

TERCERA ENTREGA INFORME TÉCNICO RESULTADO DE INVESTIGACIÓN
CARACTERÍSTICAS SOSTENIBLES EMPLEADAS EN PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN MÁS DESTACADOS DE COLOMBIA.

ANDREA MARCELA AGUILAR CARRILLO
KARLA ALEXANDRA RAMIREZ QUINTANA
WILLIAM GIOVANNI MUÑOZ BARRETO

Octubre 2020

Tutor

ANTONIO RODRIGUEZ PEÑA

Universidad EAN.

Especialización en Gerencia de Proyectos.

Seminario de Investigación

Resumen

Se realizara una investigación de las principales características sostenibles en los proyectos de construcción en Colombia, partiendo de la premisa que es uno de los sectores que más contaminación generan, teniendo un elevado uso de recursos naturales durante la construcción y durante la vida útil de cualquier edificación, generando residuos contaminantes, para lo cual existen diferentes entes que se preocupan por desarrollar estrategias que permitan disminuir el impacto ambiental.

De esta forma, y para entender el desarrollo de la construcción sostenible en Colombia, se realizó una investigación de tipo cuantitativo, utilizando la recolección y el análisis de datos, teniendo en cuenta los proyectos inscritos hoy en día en certificación LEED en el U.S. Green Building Council (USGBC), que de acuerdo con Green Business Certification Inc (Gbcí)(Green Business Certification Inc, n.d.) es la más utilizada en Colombia con 394 a cierre del 2019.

Obteniendo como resultado que el tipo de certificación más frecuente de la muestra tomada corresponde a la Oro y las categorías más desarrolladas son: sitios sostenibles, eficiencia de agua, energía y atmosfera.

La construcción en Colombia está elevando los estándares de sostenibilidad en pro de minimizar los impactos que genera esta industria al medio ambiente.

Palabras clave: Sostenibilidad, construcción, LEED, proyecto, USGBC, Gbcí.

Introducción

Tabla de contenido

Tabla de Ilustraciones.....	5
Descripción del problema.....	6
Formulación del problema	8
Objetivos	9
Objetivo General	9
Objetivos específicos	9
Justificación.....	10
Marco teórico	12
Metodología General.....	17
Definición de Variables	18
Definición Conceptual	18
Definición Operacional.....	21
Población y Muestra	21
Metodología particular	23
Medición de Variables	23
Ilustraciones	33
Referencias	35

Tabla de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Impacto ambiental de la construcción.....</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ilustración 2. Objetivos de desarrollo sostenible para Construcción</i>	34
<i>Ilustración 3. Cálculo del tamaño de la muestra</i>	34

Descripción del problema

De acuerdo con la Investigación, Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia de (Acevedo, Vázquez, Ramírez et al., 2012); la construcción es vital para el desarrollo social; teniendo en cuenta que, en 2007, generó 4.7 trillones de dólares (Davis Langdon, 2008), aportando el 10% del PIB global y empleando a más de 111 millones de personas (United Nations Environment Programme, 2009). Por lo general, el sector genera entre el 5 y el 10% de los empleos y aporta del 5% al 15% del PIB de un país (*Estado de La Población Mundial 2007* | UNFPA - Fondo de Población de Las Naciones Unidas, n.d.).

De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente en Colombia, la industria de la construcción consume el 40% de la energía, genera el 30% del CO₂; produce el 40% de los residuos y consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra. Adicionalmente, se desperdicia el 20% de todos los materiales empleados en la obra.

Las obras de construcción afectan gravemente al medio ambiente con altos índices de material particulado, dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y dióxido de azufre (SO₂); de igual manera, durante la vida útil propician emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Es importante considerar que los contaminantes emitidos durante la fase de construcción pueden transformarse en la atmósfera mediante reacciones químicas para producir contaminantes secundarios, como trióxido de azufre (SO₃), ácido sulfúrico (H₂SO₄), agua amoniacal (NH₃) (Romero Gil, 2019).

Por eso, se deben implementar normas o estrategias de construcción que mitiguen el impacto generado por la industria durante las etapas del ciclo de vida de un proyecto: Planeación, construcción, operación y mantenimiento.

Origen del problema

La construcción es un importante generador de contaminación hoy en día. Debido a que durante el proceso de ejecución se consumen recursos naturales como madera, minerales, energía, agua y combustibles fósiles, que se transforman en residuos de demolición y construcción los cuales son desechados afectando el medio ambiente.

Así mismo, durante la vida útil de los edificios se genera contaminación, por el consumo de agua y energía; teniendo en cuenta que la operación aporta el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero y cerca del 70% del consumo de energía eléctrica, de acuerdo con el reporte del (*Minambiente Reglamenta Manejo y Disposición de Residuos de Construcción y Escombros / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, n.d.*).

Cuando los edificios cumplen su vida útil, pueden ser restaurados o demolidos para nuevos proyectos; en ambos casos generan residuos contaminantes que hoy en día no son dispuestos de manera inadecuada generando contaminación.

Por otra parte, la extracción de materias primas y los procesos industriales para la fabricación de materiales de construcción causan daños como contaminación del agua, aire con gases, partículas y deforestación.

Formulación del problema

Pregunta general de investigación:

¿Cuáles son las características sostenibles en proyectos de construcción más destacados de Colombia?

Objetivos

Objetivo General

Categorizar los factores de diseño sostenible empleados en los proyectos de construcción más destacados de Colombia.

Objetivos específicos

1. Caracterizar los impactos ambientales generados por la construcción en Colombia.
2. Identificar y categorizar los proyectos más destacados con construcción sostenible en Colombia.
3. Evaluación comparativa de las certificaciones de sostenibilidad empleadas en los proyectos de Construcción en Colombia.
4. Determinar las tendencias más relevantes de diseño sostenible en los proyectos de construcción estudiados.

Justificación

Es importante identificar los proyectos de construcción que están implementando el diseño sostenible; las tendencias de ahorro en agua, energía y uso eficiente de materiales; como fuente de solución para el problema ambiental.

De acuerdo, al informe publicado por la (*La Extracción de Materias Primas Se Triplicó En 40 Años, Según El PNUMA / Noticias ONU*, n.d.) la extracción de materiales primarios se ha triplicado durante las últimas 4 décadas y para contribuir con una solución que ayude a no detener el crecimiento económico del país; es importante desarrollar proyectos que contribuyan con el medio ambiente y que no generen más fuentes contaminadoras para el planeta.

Colombia es el único país latinoamericano que cuenta con un Consejo de Construcción Sostenible (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS, n.d.); que es miembro del USGBC Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos, organización que promueve la sostenibilidad en el diseño, construcción y funcionamiento de los edificios en EE.UU. (U.S. Green Building Council, n.d.), y el Green Business Certification Inc.; organización independiente que reconoce la excelencia en el desempeño de la industria de negocios verdes y la práctica a nivel mundial (GBCI | Certificación Green Business Inc., n.d.) para el desarrollo de proyectos LEED en el país, según (Jarama Pulla & Uzhca Criollo, 2016).

