercera parte de la población afectada por el ambiente interior de las construcciones, reportando un 27% adicional de satisfacción, lo que se traduce en mejoras de la calidad de vida y salud de las personas (Rosero A., 2020).

Análisis de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales desde las edificaciones sostenibles para proyectos de vivienda en Medellín

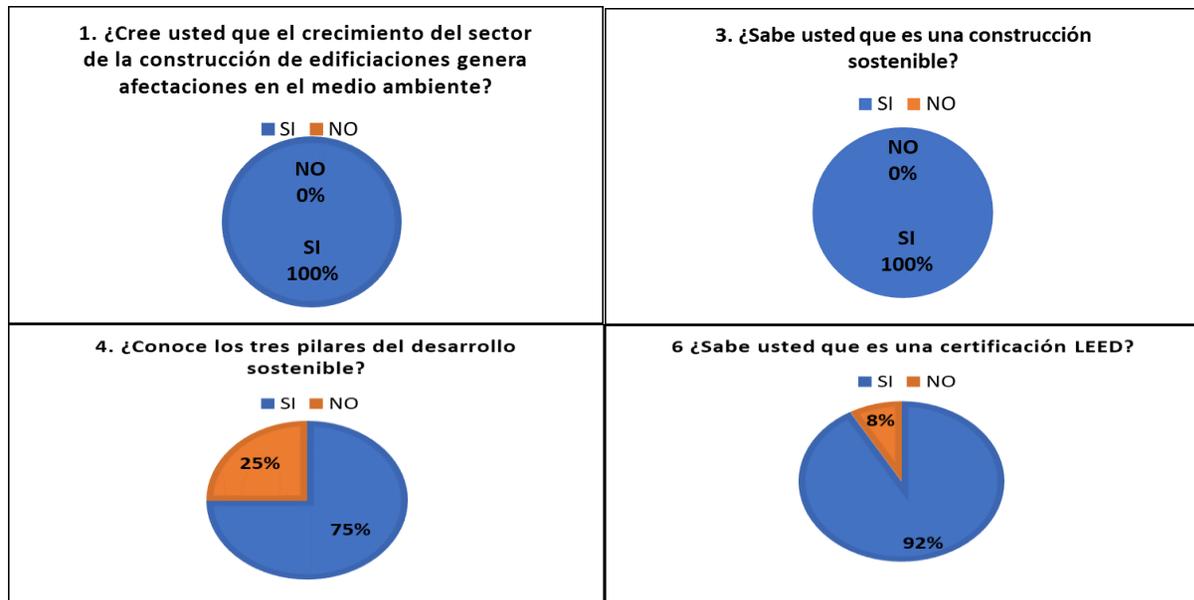
Tomando en consideración la información descrita en las tres etapas anteriores de la investigación, se procede con el enfoque analítico y estadístico luego de la interpretación de las encuestas realizadas a las empresas constructoras enfocadas en la construcción sostenible. Esto con el fin de interpretar y analizar las construcciones sostenibles que optimizan el aprovechamiento y recirculación de los recursos naturales y así proporcionar una economía circular en la ciudad de Medellín.

Presentación y análisis de resultados: Encuesta 1

Por medio de la tabulación y análisis de la encuesta 1 ejecutada a la población objetivo, se obtienen los siguientes resultados:

Gráfica 3.

Tabulación preguntas 1, 3, 4 y 6 de la encuesta 1

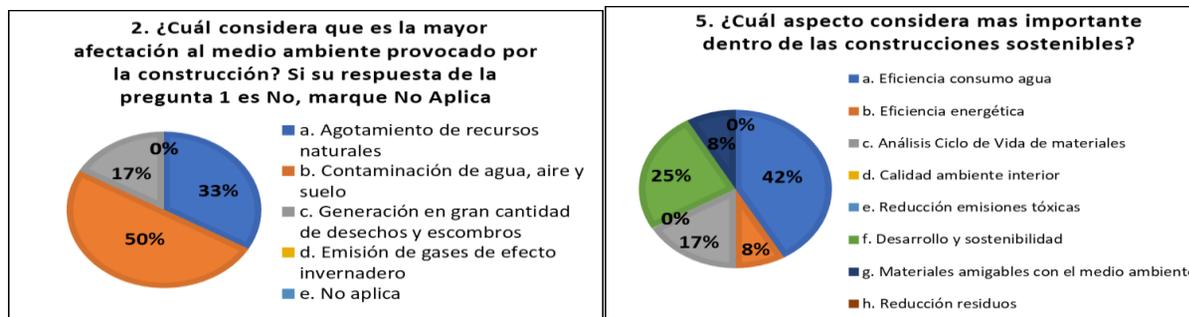


Nota: Esta gráfica muestra los resultados de las preguntas 1, 3, 4 y 6 de la encuesta 1 realizadas a las 12 empresas constructoras de Medellín. Fuente: elaboración propia.

Existe un conocimiento generalizado entre el 75 al 100% de la muestra sobre los conceptos de construcción sostenible, los pilares del desarrollo sostenible y una certificación LEED. Solo un 25% de la muestra (3 personas) desconoce los 3 pilares del desarrollo sostenible y un solo un 8% (1 persona) no tiene conocimiento de una certificación LEED. Por lo que la muestra en general reconoce tener noción sobre lo que es una construcción sostenible en el contexto global de la ingeniería aplicada en el sector colombiano. En cuanto al medio ambiente, el 100% de la muestra encuestada considera que el crecimiento del sector de la construcción genera afectaciones medioambientales.

