

Identificación y análisis de estrategias para promover la implementación de criterios de sostenibilidad en la industria de la construcción de países en desarrollo con un contexto similar al colombiano.

Manuel Yesid Durán Prada

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Silvia Juliana Tijo López

PhD. In Building Construction

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías físico-mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Este proyecto de grado está dedicado a mi familia: a mi madre, Olga Isabel, a mi difunto padre, Ariel, y a mis hermanos, Cristian y Steven. Su apoyo incondicional ha sido fundamental en mi paso por la universidad. Además, quiero dedicar este logro a mi pareja, Karen Yuset, quien ha sido mi más grande apoyo y compañía, brindándome amor en todo momento.

Agradecimientos

En este apartado, quiero ofrecer un pequeño pero importante agradecimiento a Alexander Zúñiga y a Jorge Augusto, por apadrinarme en un momento significativo como lo fue la muerte de mi padre.

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 12 |
| 1. Objetivos..... | 14 |
| 1.1 Objetivo General..... | 14 |
| 1.2 Objetivos específicos | 14 |
| 2. Marco conceptual..... | 15 |
| 2.1 Sostenibilidad..... | 15 |
| 2.1.1 Sistema humano..... | 15 |
| 2.1.2 Sistema ecológico | 15 |
| 2.1.3 Sistema socio-ecológico..... | 16 |
| 2.2 Construcción sostenible | 16 |
| 2.3 Estrategias de construcción sostenible..... | 17 |
| 2.4 Impulsores de la construcción sostenible y estrategias gubernamentales o de entidades relacionadas..... | 18 |
| 3. Metodología | 19 |
| 3.1 Selección de las unidades de estudio | 20 |
| 3.2 Búsqueda de información de unidades de estudio | 25 |
| 4. Resultados..... | 26 |
| 4.1 Políticas y estrategias implementadas para promover las prácticas de construcción sostenible | 27 |
| 4.2 Revisión planes de estudio de programas de Ing. Civil y Construcción..... | 33 |
| 5. Evaluación de viabilidad..... | 35 |

| | |
|---|----|
| 5.1 Fortalecimiento de los programas de pregrado en ingeniería civil con materias de construcción sostenible..... | 36 |
| 5.2 Implementación de directrices para combatir el efecto isla de calor y el aumento del caudal de escorrentía superficial | 38 |
| 5.3 Aplicación de descuentos en el impuesto predial unificado para propiedades que implementen prácticas de construcción sostenible | 40 |
| 5. Conclusiones | 41 |
| 6. Recomendaciones | 43 |
| Referencias Bibliográficas | 43 |

Lista de Tablas

| | Pag. |
|---|-------------|
| Tabla 1 Coeficientes de Silhouette según K | 24 |
| Tabla 2 Unidades de estudio | 25 |
| Tabla 3 Estrategias de Construcción sostenible..... | 28 |
| Tabla 4 Revisión planes de estudio..... | 34 |

Lista de Figuras

| | Pag. |
|---|-------------|
| Figura 1 Relación entre ODS y construcción sostenible | 17 |
| Figura 2 Algoritmo usado en Orange para la agrupación de datos | 23 |
| Figura 3 Frecuencia de las temáticas de construcción sostenible | 35 |
| Figura 4 Parámetros de puntuación Cuota ambiental de Sao Paulo | 40 |

Glosario

Construcción sostenible: la construcción sostenible se refiere a la aplicación de prácticas y técnicas en el diseño, construcción, renovación, mantenimiento y demolición de edificaciones que minimizan el consumo de energía y recursos, así como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta filosofía busca crear entornos construidos más saludables y eficientes, promoviendo el uso responsable de los recursos naturales y considerando el impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida de un edificio (Nguyen et al., 2016).

Edificio sostenible: una edificación sostenible se caracteriza por ser un proyecto integral que incorpora prácticas y técnicas diseñadas para minimizar el impacto ambiental y maximizar el bienestar de sus ocupantes. Estas edificaciones se centran en el uso eficiente de recursos naturales, como energía y agua, así como en la reducción de residuos y emisiones contaminantes. Además, se preocupan por proporcionar espacios interiores saludables y confortables que promuevan la salud, la felicidad y el bienestar de quienes los habitan (CONPES 3919 Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, 2018).