La Universidad EAN es referente en sostenibilidad y mediante esta investigación queremos contribuir a incentivar procesos que ayuden a la conservación del medio ambiente. Enfocada en sostenibilidad, se tiene la gerencia de proyectos como área de conocimiento, y esta nos permite llevar un adecuado proceso de construcción, revisando el planteamiento en cada una de las etapas, organizar la información y requerimientos de los interesados, los cuales permitirán

determinar las actividades y recursos a utilizar, plasmados en un cronograma y presupuesto, al cual se le realizará monitoreo y control.

Marco teórico

La construcción ha sido uno de los principales motores para la economía del país, genera empleo en diferentes zonas rurales y urbanas, crea bienestar en diferentes estratos socioeconómicos, ayuda a disminuir el déficit cuantitativo de vivienda y es un gran beneficio para la economía de Colombia, también es uno de los sectores que más generan contaminación, *“la sostenibilidad demanda hacer mención del crecimiento económico global, sin precedentes, producido desde la segunda mitad del siglo XX. Este crecimiento, sin lugar a duda, ha generado importantes avances sociales. Sin embargo, mientras los indicadores económicos han sido durante años sistemáticamente positivos, los indicadores ambientales resultan cada vez más negativos.”* (Acevedo Agudelo et al., 2012).

Los indicadores de medio ambiente no suelen ser tan alentadores, algunos estudios dicen que *“el sector de la construcción es responsable de más de un tercio del consumo total de energía y, en la mayoría de los países, es la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero”* (United Nations Environment Programme, 2009).

Para detallar un poco más el impacto ambiental por causa de la construcción, se debe observar desde el inicio de la construcción y el fin o desmantelamiento de la edificación, en todo este ciclo de vida se puede evidenciar la ocupación de espacio y paisaje, es así como *“la ocupación indiscriminada del espacio agota los recursos, destruye el paisaje y aumenta la vulnerabilidad de nuestros asentamientos humanos. Los deslizamientos y las continuas emergencias por deslizamientos y desbordamientos de quebradas en las zonas de barrios constituyen un ejemplo claro del impacto de la construcción en el ambiente”* (Acosta, 2009), extracción de recursos, generación de residuos.

El impacto en cualquier ecosistema se *“debe a desechos, ruido, polvo, residuos sólidos, generación de tóxicos, contaminación del aire y del agua, malos olores, cambio climático, uso del suelo, operaciones con remoción de la vegetación y emisiones peligrosas. Las emisiones al aire son generadas por los gases de los escapes de los vehículos y el polvo durante la etapa de construcción”* (Enshassi et al., 2014).

El consumo de recursos, para el sustento humano se ejerce en mayor medida durante su uso de la edificación, también *“Un porcentaje menor, normalmente 10-20%, de la energía consumida es para la fabricación de materiales, construcción y demolición.”* (United Nations Environment Programme, 2009).

Los diferentes problemas que se presentan en el medio ambiente por causa de la construcción pueden observarse en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en la cual se evidencia el impacto y una clasificación, con lo cual se permite tener un mayor detalle de las consecuencias que se generan por cada una de las actividades directas o indirectas de la construcción.

Para poder analizar nuestra investigación es necesario que empecemos por entender el concepto de Construcción y de acuerdo con (Ministerio de Vivienda, 2015), son todas aquellas medidas de manera pasiva o activa, que durante el diseño o la construcción de edificaciones permiten ahorrar un alto porcentaje tanto de energía como de agua, las cuales están encaminadas en brindar una calidad de vida adecuada a sus habitantes, y al actuar con responsabilidad social y ambiental.

Pero la construcción sostenible debe ir más allá del ahorro del agua y energía, esta debe estar enfocada en la utilización de elementos reciclables y amigables con el medio ambiente, así como su proceso de fabricación.

Lo anterior se requiere para que su ciclo de vida no finalice simplemente con una demolición en el momento que no pueda seguir en funcionamiento el edificio, y posterior a esto se generen unos escombros, sino por el contrario para que el ciclo de vida siga siendo circular y con los probables elementos que no funcionen se puedan utilizar como materia prima de la remodelación; ya que el ciclo de vida actual de la gran mayoría de las construcciones que no son sostenibles, inicia con una extracción de materia prima, producción, transporte, construcción, uso y demolición.

Como se muestra en la *Ilustración 2* los nueve objetivos de desarrollo sostenible que se enfocan en la construcción verde, dieron su inicio en el año 2016 y se encuentran enfocados en desligar el crecimiento económico del cambio climático, la pobreza y la desigualdad, ya que se considera que por medio de la construcción de edificaciones verdes se puede lograr, porque en su proceso de construcción se generan menos emisiones de carbono, generación de empleos, y a su vez, educación y formación especializada, a quienes hacen parte estos proyectos.

En 1993, un grupo de visionarios se reunieron para dar una nueva visión de sostenibilidad a la industria, dado por la crisis energética de los años setenta. El U.S. Green Building Council (USGBC) (US Green Building Council., n.d.) brindo un espacio para que se iniciase la consolidación de ideas sobre construcción ecológica y establecer parámetros de mejora al desempeño de los edificios.

Los miembros del consejo se dieron cuenta que la industria de la edificación sustentable necesitaba un sistema para definir y medir los edificios ecológicos, por esto, forman una comisión de expertos compuesta por arquitectos, agentes de bienes raíces, un propietario de edificio, un abogado, un ambientalista y representantes de la industria de la construcción,

dejando sentado las bases para el desarrollo de un sistema de clasificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design).

En 1999 se lanzó el primer sistema de clasificación de edificios ecológicos LEED V1.0 y durante la siguiente década de su lanzamiento, LEED amplió incluyendo sistemas para clasificar el ciclo de vida completo del entorno de construcción, desde el diseño, la construcción, operación y mantenimiento de las edificaciones.

La certificación LEED está compuesta por un conjunto de normas encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios y la selección de materiales.

Pero fue hasta el año 2008, que se certificó el primer proyecto de construcción LEED en Colombia; siendo la planta de producción de Alpina localizada en Sopó, liderado por el equipo de Arquitectura e interiores (AEI) socio fundador del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), que a hoy ya cuenta con 151 proyectos certificados LEED y con 223 proyectos en proceso de certificación de acuerdo con lo publicado en la página oficial del (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2010). Existen cuatro niveles de certificación de acuerdo con el puntaje obtenido: 1.) Platino que cuenta con 16 proyectos; 2.) Oro que cuenta con 72 proyectos, 3.) Plata que cuenta con 41 proyectos y 4.) Certificado que cuenta con 22 proyectos hoy en día.