Gráfica 4

Tabulación preguntas 2 y 5 de la encuesta

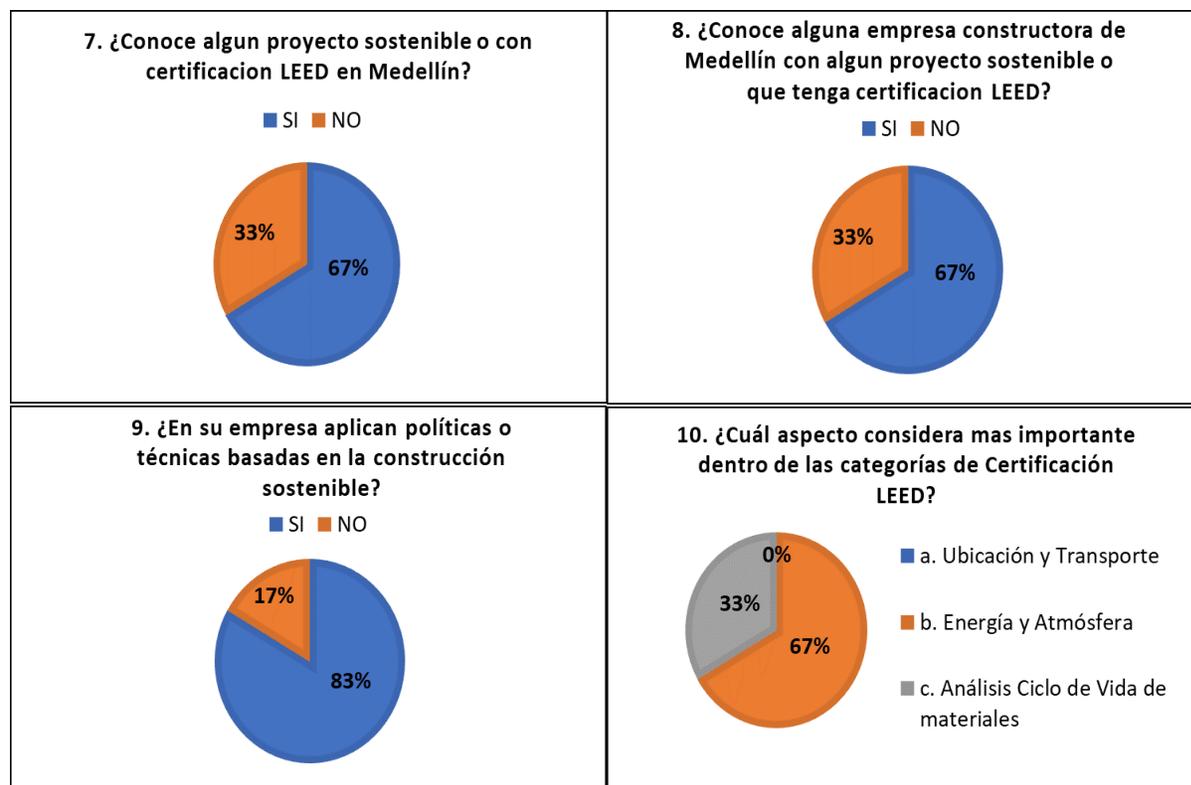


Nota: Esta gráfica muestra los resultados de las preguntas 2 y 5 de la encuesta 1 realizadas a las 12 empresas constructoras de Medellín. Fuente: elaboración propia.

El análisis de datos arrojó que el 50% de la muestra consideran que la mayor afectación al medio ambiente por la construcción es la contaminación de agua, aire y suelo, seguido del agotamiento de recursos naturales (4 personas) y la generación en gran cantidad de escombros y desechos (2 personas). Ninguno de los encuestados considera la emisión de gases de efecto invernadero como la mayor afectación al medio ambiente. Ahora, casi la mitad de la muestra (5 personas) considera que el aspecto más importante dentro de las construcciones sostenibles es la eficiencia en el consumo de agua, seguido del desarrollo y sostenibilidad (3), análisis de ciclo de vida de los materiales (2), eficiencia energética (1) y materiales amigables con el medio ambiente.

Gráfica 5

Tabulación preguntas 7, 8, 9 y 10 de la encuesta

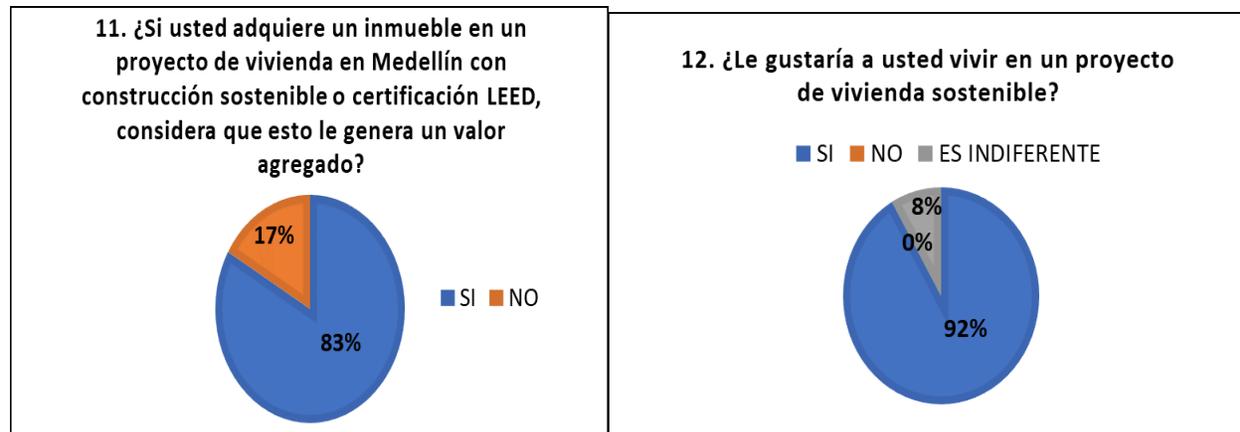


Nota: Esta gráfica muestra los resultados de las preguntas 7, 8, 9 y 10 de la encuesta 1 realizadas a las 12 empresas constructoras de Medellín. Fuente: elaboración propia.

En cuanto al tema de certificación LEED y los proyectos sostenibles en Medellín, existe un conocimiento generalizado sobre las empresas que tienen proyectos sostenibles o con esta certificación (67%), considerando como la energía y atmósfera el aspecto mas importante (8 personas). Así mismo, dentro de las 12 personas encuestadas, solo 2 personas aseguran que no contemplan las técnicas o políticas basadas en la construcción sostenible dentro de su empresa (17%).

Gráfica 6

Tabulación preguntas 11 y 12 de la encuesta

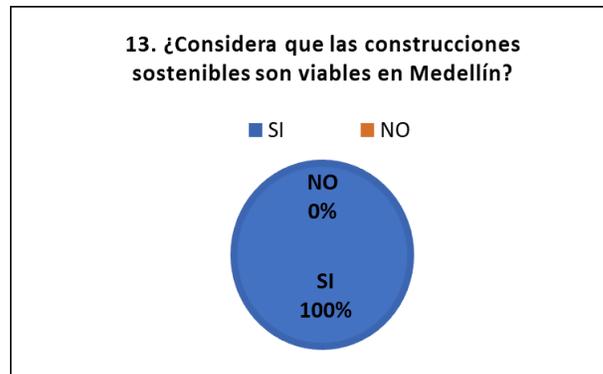


Nota: Esta gráfica muestra los resultados de las preguntas 11 y 12 de la encuesta 1 realizadas a las 12 empresas constructoras de Medellín. Fuente: elaboración propia.

En terminos de adquirir una vivienda basada en la construcción sostenible, la mayoría de las personas encuestadas (11 personas) opinan que sería agradable vivir en un proyecto de estos y que además consideran que esto es un valor agregado de que sea construcción sostenible o que el proyecto tenga una certificación LEED (10 personas).

Gráfica 7

Tabulación pregunta 13 de la encuesta



Nota: Esta gráfica muestra los resultados de la pregunta 13 de la encuesta 1 realizada a las 12 empresas constructoras de Medellín. Fuente: elaboración propia.

Por ultimo, todas las personas encuestadas consideran que las construcciones sostenibles son viables en la ciudad de Medellín, ratificando la necesidad de aplicar los sistemas constructivos utilizados en proyectos sostenibles, generando una economía circular basada en el aprovechamiento de recursos.

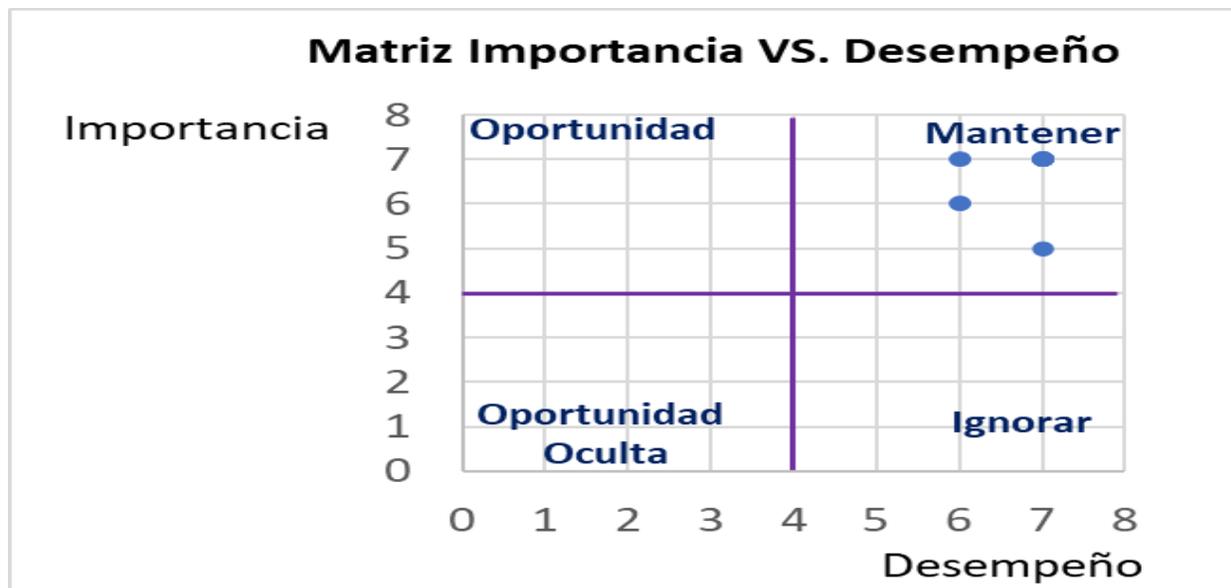
Presentación y análisis de resultados: Encuesta 2

Por medio de la tabulación y análisis de la segunda encuesta ejecutada a la población objetivo siendo una evaluación de importancia y desempeño, se pudo evidenciar que los aspectos de mayor impacto hacia una construcción sostenible son, en orden de importancia: la reutilización y optimización del consumo del agua, ejecución de un programa de manejo de residuos, disminución de emisiones contaminantes y tóxicos, acopio adecuado de materiales de obra, reducción en el consumo de energía y la ejecución de diseños ahorradores de iluminación. Los aspectos más relevantes en el desempeño de las técnicas en la construcción sostenible son: adecuación de un programa de manejo de residuos, reutilización de materiales reciclables, reducción en el consumo de energía, reducción y reutilización de los escombros, acopio adecuado de materiales de obra y la ejecución de diseños ahorradores de iluminación.

Por el contrario, los aspectos menos relevantes con la funcionalidad y desempeño en la práctica de las construcciones sostenibles son: incluir políticas de transporte o movilidad sostenible y utilizar técnicas para mejorar la calidad del aire (ver Anexo E). Utilizando los datos previamente recopilados, se elaboró una tabla resumen para la matriz que compara la importancia frente al desempeño. Esta tabla permite identificar los atributos que deben conservarse, aquellos que podrían representar oportunidades y los atributos que no requieren atención (ver Anexo G).

Gráfica 8.

Matriz Importancia vs. Desempeño



Nota: Esta gráfica muestra la matriz de Importancia Vs. Desempeño, en la que se relaciona cada una de las 14 preguntas de la encuesta 2 con el desempeño e importancia y se gráfica el número (0 a 7) que representa la mayor cantidad de personas que la consideran importante y buen desempeño. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la **Gráfica 8**, todos los atributos están categorizados para conservar, es decir, se deben tener presente en los proyectos de vivienda basados en la construcción sostenible. Los aspectos más relevantes tanto en importancia como en funcionalidad son: programa de manejo de residuos, reutilización y optimización del consumo del agua, acopio de materiales de obra, fuentes de energía renovables, reutilización de materiales reciclables, reducción en el consumo de energía, reducción de los escombros y su reutilización, implementación de diseños ahorradores de iluminación y disminución de emisiones contaminantes y tóxicos.

Conclusiones

Las condiciones actuales en el sector de la construcción en la ciudad de Medellín, el análisis sobre los impactos ambientales por construcción masiva, el contexto de la construcción sostenible y el diagnóstico obtenido de la matriz de DOFA permiten confirmar que los sistemas de aprovechamiento de recursos naturales desde las edificaciones sostenibles para proyectos de vivienda en Medellín, es viable y presenta condiciones favorables en el entorno.

Desde la identificación de los aspectos para una construcción sostenible dentro de un proyecto de vivienda, se obtienen los puntos claves como la eficiencia hídrica, la eficiencia energética, el desarrollo del programa Análisis del Ciclo de Vida en Edificaciones, la calidad del aire interior, la reducción emisiones tóxicas, el desarrollo sostenible y crecimiento inteligente, los materiales constructivos amigables con el medio ambiente y la disminución significativa de residuos.

De acuerdo con la búsqueda de empresas constructoras de Medellín, se encontró que la sostenibilidad en la construcción de edificaciones y contar con un valor agregado de una certificación LEED es primordial para el desarrollo de la ciudad, del país, ser reconocidos a nivel mundial y para el bien de la toda la comunidad y del ambiente.

Dada la gran explotación de recursos traducidos en excesos de residuos sólidos provenientes de la construcción, es fundamental el aprovechamiento de recursos naturales de una manera óptima y las nuevas tecnologías en recursos renovables para el éxito de un proyecto de construcción sostenible. Por tal motivo, la reducción y gestión de residuos de los resultantes de construcción y demolición RCD es vital para optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales. Los aspectos claves de los sistemas constructivos basados en la construcción sostenible giran en torno a las energías renovables, la eficiencia energética y los materiales sostenibles. Estos aspectos aplicados a las construcciones sostenibles, en comparación con los sistemas de construcción tradicionales, generan resultados positivos traducidos en ahorros entre el 25 y el 35% en consumos de agua potable; un 25 a 30% en

ahorro de consumo energético; entre 55 y 65% en términos de ahorro en iluminación y reducciones entre el 50 y 100% de vertimientos de residuos sólidos.

Por último, analizando las variables directas de los sistemas de construcción sostenible, se obtienen resultados positivos y mayoritarios de la aplicación de estos sistemas en las construcciones, con el fin de optimizar el aprovechamiento y recirculación de los recursos naturales y así proporcionar una economía circular en la ciudad de Medellín. Las características más relevantes tanto en importancia como en funcionalidad son los programas de manejo de residuos, la reutilización y optimización del consumo del agua, el acopio de materiales de obra, las fuentes de energía renovables, la reutilización de materiales reciclables, la reducción en el gasto de energía, la disminución de los escombros y su reutilización, la adecuación de diseños ahorradores de iluminación y la disminución de emisiones contaminantes y tóxicos.

Recomendaciones

Este capítulo se enfoca en proporcionar recomendaciones basadas en los hallazgos y resultados de la investigación realizada sobre los sistemas de recirculación y aprovechamiento de recursos naturales en proyectos inmobiliarios sostenibles en Medellín.

Recomendaciones para empresas constructoras

Adopción de prácticas sostenibles

Las empresas constructoras en Medellín deben considerar incorporar prácticas sostenibles en sus proyectos de vivienda. Esto implica utilizar materiales y tecnologías amigables con el medio ambiente, utilizar estrategias de eficiencia energética y gestión de residuos y utilizar fuentes de energía renovable.

Certificaciones y reconocimientos

Obtener certificaciones como LEED u otras similares puede mejorar el entorno ambiental y la reputación de la empresa en el mercado. Estas certificaciones pueden atraer a compradores conscientes de la sostenibilidad porque demuestran un compromiso claro con la responsabilidad ambiental.

Eficiencia energética

En todas las etapas de la construcción y operación de un edificio, se deben implementar medidas para mejorar la eficiencia energética. Esto incluye la instalación de sistemas de iluminación eficientes, el aislamiento térmico y uso de energía renovable, como energía solar.