La implementación de programas de certificación LEED (U.S. Green Building Council, 2017) en edificaciones, no solo trae beneficios sostenibles debido a los ahorros de consumo de

recursos naturales como agua y energía, sino que también disminuye los costos de operación durante el ciclo de vida de la construcción como está citado en las investigaciones de los casos de estudio de (Ribero et al., 2016) y de (Todd et al., 2013), que expone como la certificación de edificios sostenibles LEED ha transformado el mercado de la construcción en el mundo para evitar la afectación medio ambiental que se venía produciendo por la construcción tradicional.

En el texto (U.S. Green Building Council, 2016), se describen los aspectos sostenibles más utilizados en edificaciones del año 2016 a la fecha y que aporta más puntaje para el logro de la certificación LEED.

La eficiencia energética es un punto fundamental en la certificación LEED, como se puede evidenciar en el artículo de (Gurgun & Arditi, 2018), que realizó un muestreo de 1500 edificios en Estados Unidos, concluyendo que el éxito de las medidas depende en gran medida de la responsabilidad de los usuarios en la utilización de los recursos; y evidenciando una mejora del 59% del rendimiento energético; también concluye que el ahorro de los costos generados por los sistemas energéticamente eficientes es uno de los principales impulsores de la sostenibilidad; demostrando la importancia y los beneficios que tiene esta característica para combatir los impactos medio ambientales que actualmente generan las edificaciones convencionales.

La certificación, de uso voluntario, tiene como objetivo avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción. Por ello, es importante en nuestra investigación categorizar los factores de diseño sostenible empleados en los proyectos de construcción más destacados de Colombia, para minimizar los impactos ambientales que está generando en nuestro país e incentivar el uso de las prácticas en todo el sector de la construcción.

Metodología General

Dado que se busca alcanzar los objetivos trazados para la categorización de los factores de diseño sostenible empleados en los proyectos de construcción más destacados de Colombia, se realizará la investigación con el enfoque cuantitativo que reúne estrategias de obtención y procesamiento de datos con magnitudes numéricas según (Hernández, Fernandez, Baptista et al., 2014).

Utilizando la recolección y el análisis de datos, teniendo en cuenta los proyectos inscritos al día de hoy en certificación LEED en el U.S. Green Building Council (USGBC) (U.S. Green Building Council, n.d.), 371 Proyectos, por lo cual para esta investigación y utilizando la calculadora numérica para toma de muestra (SurveyMonkey, n.d.), tomaremos 77 proyectos sostenibles como muestra numérica de las características de sostenibilidad empleadas, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud los patrones utilizados en las construcciones sostenibles en Colombia.

El análisis que se va a realizar en esta investigación se basa en un diseño no experimental, de tipo transversal; ya que la recolección de información se efectuará con proyectos de construcción más destacados de Colombia que a la fecha que se hayan certificado con LEED, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en ésta.

Con esto, para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 N}\right)}$$

En donde:

N = Tamaño de la población

e = margen de error

z = puntuación z

El resultado de la ecuación se muestra en la **Ilustración 3**, con 77 proyectos, pero para nuestra investigación redondearemos a 80 para conseguir tener más información para nuestros resultados.

Definición de Variables

Las variables que se tuvieron en cuenta para la investigación son los factores con los cuales se evalúa la certificación LEED, Sitios Sostenibles, Eficiencia de Agua, Energía y Atmosfera, Materiales y Recursos, Calidad ambiental interior, Innovación, Créditos de prioridad regional, Créditos del proceso integrativo, y Ubicación y Transporte. Cada una de estas tiene un puntaje independiente y el resultado total, arroja un tipo de certificación, el cual depende de la puntuación, que con una base de 100 puntos; además de 6 posibles puntos en Innovación en el diseño y 4 puntos en Prioridad regional, califican los tipos de certificación existentes: Certificado, Plata, Oro y Platino, como se puede referenciar en (Eficiencia Energética Chile, n.d.).

Definición Conceptual

Dentro de nuestra investigación vamos a tener en cuenta los criterios evaluados en la Certificación LEED, los cuales se describen a continuación:

- Sitios sostenibles: cuenta con 26 puntos posibles y controlan la sedimentación y erosión del terreno, los créditos que se pueden obtener en este son: selección del lote redesarrollo urbano; desarrollo en zonas problemáticas; transporte alternativo; accesos a transporte público; parqueaderos y sitios de intercambio de bicicletas; estaciones de combustible alternativo; capacidad de parqueo; reducción en la perturbación del lote protección y restauración del entorno; desarrollo de la huella del proyecto; manejo de escorrentía; disminución de la cantidad, manejo de escorrentía, tratamiento; paisaje y diseño exterior para reducir islas de calor; reducción de la polución de la luz.
- Eficiencia de Agua: Cuenta con 10 puntos posibles, sus créditos son eficiencia del agua del paisaje, reducir en el 50%; eficiencia del agua del paisaje, no uso de agua potable para irrigación; innovación en las tecnologías de aguas residuales; reducción en el uso del agua, reducción del 20 y 30%.
- Energía & Atmosfera: cuenta con 35 puntos posibles, sus prerequisites son sistemas de comisionamiento fundamental de la construcción; desempeño energético mínimo; reducción de clorofluorocarbonos (cfc) en equipos de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración mecánicos; y sus créditos son optimización desempeño energético; energía renovable; comisionamiento adicional; agotamiento del ozono; medida y verificación; energía verde.
- Materiales y Recursos: cuenta con 14 puntos posibles, sus prerequisites son almacenamiento & recolección de reciclables y sus créditos son reusó de edificaciones, manteniendo un porcentaje de la fachada; manejo de residuos de construcción, reciclaje o salvamento de un porcentaje; reusó de recursos; contenido reciclado; materiales locales/

- regionales, un porcentaje localmente manufacturado y cosechados localmente; materiales rápidamente renovables; madera certificada.
- **Calidad del medio ambiente interior:** cuenta con 15 puntos disponibles, sus prerequisites desempeño mínimo de la calidad del aire interior; control ambiental de la contaminación del cigarrillo; y sus créditos son monitoreo del dióxido de carbono (co2); aumento en la efectividad de la ventilación; plan de manejo de la calidad del aire interior en la construcción, durante la construcción y después de la ocupación; materiales de baja emisión, adhesivos, sellantes, pinturas, alfombras, compuestos de madera; control de fuentes de polución química interior; controlabilidad de los sistemas, perimetrales y no perimetrales; confort térmico y sistema de monitoreo permanente; luz día & vista.
 - **Innovaciones & proceso de diseño:** cuenta con 6 puntos posibles que son puntaje extra y sus créditos son innovaciones de diseño; acreditación profesional LEED.
 - **Prioridad Regional:** cuenta con 4 puntos posibles que son puntaje extra y se hace reconocimiento a los proyectos que atienden de manera especial la problemática ambiental de la zona donde se encuentra.

En los siete capítulos anteriores, tiene requisitos previos y recursos. Los créditos son procedimientos necesarios y razonables para ganar puntos y por cada capítulo se deben cumplir los requisitos y los créditos para obtener la certificación. El objetivo es alcanzar el puntaje máximo de cada capítulo para obtener el certificado LEED, que depende de los puntajes acumulados, y el proyecto será certificado de acuerdo con su nivel de desempeño.

Definición Operacional

Las muestras tomadas están basadas en proyectos de construcción inscritos ante el USGBC (U.S. Green Building Council, n.d.), y se medirán de acuerdo a los criterios evaluados y puntos obtenidos para la LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), con esto pretendemos categorizar los factores más utilizados en Colombia de acuerdo al muestreo de 80 proyectos de 371 inscritos al día de hoy en el USGBC para certificación en sus diferentes niveles: certificado, plata, oro y platino; que se valoran con el número de puntos obtenidos por el proyecto para determinar el nivel de certificación LEED; para su evaluación y obtención del nivel de certificado existe una base de 100 puntos; además de 6 posibles puntos en Innovación en el diseño y 4 puntos en Prioridad regional.

Estas se van a tomar mediante observación directa a cada una de las tarjetas de certificación de los proyectos que reposan en la base de datos del USGBC. Para evidenciar esta información, en el Anexo 1. Muestra de categorización de factores sostenible, estarán ocho (8) proyectos (Anexo 2. SCORECARD), con sus diferentes niveles de tipos de certificación, en donde se puede observar el puntaje obtenido en cada una de las categorías evaluadas.

Población y Muestra

La población de nuestra muestra son proyectos de construcción inscritos y certificados en LEED, los cuales se van a analizar estadísticamente, identificando los factores más utilizados en los proyectos de construcción, a partir del momento que se certificó el primer proyecto colombiano en el USGBC (U.S. Green Building Council, n.d.)

Por otra parte la muestra representativa que se va a tomar para ejecutar esta investigación, se toma con base en la cantidad total de proyectos que actualmente, se encuentran certificados en Colombia, esta se calculó de acuerdo con la calculadora de la aplicación (SurveyMonkey, n.d.), arrojando como resultado, una muestra de 77 proyectos, como se muestra en la ***Ilustración 3***, pero para esta investigación se van a tomar 80 muestras de diferentes ciudades del país, que tienen diferentes metrajes de construcción y están calificados con los diferentes niveles de LEED.

Para el desarrollo de la investigación se utiliza un diseño de tipo descriptivo, basado en información de diferentes fuentes académicas como Scielo, Redalyc y Scopus que brinda la universidad EAN por medio de la biblioteca y tomando también a la US Green Building Council (U.S. Green Building Council, n.d.) como ente garante de la certificación LEED y el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.

Durante la investigación se describen las principales características sostenibles que se emplean en Colombia, tomando como referencia la información que brinda el USGBC y el CCCS, y así obtener un resultado que muestre hacia donde se dirige la construcción sostenible en este país.

La ficha técnica de cada proyecto es la base de la investigación que entrega la suficiente información para desarrollar el estudio.

Medición de Variables

Teniendo el muestreo de los 80 de proyectos de 371 inscritos para certificación LEED en sus diferentes niveles, y los datos numéricos evaluados en cada uno de los casos de las características de sostenibilidad empleadas, de acuerdo a su tarjeta de certificación; mediante al uso de la estadística podremos establecer con exactitud los patrones utilizados, el nivel de certificación alcanzado, las características más factibles y menos alcanzadas en las construcciones sostenibles en Colombia, para determinar cuáles son los criterios más fuertes y cuales se deben reforzar en el país para alcanzar un mayor nivel de certificación de nuestros proyectos y poder estandarizar la construcción sostenible, pasando de ser el tercer país de Latinoamérica con más construcciones sostenibles a ser un pionero en el continente.

Análisis de resultados

1. Resultados impactos ambientales Andre
2. Muestra de proyectos, 80 proyectos (Willi)

Cantidad de proyectos por ciudad

Dentro de la muestra que se recogió de los 80 proyectos certificados bajo el estándar LEED, se observa en la **gráfica 1**, que en la ciudad de Bogotá se concentran un total de 49 edificaciones que corresponden al 61% de la muestra tomada, mostrando la fortaleza de la ciudad en temas de desarrollo sostenible; en segundo lugar se encuentra Medellín con el 10%, siendo esta la segunda ciudad más representativa dentro de la investigación, seguido de Cartagena y Chía con el 4% cada uno, Barranquilla con el 2% y otras ciudades y municipios con una cuota del 19%.

Bogotá sigue siendo uno de los referentes de la construcción sostenible en el país, ya que a la fecha cuenta con la mayor cantidad de proyectos certificados en los diferentes niveles que contiene LEED. Recordando que Alpina ubicado en el municipio de Sopo fue el pionero en certificación LEED en Colombia, abriendo la puerta a las demás ciudades colombianas.

De este análisis se puede concluir que la capital del país sigue siendo un referente económico, social y de las nuevas tendencias de construcción para ubicar a Colombia como el tercer país latinoamericano impulsor de construcciones sostenibles.

Proyectos por nivel de certificación

Para obtener los niveles de certificación que ofrece LEED, se debe cumplir con las características inscritas en la etapa de planeación y diseño del proyecto, teniendo en cuenta que, a mayor cantidad de características inscritas, mayor será el nivel de certificación. Siendo el nivel Platino el máximo reconocimiento del estándar con más de 80 puntos, diseñado por el US Green

Building Council, el nivel Oro con un puntaje de 60 a 79 puntos, el nivel Plata de 49 a 59 puntos y por último el Certificado de 40 a 49 puntos.

De acuerdo con la muestra tomada, en la **gráfica 2**, se puede observar que el mayor porcentaje de las construcciones colombianas se encuentran en el nivel Oro con una representación del 50%, seguido de Plata con el 27%, Platino con el 13% y Certificado con el 10%.

Es claro que en Colombia se debe seguir trabajando en el desarrollo de tendencias sostenibles para contribuir al desarrollo ambiental, económico, social y urbanístico del país; y a su vez lograr que Colombia marque una clara inclinación a los niveles de certificación Oro y Platino.

M² por nivel de certificación

De acuerdo con el análisis realizado y según la **gráfica 3**, es evidente que aquellas construcciones con el nivel Oro son las más numerosas y ocupan la mayor parte en metros cuadrados de construcción con un total de 2,648,697, en segundo lugar podemos observar el nivel Plata con 864,376 metros cuadrados, muy por debajo de la mitad del nivel Oro; en tercer lugar se encuentra el máximo reconocimiento del estándar LEED, el nivel Platino con 622,285 metros cuadrados, el cual se otorga por primera vez en el año 2014 para Sodimac Colombia, con su tienda de retail ubicada en Cajicá, con un diseño vanguardista que aplica la última tecnología para garantizar una operación respetuosa con el ambiente y la comunidad; y en cuarto lugar se encuentra el nivel Certificación, el más básico pero que de igual forma genera responsabilidad con el medio ambiente y apoya el desarrollo social en el entorno circundante.