Recirculación de recursos naturales

Considere la posibilidad de recircular recursos naturales en los proyectos, como el agua de lluvia, el agua gris y el agua tratada, para reducir la necesidad de agua potable y minimizar la contaminación de las aguas residuales.

Innovación tecnológica

Investigar continuamente métodos de construcción y tecnologías sostenibles que puedan mejorar la eficiencia en el uso de recursos y reducir los efectos ambientales.

Recomendaciones para el gobierno y las autoridades locales

Promoción de políticas sostenibles

Las políticas sostenibles deben ser promovidas por las autoridades locales en Medellín. Esto podría incluir beneficios fiscales para proyectos sostenibles, regulaciones más rigurosas para la eficiencia energética y la gestión de desechos, y la promoción de certificaciones ambientales.

Educación y concientización

Llevar a cabo campañas para educar a las empresas constructoras y al público en general sobre las ventajas de las prácticas de construcción sostenible y respetuosas con el medio ambiente.

Apoyo a la investigación

Mediante la asignación de recursos y la colaboración con instituciones académicas, facilitar la investigación en el campo de la construcción sostenible. Esto tendría un impacto positivo en la creación de conocimiento local y en la adaptación de mejores prácticas globales a las demandas de Medellín.

Monitoreo y cumplimiento

Establecer sistemas de monitoreo y cumplimiento que garanticen que los proyectos de construcción cumplan con las regulaciones ambientales y las prácticas sostenibles.

Recomendaciones para futuras investigaciones:

Ampliación del alcance

El alcance de futuros estudios podría ampliarse para incluir un mayor número de proyectos de construcción sostenibles en Medellín y evaluar en profundidad su impacto ambiental y económico.

Estudio de casos

Realizar un estudio de casos detallado sobre proyectos sostenibles específicos en Medellín para obtener una mejor comprensión de las estrategias y tecnologías empleadas.

Referencias

- Acevedo Agudelo, H., Vásquez Hernández, A., & Ramírez Cardona, D. A. (2012). Sostenibilidad: actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825/30933>
- Aguirre Eastman, S. (2014). *La sostenibilidad en Medellín se refleja en 17 obras*. Retrieved from El Colombiano. Histórico: https://www.elcolombiano.com/historico/la_sostenibilidad_en_medellin_se_refleja_en_17_obras-MWEC_289489
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). (2015). Política Pública de Construcción Sostenible. 3. Lineamientos. Medellín. Retrieved from https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/PPCSIIILineamientos27112015.pdf
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2010, Abril). *Área Metropolitana Valle de Aburrá - Construcción Sostenible*. Retrieved from Manual de gestión socio-ambiental para obras en construcción: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/SiteAssets/Paginas/Consumo-sostenible/Construccion-sostenible/Manualambientalparaprocesosconstructivos.pdf>
- Área Metropolitana Valle de Aburrá. (2022). *Área Metropolitana Valle de Aburrá*. Retrieved from Construcción Sostenible: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/consumo-sostenible/Construccion-sostenible.aspx>
- Argos 360. (2022). Retrieved from Comunidad 360 en Concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/impactos-ambientales-en-la-industria-de-la-construccion/>

- Arias Tapiero, L. E. (2011). *Análisis del costo-beneficio de construcción sostenible en un proyecto de vivienda - caso Óptima S.A.* Envigado: Trabajo de Grado. Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Ariza Muñoz, M. A. (2020). *Construcción sostenible en Colombia: Aproximaciones, indicadores, y aplicación al caso de estudio del Centro Cívico de la Universidad de Los Andes.* Bogotá: Trabajo de Grado Ingeniería Ambiental. Universidad de los Andes. Retrieved from <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/44923/u831211.pdf?sequence=1>
- Armesto, V. (2022, Febrero 01). *La construcción como motor global de la economía mundial.* Retrieved from Real Estate Data: <https://realestatedata.com.ar/la-construccion-como-motor-global-de-la-economia-mundial/>
- Ballen Zamora, S., Medina Campos, L., & Ortega Morales, J. (2021). Sustainable Architecture and Construction. In W. Leal Filho, A. Azul, L. Brandli, A. Lange Salvia, & T. Wall, *Industry, Innovation and Infrastructure. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals.* Springer. Retrieved from https://doi-org.recursosbiblioteca.eia.edu.co/10.1007/978-3-319-95873-6_120
- Banco Mundial. (2018). *Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes.* Retrieved from Banco Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- BBVA. (2022, Enero 21). *BBVA - Sostenibilidad.* Retrieved from La extracción de arena comienza a ser un problema mundial: estos son los motivos: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-extraccion-de-arena-comienza-a-ser-un-problema-mundial-estos-son-los-motivos/>

- Bedoya Montoya, C. M. (2011). *Construcción sostenible para volver al camino*. Biblioteca Jurídica Diké. Retrieved from <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7378>
- CAMACOL. (2022). *Camacol Verde. Construyendo juntos el camino a la acción climática*. Retrieved from CAMACOL. Productividad Sectorial. Sostenibilidad: <https://camacol.co/productividad-sectorial/sostenibilidad>
- CAMACOL. (Octubre 2019). *Catálogo de Cualificaciones Sector Construcción, Producto 2 - Contextualización del Sector*. Bogotá. Retrieved from https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2021-08/caracterizacion-sector-construccion.pdf
- Cámara de Comercio de Medellín . (2022). *La Cámara de Comercio de Medellín recibió la Certificación LEED por su Centro Empresarial El Poblado*. Retrieved from Cámara de Comercio de Medellín Para Antioquia: <https://www.camaramedellin.com.co/articulos-y-noticias/noticias/certificacion-leed-por-su-centro-empresarial-el-poblado>
- catalogoverde.cl. (n.d.). *catalogoverde.cl - Plataforma interactiva de la Construcción Sustentable*. Retrieved from Certificación LEED: <http://www.catalogoverde.cl/certificacion-leed-2>
- CCCS. (2010). *Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) - Colombia Green Building Council*. Retrieved from Proyectos - Oficinas Bancolombia en Medellín: https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/filebase/estudios_de_caso/oficinas/Oficinas-Bancolombia-en-Medelli%25CC%2581n.pdf
- CCCS. (2014). *Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) - Colombia Green Building Council*. Retrieved from Proyectos - Ruta N: Centro Sostenible la Innovación y Negocios: https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/filebase/estudios_de_caso/oficinas/Ruta-N-Centro-Sostenible-para-la-Innovacio%25CC%2581n-y-Negocios.pdf

- CCCS. (2016, Abril 18). *Código de Construcción Sostenible de Medellín*. Retrieved from Consejo Colombiano de Construcción Sostenible CCCS:
<https://www.cccs.org.co/wp/2016/04/18/medellin-inicia-formulacion-de-codigo-de-construccion-sostenible/>
- Chinchón Yepes, S. (2017, Julio 24). *ISSUU*. Retrieved from Procesos de fabricación de materiales de construcción: Impacto Medioambiental:
https://issuu.com/servandocy/docs/procesos_de_fabricaci__n_de_materia
- CMYK Arquitectos . (2022). *Sistemas Constructivos Sostenibles y Eco-amigables*. Retrieved from CMYK Arquitectos : <https://cmyk-arq.es/sistemas-constructivos-sostenibles-y-eco-amigables/>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). (2014). *Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) - Colombia Green Building Council*. Retrieved from Construcción Sostenible: <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible>
- Construction 21 International. (2021). *Sustainable Life Cycle of buildings – a holistic approach to deliver sustainable buildings and reduce waste*. Retrieved from Construction 21 International: <https://www.construction21.org/articles/h/workshop-sustainable-life-cycle-of-buildings-a-holistic-approach-to-deliver-sustainable-buildings-and-reduce-waste.html>
- DANE. (2022). *Boletín Técnico. Indicadores económicos alrededor de la construcción (IEAC)*. Bogotá. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_11trim22.pdf
- Dobrowolska, K. (2021, Marzo 04). *Archdesk*. Retrieved from ¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente?: <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/>
- El Tiempo. (2014, Agosto 25). *El Tiempo - Economía - Sectores - Temas del día*. Retrieved from Colombia avanza en construcción sostenible:

<http://www.eltiempo.com/economia/sectores/construccion-sostenible-en-colombia/14436963>

elEconomista Inmobiliaria. (2020, Noviembre 30). *La construcción es una industria que está en retroceso y necesita ganar productividad*. Retrieved from elEconomista.es Inmobiliaria:

<https://revistas.economista.es/inmobiliaria/2020/diciembre/la-construccion-es-una-industria-que-esta-en-retroceso-y-necesita-ganar-productividad-AD5500130>

EPA. (2022). *About Smart Growth*. Retrieved from United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/smartgrowth/about-smart-growth>

EPA. (2022). *Improving Indoor Air Quality*. Retrieved from Indoor Air Quality (IAQ). United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/improving-indoor-air-quality>

EPA. (2022, Marzo). *Nuevos datos del Inventario de Emisiones Tóxicas muestran una reducción en las emisiones de ciertas sustancias químicas tóxicas*. Retrieved from United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/newsreleases/nuevos-datos-del-inventario-de-emisiones-toxicas-muestran-una-reduccion-en-las>

Forbes Staff. (2021, Octubre 04). *Forbes, Economía y Finanzas*. Retrieved from La construcción como fuente de empleo: 7,7% de trabajadores en el mundo pertenecen al sector: <https://forbes.co/2021/10/04/economia-y-finanzas/la-construccion-como-fuente-de-empleo-77-de-trabajadores-en-el-mundo-pertenecen-al-sector/>

Gamboa, C. -P. (2013, Mayo 9). *La República*. Retrieved from Prospera la construcción sostenible en Colombia: http://www.larepublica.co/responsabilidad-social/prospera-la-construccion-sostenible-en-colombia_38164

García, T. (2017, Marzo). *El primer barrio sustentable de Estocolmo*. Retrieved from El País.com - Blog Planeta Futuro: https://elpais.com/elpais/2017/03/02/seres_urbanos/1488455426_025422.html

- Gordillo Bedoya, F., Hernández Castro, N., & Ortega Morales, J. (2010). *Pautas para una construcción sostenible en Colombia. Bogotá - Cali - Medellín*. Bogotá. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/James-Ortega/publication/317182930_Pautas_para_una_Construccion_Sostenible_en_Colombia_Bogota_-_Cali_-_Medellin/links/592b7300458515e3d46c98c8/Pautas-para-una-Construccion-Sostenible-en-Colombia-Bogota-Cali-Medellin.pdf
- Gutiérrez Marín, M. A. (2017). *Propuesta de un modelo de gestión de innovación aplicable en Pymes del sector de la construcción en Medellín, Colombia*. Tesis de Magister en Administración, Universidad EAFIT, Medellín. Retrieved from <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/12644>
- Informe Inmobiliario. (2021, Junio). *Constructoras Medellín con proyectos amigables con el medio ambiente*. Retrieved from Informe Inmobiliario: <https://www.informeinmobiliario.com/blog/constructoras-medellin-con-proyectos-amigables-con-el-medio-ambiente/958>
- Jurado Villegas, J. J. (2021). *Análisis de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Colombia según las propiedades y clasificación propuestas en la Guía Española de Áridos Reciclados*. Bogotá: Trabajo de Grado. Especialista en ingeniería de Pavimentos. Universidad Católica de Colombia. Retrieved from <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/27102>
- Levy, S. M. (2018). The LaFargeHolcim Foundation List of Sustainable Construction. *Project Management in Construction. 7th Edition. Chapter 16.15*. Retrieved from <https://www-accessengineeringlibrary-com.recursosbiblioteca.eia.edu.co/content/book/9781259859700/toc-chapter/chapter16/section/section16>
- LibreText Espanol. (2023). *1.4: Estudio de caso 2- Dockside Green, Victoria*. Retrieved from [https://espanol.libretexts.org/Ciencias_Sociales/Geografia_\(Humana\)/Libro%3A_Columb](https://espanol.libretexts.org/Ciencias_Sociales/Geografia_(Humana)/Libro%3A_Columb)

- ia_Brit%C3%A1nica_en_un_Contexto_Global/01%3A_Asentamiento_urbano_en_Columbia_Brit%C3%A1nica/1.04%3A_Estudio_de_caso_2-_Dockside_Green%2C_Victoria
- Ministerio de Hacienda Chile. (2020). *¿Qué es y qué evalúa la Certificación de Edificios Sustentable?* Retrieved from Hacienda.cl: <https://www.hacienda.cl/areas-de-trabajo/finanzas-internacionales/oficina-de-la-deuda-publica/preguntas-frecuentes/bonos-verdes/que-es-y-que-evalua-la-certificacion-de-edificios-sustentable>
- Mora, D. (2022). *Construcción en Colombia: 2022, año de oportunidades*. Retrieved from How2Go: <https://h2gconsulting.com/how2go-colombia/construccion-en-colombia-oportunidades/>
- MRSC. (2021). *Sustainable Development and Smart Growth*. Retrieved from MRSC Empowering local governments: <https://mrsc.org/Home/Explore-Topics/Planning/General-Planning-and-Growth-Management/Smart-Growth-and-Sustainable-Development.aspx>
- Muñoz Salamanca, E. A. (2019). *Análisis y Factibilidad de costos en proyectos de construcción sostenible*. Bogotá: Tesis investigación para optar al título de Magister en Construcción. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78362>
- Ochoa Lotero, D. A., & Ramirez Espinosa, S. (2014). *Evaluación de las prácticas utilizadas en la construcción sostenible de un hotel*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Ambiental, EIA, Envigado. Retrieved from https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/1933/RamirezSantiago_2014_EvaluacionPracticasUtilizadas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización de las Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. "Nuestro futuro común"*. Retrieved from https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

- Palacios, B. (2022, enero 04). *República Inmobiliaria*. Retrieved from ¿Cuánto crecerá la industria de la construcción a nivel mundial en 2022?:
<https://www.republicainmobiliaria.com/editorial/construccion-mundial-2022/>
- París, O., Bordonada, R., & Caballero, A. (2016). *Análisis del impacto ambiental de dos sistemas estructurales porticados y la definición de su unidad funcional*. Granada: Convención Técnica y Tecnológica de la Arquitectura Técnica. Universidad de Granada. Retrieved from
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/116781/CONTART2016_Caballero_Porticados.pdf
- Pereira Ribeiro et al. (2018). The adoption of strategies for sustainable cities: A comparative study between Seattle and Florianopolis legislation for energy and water efficiency in buildings. *Journal of Cleaner Production*, 366-378. Retrieved from [https://www-sciencedirect-com.recursosbiblioteca.eia.edu.co/science/article/pii/S0959652618318262](https://www.sciencedirect-com.recursosbiblioteca.eia.edu.co/science/article/pii/S0959652618318262)
- Peters Quiroga, C. (2022, Mayo 20). *Construcción Latinoamericana CLA*. Retrieved from Residuos de construcción y demolición:
<https://www.construccionlatinoamericana.com/news/residuos-de-construccion-y-demolicion/8020692.article>
- Prestan Serrano, C. J. (2017, Mayo 23). *Gestiopolis*. Retrieved from Sector Industrial en Colombia. Sub-Sector Construcción: <https://www.gestiopolis.com/analisis-del-sector-la-construccion-colombia/>
- Prof. Dr Sheth, K. N. (2017). Water Efficient Technologies for Green Buildings. *International Journal of Engineering Innovation And Scientific Research*, 5-10. Retrieved from [file:///D:/USER/Downloads/WATEREFFICIENTTECHNOLOGIESFORGREENBUILDING%20\(1\).pdf](file:///D:/USER/Downloads/WATEREFFICIENTTECHNOLOGIESFORGREENBUILDING%20(1).pdf)

- Quiroga, C. P. (2022). *Residuos de Construcción y Demolición*. Retrieved from Construcciónb Latinoamericana CLA: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/residuos-de-construccion-y-demolicion/8020692.article>
- Restrepo Zapata, G., & Cadavid Restrepo, C. (2019, Diciembre). Mejora del desempeño ambiental y energético de la vivienda de interés prioritario en Medellín con el uso de ladrillos cerámicos modificados. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 33-49. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n35/2248-4094-rium-18-35-33.pdf>
- Rosero A., Á. j. (2020). *La sostenibilidad, un camino seguro para la industria de la construcción en Colombia*. Cartagena: Trabajo investigación. Arquitectura. Universidad San Buenaventura. Retrieved from <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/803340d2-5d14-4cd9-b920-2b8bc3cc1c65/content>
- Rozo G, J. A. (2016, Mayo 06). *La construcción sostenible llegó a Colombia para quedarse*. Retrieved from Red de Ciencia e Información: <https://www.lasillavacia.com/historias/historias-silla-llena/la-construccion-sostenible-llego-a-colombia-para-quedarse>
- Salas Ocampo, D. (2019, Junio). *Investigalia*. Retrieved from El enfoque mixto de investigación: algunas características: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/>
- Sandstoneglobal. (2021, Diciembre 16). *Sandstoneglobal*. Retrieved from Impacto ambiental de las obras de construcción [Actualizada 2022]: https://blog.sgl.com.mx/impacto-ambiental/#%C2%BF%Cual_es_el_impacto_ambiental_de_la_construccion_del_edificio
- Semana. (2022). *Construcción: motor de desarrollo*. Retrieved from Semana.com: <https://www.semana.com/especiales-editoriales/articulo/construccion-motor-de-desarrollo/202237/>

- Sidney M., L., & Civitello Jr., A. M. (2014). Section 12: Green Buildings and Sustainability. Chapter 12. In M.-H. Educatio, *Construction Operations Manual of Policies and Procedures*. New York. Retrieved from <https://www-accessengineeringlibrary-com.recursosbiblioteca.eia.edu.co/content/book/9780071826945/chapter/chapter12>
- Soy ECOlombiano. (n.d.). Vivienda y Construcción Sostenible. *Soy ECOlombiano*, 65-72.
- Suárez Silgado, S. S., Betancourt Quiroga, C., Molina Benavides, J., & Mahecha Vanegas, L. (2019). La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión. *Entramado*, 224-244. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/2654/265460762014/html/>
- Sumac. (2022). *La Central*. Retrieved from Sumac. Portfolio: <https://sumacinc.com/es/portfolio/la-central/>
- Susunaga Monroy, J. M. (2014). Trabajo de grado en el programa de especialización Gerencia de Obras - Universidad Católica de Colombia. *Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario*. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.
- The Building and Construction Authority. (2023). *BCA SkyLab*. Retrieved from Sustainability : <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/bca-skylab>
- Torres Castañeda, C. A. (2017). *Construcciones Sostenibles y Certificaciones LEED en Colombia*. Bogotá: Especialización en Gestión Ambiental. Fundación Universidad de América. Retrieved from <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7034/1/465230-2017-I-GA.pdf>
- Torres López, N. (2021). *SosLegal - Área de Derecho Ambiental*. Retrieved from Impactos Ambientales que Generan las Edificaciones – Reflexiones y Propuestas para el Sector de la Construcción: <https://soslegal.com.pe/impactos-ambientales-que-generan-las-edificaciones-reflexiones-y-propuestas-para-el-sector-de-la-construccion/>

- UNEP. (2021). Chapter 10. GlobalABC Member Activities and Initiatives. Management of construction waste. In UNEP, *2021 Global Status Report for Buildings and Construction. Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector* (p. 105). Nairobi. Retrieved from https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf
- UNEP. (2022). *Energy efficiency*. Retrieved from United Nations Environment Programme: <https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/energy-efficiency>
- USGBC. (2022). *Certificación LEED Gold. Proyecto Nueva Sede TeleMedellín*. Retrieved from United States Green Building Council. : <https://www.usgbc.org/projects/telemedellin>
- USGBC. (2022). *LEED rating system*. Retrieved from United States Green Building Council: <https://www.usgbc.org/leed>
- USGBC. (2022, July). *LEED v4.1 Building Design and Construction*. Retrieved from LEED: https://build.usgbc.org/bd+c_guide
- USGBC. (2022). *Makro Poblado. Certificación LEED Platinum*. Retrieved from United States Green Building Council: <https://www.usgbc.org/projects/makro-poblado>
- USGBC. (2022). *Proyectos en Proceso o Certificados LEED Medellín, Colombia*. Retrieved from USGBC: <https://www.usgbc.org/projects/?Country=%5B%22Colombia%22%5D&Search+Library=%22medellin%22>
- Valdés, A. (2021, Marzo). *Casas pasivas: Passivhaus*. Retrieved from Spain Habitat: https://www.spainhabitat.es/casas_pasivas_passivhaus/
- Vega Barbosa, C. (2021, Agosto 31). *El Espectador*. Retrieved from El panorama de la construcción en Colombia más allá de la estadística: <https://www.elespectador.com/economia/macroeconomia/el-panorama-de-la-construccion-en-colombia-mas-alla-de-la-estadistica/>

Vergaño Reyes, J. S., Velásquez Torres, S., & Tabarez Restrepo, S. S. (2019, Noviembre).

ISSUU. Retrieved from Material Particulado. Estrategias para el Control del Material Particulado en Obras de Construcción:

https://issuu.com/cartillasinvestigacion/docs/material_particulado

WGBC. (2022). *Green Building Councils & cities join forces to ramp up building energy*

efficiency. Retrieved from World Green Building Council:

<https://worldgbc.org/article/green-building-councils-cities-join-forces-to-ramp-up-building-energy-efficiency/>

Zuleta Roa, G. (2019, Diciembre). La sustentabilidad en la edificación: desde el desarrollo - como categoría socioeconómica- , a la construcción sostenible. *Procesos Urbanos*. No.