Distribución por ciudad

Realizando una comparación de los niveles y su distribución por las principales ciudades, se puede observar en la **gráfica 4**, una clara concentración de proyectos en Bogotá con un total de 49, siendo el nivel Oro el más representativo con 24 edificios, seguido por Plata con 15, en tercer lugar, Certificado con 6 y en último lugar Platino con 4.

También podemos ver como Medellín no posee proyectos con nivel Certificado y se encuentra en segundo lugar a nivel Colombia, su representación más alta la tiene el nivel Oro con 4, seguido del nivel Plata con 3 y por último, Platino con 1.

Por otro lado, se encuentran ciudades o municipios con solo un proyecto en los diferentes niveles de certificación LEED, dicho esto, se agrupan bajo la etiqueta otros y se puede evidenciar en la **tabla #**, debido a que su representación dentro de la muestra no es significativa, pero si se puede evidenciar la expansión en el país de la construcción sostenible.

Para finalizar, se puede observar como un municipio como Chía cuenta con 3 proyectos certificados en los niveles Platino, Oro y Plata, y se sitúa por encima de ciudades como Cartagena y Barranquilla.

Evaluación comparativa de las certificaciones sostenibles más usadas en Colombia

En la **tabla #** se realiza la comparación de las certificaciones sostenibles más usadas en Colombia; la LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) que reconoce las estrategias y mejores prácticas de construcción, mediante distintos niveles de certificación que se alcanzan con créditos adaptados a las necesidades de cada proyecto, la HQE (Haute Qualité Environnementale) que se basa en Energía, Medio Ambiente, Salud y Confort como categorías de evaluación, la BREAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) es el más antiguo de los existentes destinados a verificar los aspectos de sostenibilidad ambiental en edificaciones, la EDGE (Excellence in Design for Great Efficiencies) que calcula los ahorros durante el uso del edificio así como la reducción de las emisiones de carbono comparado con el caso base y la Referencial CASA Colombia “para el Diseño y Construcción de Soluciones Habitacionales Sostenibles” que es una iniciativa del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), cuyo objetivo principal es brindar a la industria de la construcción colombiana una herramienta que facilite la construcción sostenible de

viviendas, en el marco de una metodología transparente y ágil, en alineación con las políticas nacionales de crecimiento verde.

Hay que tener en cuenta que cada proyecto es diferente y el tipo de certificación que se debería escoger debe depender de las características del edificio y como se va a llevar a cabo. Podemos decir que LEED es el sello sostenible más conocido ya que es el que tiene presencia en más países y con el que colaboran más empresas; en cambio BREEAM, aunque pierda en cantidad de países, gana en edificios certificados en Europa.

Precisamente, LEED está presente en más de 136 países, con más de 48.780 edificios certificados y 12.000 empresas miembros a finales de 2015; frente a los 78 países donde opera BREEAM, 561.196 proyectos certificados, y unos 5000 asesores.

A finales del 2019, las certificaciones más usadas en la denominada infraestructura verde en Colombia son 'Leed', 'Edge' y 'Referencial Casa Colombia'. Teniendo en cuenta la popularidad que tiene 'Leed' en Colombia, el Consejo de Construcción Sostenible (CCCS)(Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2010) destacó que “en el marco de la alianza entre el Green Business Certification Inc (Gbcí)(Green Business Certification Inc, n.d.), ente certificador del sistema 'Leed' que hay 394 proyectos inmobiliarios registrados en el sistema 'Leed' al cierre del año 2019, que confirman el éxito rotundo de estas prácticas en el país. Así mismo 178 de estos proyectos ya han logrado esta importante certificación”.

Con base en las cifras anteriores, “Leed” sigue siendo el sistema de certificación en construcción sostenible más exitoso y de mayor uso en el país en los usos institucional y comercial, con proyectos en 52 ciudades y 24 departamentos”, dijo Viviana Valdivieso, directora ejecutiva del CCCS para el Diario la Republica en Enero 31 de 2020 (Vargas Rubio & Diario la Republica, 2020), quien también explicó que para tener una construcción sostenible se deben aplicar buenas prácticas durante la planeación y el fin de uso de los desarrollos.

En la **tabla**, se compara el puntaje que emplea cada uno de los sistemas de certificación más usados en Colombia; se puede observar que la Certificación LEED y la BREEAM son las certificaciones con más puntajes en las nueve categorías desarrolladas con 110 puntos en total; de nuevo refiriéndose a estas dos certificaciones con más las completas utilizadas en el país.

Adicionalmente, en la **tabla**, se puede observar los niveles de certificación que utilizan cada una de ellas para calificar los puntajes obtenidos en el proyecto y otorgarle la certificación correspondiente.

Tablas de frecuencia

Para esta investigación, se tomaron 80 proyectos en forma aleatoria de los 371 inscritos para certificación LEED, para tomar en consideración el puntaje y su nivel de certificación, como así mismo, las nueve categorías evaluadas para su certificación.

En la **gráfica** y la **tabla**, en donde se presenta el histograma de la muestra completa, se puede evidenciar que las certificaciones que presentan mayor frecuencia es la ORO (60-79 pts) y la PLATA (49-59 pts) y la certificación PLATINO (80 + pts) es la que presenta menos frecuencia con tan solo 10 de proyectos de la muestra total.

De igual manera, se calcula el valor con mayor frecuencia de la muestra con 64 puntos y el valor central de la muestra con 61 puntos, ubicando nuevamente los resultados en el nivel ORO, como la certificación más común de la muestra tomada.

De la categoría de Sitios sostenibles, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 59% de la muestra, alcanzo puntuaciones entre 16.88 y 23,63, en donde se ubican el valor con mayor frecuencia de la muestra (MODA) que da 17 puntos y el valor central de la muestra (MEDIANA) que da 20 puntos.

De la categoría de Eficiencia de agua, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 60% de la muestra, alcanzó puntuaciones entre 7.50 y 10.50, en donde se ubican el valor con mayor frecuencia de la muestra (MODA) que da 10 puntos y el valor central de la muestra (MEDIANA) que da 8.50 puntos.

De la categoría de Energía y Atmosfera, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 42.5% de la muestra, alcanzó puntuaciones entre 10.25 y 18.50, en donde se ubican el valor con mayor frecuencia de la muestra (MODA) que da 11 puntos y el valor central de la muestra (MEDIANA) que da 16 puntos.

De la categoría de Materiales y Recursos, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 38.75% de la muestra, alcanzó puntuaciones entre 5.00 y 6.25, en donde se ubican el valor con mayor frecuencia de la muestra (MODA) que da 6 puntos y el valor central de la muestra (MEDIANA) que da 5 puntos.

De la categoría de Calidad ambiental interior, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 38.75% de la muestra, alcanzó puntuaciones entre 3.25 y 6.50, en donde se ubican el valor con mayor frecuencia de la muestra (MODA) que da 5 puntos y el valor central de la muestra (MEDIANA) que da 4 puntos.

De la categoría de Innovación, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 33.75% de la muestra, alcanzó puntuaciones entre 3.75 y 4.13, en donde se ubican el valor con mayor frecuencia de la muestra (MODA) y el valor central de la muestra (MEDIANA) con 4 puntos.

De la categoría de Créditos de prioridad regional, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 57.50% de la muestra, alcanzó puntuaciones entre 3.50 y 4.00, en donde se ubican el valor con mayor frecuencia de la muestra (MODA) y el valor central de la muestra (MEDIANA) con 4 puntos.

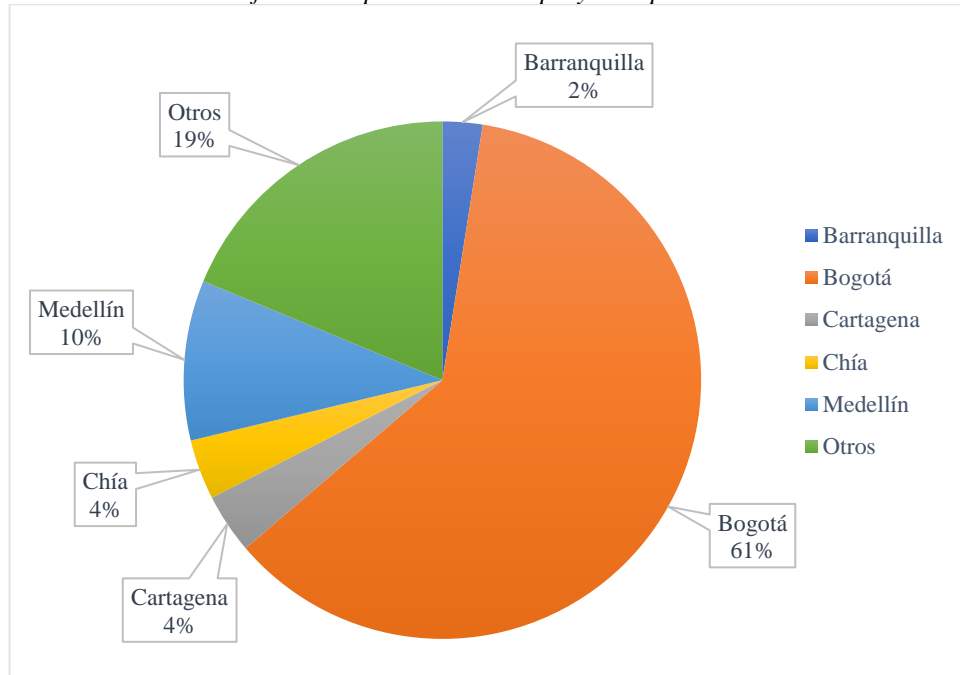
De la categoría de Créditos del proceso integrativo, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 97.5% de la muestra, no tiene puntuación, esta categoría casi no está desarrollada o utilizada para puntuación en la muestra.

De la categoría de Ubicación y transporte, en la **gráfica** y la **Tabla**, se puede evidenciar que el 96.25% de la muestra, no tiene puntuación, esta categoría casi no está desarrollada o utilizada para puntuación en la muestra.

Con estos resultados se puede evidenciar que las categorías más desarrolladas o trabajadas en los proyectos para la certificación LEED, son las categorías de sitios sostenibles, Eficiencia de agua y Energía y atmosfera. Así mismo se puede evidenciar que las categorías menos desarrolladas o trabajadas en los proyectos de muestra en Colombia, son Créditos del proceso integrativo y la categoría de Ubicación y transporte.