6. Retrieved from <http://repositorio.cecar.edu.co/handle/cecar/3076>

Zuluaga Gutiérrez, C., & Ortiz González, D. (2014). Estudio de mercado para indagar sobre la demanda potencial de una papilla a base de cereal lista para consumo en la ciudad de Pereira. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10784/5114>

Anexos

Anexo A

Encuesta sobre conceptos de construcción sostenible

ENCUESTA SOBRE CONCEPTOS DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE	
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA	
ESPECIALIZACIÓN EN GESTION DE PROYECTOS	
Si usted esta en el gremio de la construcción, por favor conteste las siguientes preguntas	
Nota: Las preguntas fueron diseñadas para dar claridad y no generar dudas en sus respuestas	
1. ¿Cree usted que el crecimiento del sector de la construcción de edificaciones genera afectaciones en el medio ambiente?	
SI _____ NO _____	
2. ¿Cuál considera que es la mayor afectación al medio ambiente provocado por la construcción? Si su respuesta de la pregunta 1 es No, marque No Aplica	
a.	Agotamiento de recursos naturales <input type="checkbox"/>
b.	Contaminación de agua, aire y suelo <input type="checkbox"/>
c.	Generación en gran cantidad de desechos y escombros <input type="checkbox"/>
d.	Emisión de gases de efecto invernadero <input type="checkbox"/>
e.	No aplica <input type="checkbox"/>
3. ¿Sabe usted que es una construcción sostenible?	
SI _____ NO _____	
4. ¿Conoce los tres pilares del desarrollo sostenible?	
SI _____ NO _____	
5. ¿Cuál aspecto considera mas importante dentro de las construcciones sostenibles?	
a.	Eficiencia consumo agua <input type="checkbox"/>
b.	Eficiencia energética <input type="checkbox"/>
c.	Análisis Ciclo de Vida de materiales <input type="checkbox"/>
d.	Calidad ambiente interior <input type="checkbox"/>
e.	Reducción emisiones tóxicas <input type="checkbox"/>
f.	Desarrollo y sostenibilidad <input type="checkbox"/>
g.	Materiales amigables con el medio ambiente <input type="checkbox"/>
h.	Reducción residuos <input type="checkbox"/>
6. ¿Sabe usted que es una certificación LEED?	
SI _____ NO _____	
7. ¿Conoce algun proyecto sostenible o con certificación LEED en Medellín?	
SI _____ NO _____	
8. ¿Conoce alguna empresa constructora de Medellín con algun proyecto sostenible o que tenga certificación LEED?	
SI _____ NO _____	
9. ¿En su empresa aplican políticas o técnicas basadas en la construcción sostenible?	
SI _____ NO _____	
10. ¿Cuál aspecto considera mas importante dentro de las categorías de Certificación LEED?	
a.	Ubicación y Transporte <input type="checkbox"/>
b.	Energía y Atmósfera <input type="checkbox"/>
c.	Análisis Ciclo de Vida de materiales <input type="checkbox"/>
11. ¿Si usted adquiere un inmueble en un proyecto de vivienda en Medellín con construcción sostenible o certificación LEED, considera que esto le genera un valor agregado?	
SI _____ NO _____	
12. ¿Le gustaría a usted vivir en un proyecto de vivienda sostenible?	
a.	SI <input type="checkbox"/>
b.	NO <input type="checkbox"/>
c.	ES INDIFERENTE <input type="checkbox"/>
13. ¿Considera que las construcciones sostenibles son viables en Medellín?	
SI _____ NO _____	
Agradecemos su interes y participación en la encuesta	

Anexo B

Encuesta técnica VOC construcción sostenible (Parte 1)

No.	Pregunta	Poco Importante		Medio Importante			Muy Importante		NA	TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7		
1	¿Que tan importante es la implementación de un programa de manejo de residuos (separación, almacenamiento, disposición final)?									
2	¿Que tan importante es la reutilización y optimización del consumo del agua dentro de los procesos constructivos?									
3	¿Que tan importante es acopiar de manera adecuada los materiales de obra (arenas, triturado, acero, madera)?									
4	¿Que tan importante es incluir políticas de transporte o movilidad sostenible (bicicletas, vehículo eléctrico)?									
5	¿Que tan importante es escoger materiales alternativos que sean amigables con el ambiente (no tóxicos, no contaminantes, eficientes, prácticos)?									
6	¿Que tan importante es incluir fuentes de energía renovables en un proyecto (eólica, geotérmica, hidroeléctrica, oceánica)?									
7	¿Que tan importante es la planeación y diseño de condiciones geograficas y bioclimaticas del proyecto?									
8	¿Que tan importante es la reutilizacion de materiales reciclables (papel, carton, plastico, vidrio, chatarra)?									
9	¿Que tan importante es la reducción en el consumo de energía dentro del proyecto?									
10	¿Que tan importante es la reducción de los escombros y reutilización en llenos o adecuaciones?									
11	¿Que tan importante es utilizar técnicas para mejorar la calidad del aire (ventilación, filtros de aire)?									
12	¿Que tan importante es la implementación de diseños ahorradores de iluminación (luminarias LED, lamparas ahorradoras, iluminación natural)?									
13	¿Que tan importante es la disminución de emisiones contaminantes y tóxicos (gases efecto invernadero, contaminación atmosférica, desechos químicos)?									
14	¿Que tan importante es adquirir una certificación LEED para un proyecto?									
TOTAL										

Anexo C

Encuesta técnica VOC construcción sostenible (Parte 2)

No.	Pregunta	Desempeño Malo				Desempeño bueno			NA	TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7		
1	¿Cómo le parece la implementación de un programa de manejo de residuos (separación, almacenamiento, disposición final)?									
2	¿Cómo le parece la reutilización y optimización del consumo del agua dentro de los procesos constructivos?									
3	¿Cómo le parece acopiar de manera adecuada los materiales de obra (arenas, triturado, acero, madera)?									
4	¿Cómo le parece incluir políticas de transporte o movilidad sostenible (bicicletas, vehículo eléctrico)?									
5	¿Cómo le parece escoger materiales alternativos que sean amigables con el ambiente (no tóxicos, no contaminantes, eficientes, prácticos)?									
6	¿Cómo le parece incluir fuentes de energía renovables en un proyecto (eólica, geotérmica, hidroeléctrica, oceánica)?									
7	¿Cómo le parece la planeación y diseño de condiciones geográficas y bioclimáticas del proyecto?									
8	¿Cómo le parece es la reutilización de materiales reciclables (papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra)?									
9	¿Cómo le parece la reducción en el consumo de energía dentro del proyecto?									
10	¿Cómo le parece la reducción de los escombros y reutilización en llenos o adecuaciones?									
11	¿Cómo le parece utilizar técnicas para mejorar la calidad del aire (ventilación, filtros de aire)?									
12	¿Cómo le parece la implementación de diseños ahorradores de iluminación (luminarias LED, lámparas ahorradoras, iluminación natural)?									
13	¿Cómo le parece la disminución de emisiones contaminantes y tóxicos (gases efecto invernadero, contaminación atmosférica, desechos químicos)?									
14	¿Cómo le parece adquirir una certificación LEED para un proyecto?									
TOTAL										