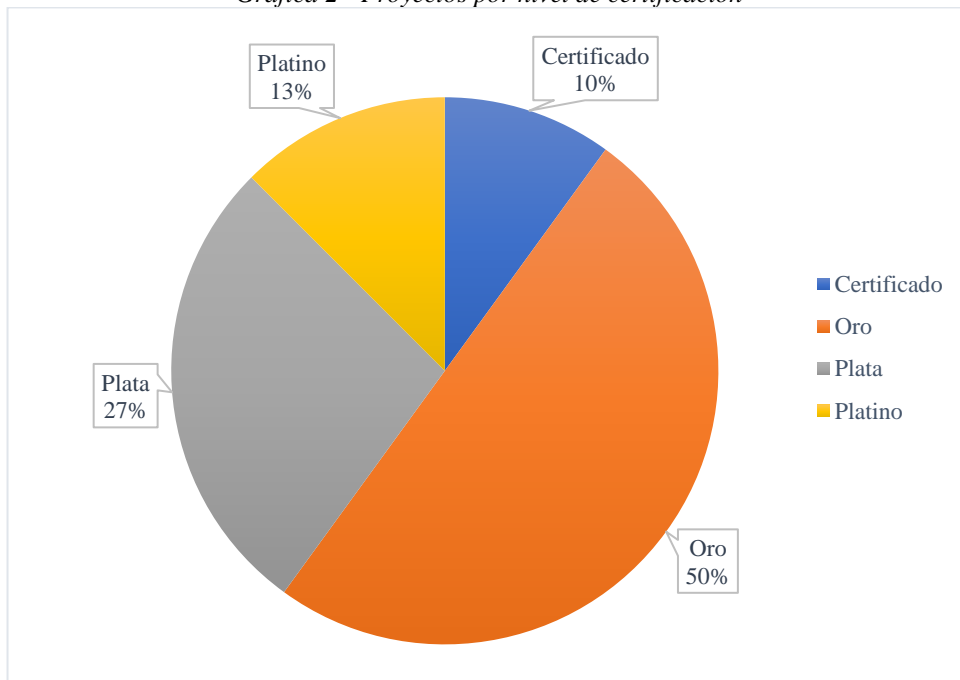
Gráficas

Gráfica 1 - Representación de proyectos por ciudad



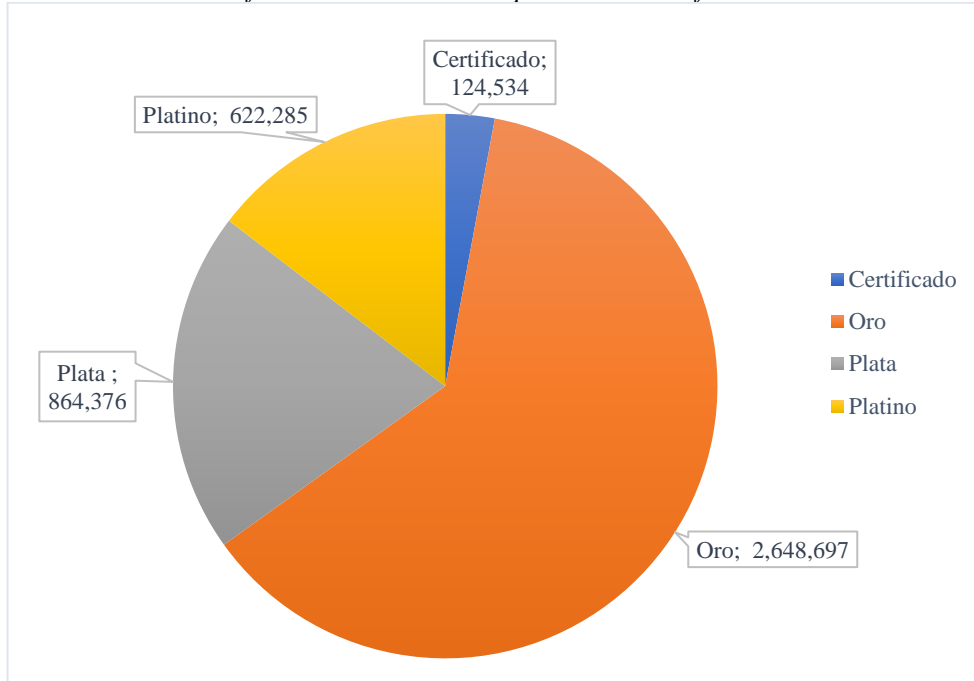
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2 - Proyectos por nivel de certificación



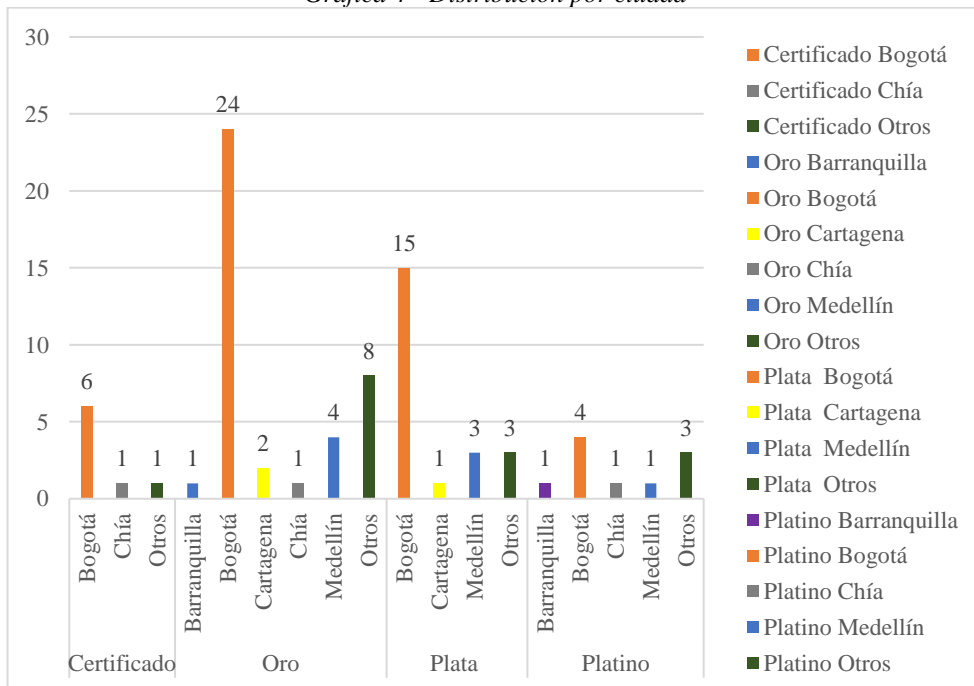
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3 – Distribución M² por nivel de certificación



Fuente: Elaboración propia

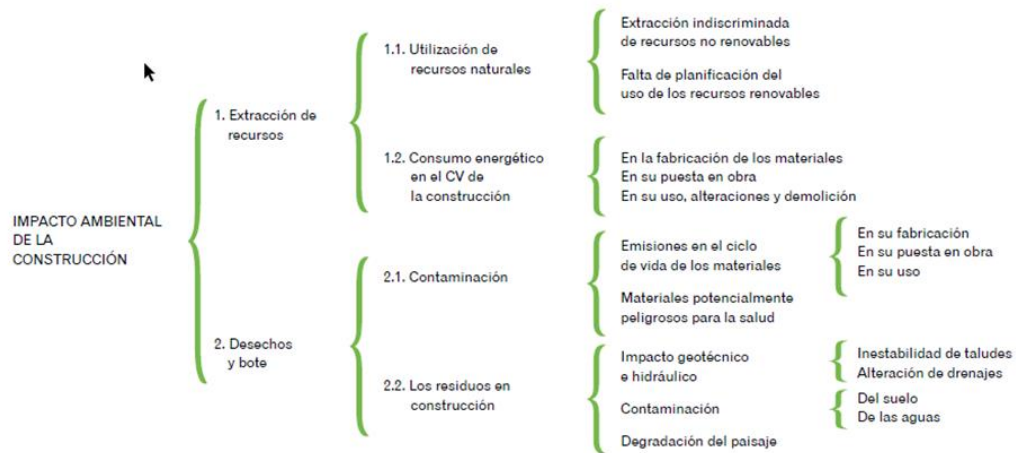
Gráfica 4 - Distribución por ciudad



Fuente: Elaboración propia

Ilustraciones

Ilustración 1 - Impacto ambiental de la construcción



Fuente: (Acosta, 2009).

Ilustración 2. Objetivos de desarrollo sostenible para Construcción



Fuente: (Green Building & the Sustainable Development Goals | World Green Building Council, n.d.)

Ilustración 3. Cálculo del tamaño de la muestra

Calcula el tamaño de la muestra

Tamaño de la población ⓘ

Nivel de confianza (%) ⓘ

Margen de error (%) ⓘ

Tamaño de la muestra

77

Fuente: SurveyMonkey, recuperado 10 octubre 2020

Tablas

Con la investigación realizada podemos concluir:

- Con el paso del tiempo, las constructoras son cada vez más conscientes de la importancia de gestionar la sostenibilidad ambiental, no solamente en la ejecución propia, sino también en toda la cadena de valor, para que realmente marquen una diferencia en el entorno.

- La construcción sostenible se refiere al diseño, construcción y operación de edificios que son responsables con el medio ambiente, económicamente beneficiosos y además saludables para trabajar y vivir. Han sido pensados y fundamentados desde el diseño arquitectónico, promoviendo un adecuado uso de los recursos naturales, la reutilización de estos, la diversificación energética, una adecuada selección de materiales y un adecuado uso de procesos constructivos.

- La urbanización, el crecimiento poblacional y de ingresos económicos están conduciendo hacia un boom de la construcción en los países en vías de desarrollo, la mayoría duplicará su entorno construido en los próximos 30 a 40 años y tenemos una oportunidad única de evitar el agotamiento de los recursos, el hambre y las altas emisiones si no se actúa ahora.

- El desarrollo de proyectos de construcción sostenible en Colombia se encuentra en mayor parte concentrado en la ciudad capital del país, considerando importante la expansión a ciudades pequeñas pero que pueden representar un cambio importante en el uso de los recursos, mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

- Es importante incentivar el desarrollo sostenible a lo largo del país, ya que es una forma de impulsar la economía nacional, aprovechando los recursos naturales y generando menos impacto ambiental.

- En Colombia se utilizan diferentes certificaciones sostenibles, pero esta se debe escoger

por el tipo características sostenibles y como se van a desarrollar en el edificio.

- La Green Business Certification Inc (Gbc)(Green Business Certification Inc, n.d.), destaca que la Certificación LEED es la más exitosa y la más usada en el país a cierre del 2019 con 394 proyectos inscritos.

- De acuerdo con la muestra tomada se puede concluir que la certificación ORO y PLATA, son las más destacadas y apropiadas por las construcciones sostenibles en nuestro país.

- Se han desarrollado hasta el momento 9 categorías sostenibles dentro de la Certificación LEED, pero se puede evidenciar que categorías de créditos del proceso integrativo y la categoría de ubicación y transporte no tienen un desarrollo significativo en Colombia, por lo cual es importante analizar el desarrollo de estas en nuestro país.

- Con los resultados estudiados de la muestra tomada se puede evidenciar que las categorías más utilizadas en la construcción sostenible en el país; son las categorías de Sitios sostenibles, Eficiencia de agua y Energía y atmosfera.

- En definitiva, se puede decir que el avance de Colombia en la construcción sostenible es tremendo y demuestra claramente que el sector público y privado han obtenido el compromiso de cumplir con estándares de construcción que tengan menos impacto en el ecosistema que vivimos y al mismo tiempo permitimos el desarrollo sostenible de nuestra ciudad. Esto no significa que debamos estar satisfechos, al contrario, muestra que debemos seguir avanzando, y nos invita a proponer nuevas medidas que ayuden a alcanzar metas superiores.

-

Referencias

- Acevedo Agudelo, H., Vásquez Hernández, A., Ramírez Cardona, D. A., & Universidad Nacional de Colombia. (2012). Sostenibilidad Actualidad Y Necesidad En El Sector De La Construcción En Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(1), 105–118.
- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: CONCEPTOS, PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS. *Revista de Arquitectura Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile*, 1982, 14–23.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2010). *Programa LEED® en Colombia – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS*.
<https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-lead/>
- Davis Langdon. (2008). World Construction 2007–2008. *Europe*.
- Eficiencia Energética Chile. (n.d.). *Certificación LEED*. Retrieved September 17, 2020, from <https://www.eechile.cl/certificacion-lead/>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). An evaluation of environmental impacts of construction projects. *Revista Ingenieria de Construccion*, 29(3), 234–254.
<https://doi.org/10.4067/s0718-50732014000300002>

(n.d.). Retrieved August 30, 2020, from <https://www.unfpa.org/publications/state-world-population-2007>

Green building & the Sustainable Development Goals / World Green Building Council. (n.d.).

Retrieved August 30, 2020, from <https://www.worldgbc.org/green-building-sustainable-development-goals>

Gurgun, A. P., & Arditi, D. (2018). Assessment of energy credits in LEED-certified buildings based on certification levels and project ownership. *Buildings*, 8(2).

<https://doi.org/10.3390/buildings8020029>

Jarama Pulla, L. F., & Uzhca Criollo, B. X. (2016). *Ecoetiquetas para materiales de construcción en mampostería de la ciudad de Cuenca*. 175.

La extracción de materias primas se triplicó en 40 años, según el PNUMA / Noticias ONU.

(n.d.). Retrieved August 30, 2020, from <https://news.un.org/es/story/2016/07/1361141>

Minambiente reglamenta manejo y disposición de residuos de construcción y escombros /

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (n.d.). Retrieved August 30, 2020, from

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2681-minambiente-reglamenta-manejo-y-disposicion-de-residuos-de-construccion-y-escombros>

Ministerio de Vivienda, C. y T. (2015). Resolución 0549 del 10 Julio de 2015. In *Porcentajes mínimos de ahorro de agua y energía de las construcciones* (pp. 1–10).

Ribero, Ó., Garzón, D., Alvarado, Y., & Gasch, I. (2016). Economic benefits of LEED certification: A case study of the Centro Ático building [Beneficios económicos de la certificación LEED. Edificio Centro Ático: Caso de estudio]. *Revista Ingeniería de*

Construcción, 31(2), 139–146. [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s20-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s20-84985024379&partnerID=40&md5=3178652d18a31508257152d5ed848708)

84985024379&partnerID=40&md5=3178652d18a31508257152d5ed848708

Romero Gil, I. (2019). *Efectos ambientales en fase de construcción*.

<https://riunet.upv.es:443/handle/10251/118400>

SurveyMonkey. (n.d.). *Calculadora del tamaño de muestra: qué son los tamaños de muestra*.

Retrieved September 13, 2020, from <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>

Todd, J. A., Pyke, C., & Tufts, R. (2013). Implications of trends in LEED usage: Rating system design and market transformation. *Building Research and Information*, 41(4), 384–400.

<https://doi.org/10.1080/09613218.2013.775565>

U.S. Green Building Council. (n.d.). *Proyectos | Consejo de Construcción Ecológica de EE. UU.*

Retrieved September 14, 2020, from

<https://www.usgbc.org/projects?Country=%5B%22Colombia%22%5D>

U.S. Green Building Council. (2016). *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System*. www.usgbc.org

U.S. Green Building Council. (2017). *Guía de Conceptos Básicos de Edificios verdes y LEED (Core Concepts and LEED Guide)* (Vol. 2). [http://www.spaingbc.org/files/Core Concepts Guide_ES.pdf](http://www.spaingbc.org/files/Core%20Concepts%20Guide_ES.pdf)

United Nations Environment Programme. (2009). Submission of the United Nations

Environment Programme (UNEP) Sustainable Building Initiative (SBCI) to the Ad Hoc

Working Group on Long-Term Cooperative Action under the Convention (AWG-LCA).

United Nations Environment Programme, April 2009.

US Green Building Council. (n.d.). *USGBC homepage | U.S. Green Building Council*. Retrieved

August 30, 2020, from <https://www.usgbc.org/>

Valverde Farré, A., Chavarro Ayala, D., & Álvarez López, A. E. (2017). Una aproximación al sistema voluntario de certificación de edificios denominado “Bogotá Construcción Sostenible”. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXVIII(3), 71–85.