Anexo D

Tabulación encuesta sobre conceptos de construcción sostenible

NO.	PREGUNTA	CLASIFICACIÓN	TOTAL	%
1	1. ¿Cree usted que el crecimiento del sector de la construcción de edificaciones genera afectaciones en el medio ambiente?	SI	12	100%
		NO	0	0%
2	2. ¿Cuál considera que es la mayor afectación al medio ambiente provocado por la construcción? Si su respuesta de la pregunta 1 es No, marque No Aplica	a. Agotamiento de recursos naturales	4	33%
		b. Contaminación de agua, aire y suelo	6	50%
		c. Generación en gran cantidad de desechos y escombros	2	17%
		d. Emisión de gases de efecto invernadero	0	0%
		e. No aplica	0	0%
3	3. ¿Sabe usted que es una construcción sostenible?	SI	12	100%
		NO	0	0%
4	4. ¿Conoce los tres pilares del desarrollo sostenible?	SI	9	75%
		NO	3	25%
5	5. ¿Cuál aspecto considera mas importante dentro de las construcciones sostenibles?	a. Eficiencia consumo agua	5	42%
		b. Eficiencia energética	1	8%
		c. Análisis Ciclo de Vida de materiales	2	17%
		d. Calidad ambiente interior	0	0%
		e. Reducción emisiones tóxicas	0	0%
		f. Desarrollo y sostenibilidad	3	25%
		g. Materiales amigables con el medio ambiente	1	8%
		h. Reducción residuos	0	0%
6	6 ¿Sabe usted que es una certificación LEED?	SI	11	92%
		NO	1	8%
7	7. ¿Conoce algun proyecto sostenible o con certificación LEED en Medellín?	SI	8	67%
		NO	4	33%
8	8. ¿Conoce alguna empresa constructora de Medellín con algun proyecto sostenible o que tenga certificación LEED?	SI	8	67%
		NO	4	33%
9	9. ¿En su empresa aplican políticas o técnicas basadas en la construcción sostenible?	SI	10	83%
		NO	2	17%
10	10. ¿Cuál aspecto considera mas importante dentro de las categorías de Certificación LEED?	a. Ubicación y Transporte	0	0%
		b. Energía y Atmósfera	8	67%
		c. Análisis Ciclo de Vida de materiales	4	33%
11	11. ¿Si usted adquiere un inmueble en un proyecto de vivienda en Medellín con construcción sostenible o certificación LEED, considera que esto le genera un valor agregado?	SI	10	83%
		NO	2	17%
12	12. ¿Le gustaría a usted vivir en un proyecto de vivienda sostenible?	SI	11	92%
		NO	0	0%
		ES INDIFERENTE	1	8%
13	13. ¿Considera que las construcciones sostenibles son viables en Medellín?	SI	12	100%
		NO	0	0%

Anexo E

Tabulación encuesta VOC construcción sostenible (Parte 1)

No.	Pregunta	Poco Importante		Medio Importante			Muy Importante		NA	TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7		
1	¿Que tan importante es la implementación de un programa de manejo de residuos (separación, almacenamiento, disposición final)?	0	0	0	0	0	3	9	0	12
2	¿Que tan importante es la reutilización y optimización del consumo del agua dentro de los procesos constructivos?	0	0	0	0	0	2	10	0	12
3	¿Que tan importante es acopiar de manera adecuada los materiales de obra (arenas, triturado, acero, madera)?	0	0	0	0	0	4	8	0	12
4	¿Que tan importante es incluir políticas de transporte o movilidad sostenible (bicicletas, vehículo eléctrico)?	0	0	0	0	4	6	2	0	12
5	¿Que tan importante es escoger materiales alternativos que sean amigables con el ambiente (no tóxicos, no contaminantes, eficientes, prácticos)?	0	0	0	1	5	2	4	0	12
6	¿Que tan importante es incluir fuentes de energía renovables en un proyecto (eólica, geotérmica, hidroeléctrica, oceánica)?	0	0	0	2	3	2	5	0	12
7	¿Que tan importante es la planeación y diseño de condiciones geográficas y bioclimáticas del proyecto?	0	0	0	0	3	4	5	0	12
8	¿Que tan importante es la reutilización de materiales reciclables (papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra)?	0	0	0	0	3	2	7	0	12
9	¿Que tan importante es la reducción en el consumo de energía dentro del proyecto?	0	0	0	0	0	4	8	0	12
10	¿Que tan importante es la reducción de los escombros y reutilización en llenos o adecuaciones?	0	0	0	0	2	3	7	0	12
11	¿Que tan importante es utilizar técnicas para mejorar la calidad del aire (ventilación, filtros de aire)?	0	0	0	0	2	3	7	0	12
12	¿Que tan importante es la implementación de diseños ahorradores de iluminación (luminarias LED, lámparas ahorradoras, iluminación natural)?	0	0	0	0	0	4	8	0	12
13	¿Que tan importante es la disminución de emisiones contaminantes y tóxicos (gases efecto invernadero, contaminación atmosférica, desechos químicos)?	0	0	0	0	0	3	9	0	12
14	¿Que tan importante es adquirir una certificación LEED para un proyecto?	0	0	0	0	3	7	2	0	12
TOTAL		0	0	0	3	25	49	91	0	168

Anexo F

Tabulación encuesta VOC construcción sostenible (Parte 2)

No.	Pregunta	Desempeño Malo				Desempeño bueno			NA	TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7		
1	¿Cómo le parece la implementación de un programa de manejo de residuos (separación, almacenamiento, disposición final)?	0	0	0	0	2	2	8		12
2	¿Cómo le parece la reutilización y optimización del consumo del agua dentro de los procesos constructivos?	0	0	0	1	1	4	6		12
3	¿Cómo le parece acopiar de manera adecuada los materiales de obra (arenas, triturado, acero, madera)?	0	0	0	0	0	5	7		12
4	¿Cómo le parece incluir políticas de transporte o movilidad sostenible (bicicletas, vehículo eléctrico)?	0	1	0	0	4	6	1		12
5	¿Cómo le parece escoger materiales alternativos que sean amigables con el ambiente (no tóxicos, no contaminantes, eficientes, prácticos)?	0	0	0	1	2	3	6		12
6	¿Cómo le parece incluir fuentes de energía renovables en un proyecto (eólica, geotérmica, hidroeléctrica, oceánica)?	0	0	0	1	3	3	5		12
7	¿Cómo le parece la planeación y diseño de condiciones geograficas y bioclimaticas del proyecto?	0	0	0	0	1	6	5		12
8	¿Cómo le parece es la reutilizacion de materiales reciclables (papel, carton, plastico, vidrio, chatarra)?	0	0	0	0	2	2	8		12
9	¿Cómo le parece la reducción en el consumo de energía dentro del proyecto?	0	0	0	0	3	1	8		12
10	¿Cómo le parece la reducción de los escombros y reutilización en llenos o adecuaciones?	0	0	0	0	0	4	8		12
11	¿Cómo le parece utilizar técnicas para mejorar la calidad del aire (ventilación, filtros de aire)?	0	0	0	0	4	5	3		12
12	¿Cómo le parece la implementación de diseños ahorradores de iluminación (luminarias LED, lamparas ahorradoras, iluminación natural)?	0	0	0	0	0	5	7		12
13	¿Cómo le parece la disminución de emisiones contaminantes y tóxicos (gases efecto invernadero, contaminación atmosférica, desechos químicos)?	0	0	0	0	4	2	6		12
14	¿Cómo le parece adquirir una certificación LEED para un proyecto?	0	0	0	0	2	6	4		12
TOTAL		0	1	0	3	28	54	82	0	168

Anexo G

Tabla resumen para matriz desempeño vs. importancia

Pregunta	Desempeño	Importancia
Programa de manejo de residuos	7	7
Reutilización y optimización del consumo del agua	7	7
Acopio de materiales de obra	7	7
Políticas de transporte o movilidad sostenible	6	6
Materiales alternativos amigables con el ambiente	7	5
Fuentes de energía renovables	7	7
Planeación y diseño condiciones geográficas y bioclimáticas	6	7
Reutilización de materiales reciclables	7	7
Reducción en el consumo de energía	7	7
Reducción de los escombros y su reutilización	7	7
Técnicas para mejorar la calidad del aire	6	7
Implementación de diseños ahorradores de iluminación	7	7
Disminución de emisiones contaminantes y tóxicos	7	7
Certificación LEED	6	6