Eficiencia energética: la eficiencia energética se refiere al uso óptimo de la energía para lograr un resultado deseado, minimizando el desperdicio y maximizando el rendimiento. Implica adoptar estrategias y tecnologías que reduzcan el consumo de energía en diferentes procesos y actividades, lo que resulta en ahorros económicos, una gestión más sostenible de los recursos naturales y una menor emisión de gases de efecto invernadero (Clúster de construcción de Santander, 2024).

Energías renovables: las energías renovables son fuentes de energía que provienen de recursos naturales que son virtualmente inagotables y se regeneran de forma continua, como la luz solar, el viento, la biomasa, la energía hidráulica, los océanos y el calor interno de la Tierra (geotermia).

Estas energías son una alternativa crucial frente a las fuentes tradicionales de energía, como los combustibles fósiles, ya que ayudan a reducir la dependencia de recursos finitos y a mitigar el cambio climático al producir menos emisiones de gases de efecto invernadero (Clúster de construcción de Santander, 2024).

Gestión de residuos de construcción y demolición: se refiere a la gestión integral de los desechos generados durante el proceso de construcción, demolición y renovación de estructuras. Esto incluye la recolección, clasificación, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos de manera ambientalmente responsable y conforme a la normativa vigente (Clúster de construcción de Santander, 2024).

Huella de carbono: la huella de carbono es un indicador que sintetiza los impactos ambientales de las actividades humanas, especialmente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂). Permite medir las emisiones a lo largo de la cadena de suministro, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final de productos. Es una herramienta clave para evaluar la eficiencia energética y la gestión ambiental de una organización, facilitando la adopción de medidas para reducir las emisiones y mejorar la sostenibilidad. Sin embargo, es importante reconocer y abordar la incertidumbre inherente a los cálculos de la huella de carbono para una interpretación precisa de los resultados (Valderrama et al., 2011).

Resumen

Título: Identificación y análisis de estrategias para promover la implementación de criterios de sostenibilidad en la industria de la construcción de países en desarrollo con un contexto similar al colombiano.

Autor: Manuel Yesid Durán Prada

Palabras Clave: Construcción sostenible, Países en desarrollo, Estrategias de promoción, Políticas Nacionales, Normas de construcción, Incentivos fiscales, Incentivos financieros, Planes de estudio.

Descripción: Este estudio se enfoca en examinar las estrategias adoptadas por países en desarrollo para fomentar prácticas sostenibles en la industria de la construcción. El objetivo principal es analizar las estrategias empleadas por gobiernos y entidades asociadas en naciones con contextos socioeconómicos y ambientales similares al de Colombia, con el fin de evaluar la viabilidad de implementar dichas acciones para promover la construcción sostenible a nivel nacional. La selección de los países objeto de estudio se llevó a cabo mediante una metodología de agrupación de datos K-means en el entorno de análisis de datos Orange, utilizando como insumos índices de desarrollo y competitividad global, centrándose en los países tropicales de la agrupación formada. La información recopilada sobre las estrategias para incentivar la sostenibilidad en la construcción permitió identificar la necesidad de implementar estrategias en el contexto colombiano como incluir asignaturas sobre construcción sostenible en los programas de ingeniería civil, implementar regulaciones para combatir el efecto isla de calor y mantener el balance hídrico en municipios densamente poblados e incluir descuentos en el impuesto predial unificado para propiedades que adopten prácticas de construcción sostenible. Esta investigación pretende ofrecer un panorama de las estrategias que podrían ser aplicables en el contexto colombiano, contribuyendo así al desarrollo sostenible del país en el sector de la construcción.

Abstract

Title: Identification and analysis of strategies to promote the implementation of sustainability criteria in the construction industry of developing countries with a similar context to Colombia.

Author(s): Manuel Yesid Durán Prada

Key Words: Sustainable construction, Developing countries, Promotion strategies, National policies, Construction standards, Tax incentives, Financial incentives, Study plans.

Description: This study focuses on examining the strategies adopted by developing countries to promote sustainable practices in the construction industry. The main objective is to analyze the strategies employed by governments and associated entities in nations with socioeconomic and environmental contexts similar to Colombia's, in order to assess the feasibility of implementing such actions to promote sustainable construction at the national level. The selection of the countries under study was carried out through a K-means data clustering methodology in the Orange data analysis environment, using development and global competitiveness indexes as inputs, focusing on the tropical countries of the cluster formed. The information gathered on strategies to encourage sustainability in construction allowed identifying the need to implement strategies in the Colombian context such as including subjects on sustainable construction in civil engineering programs, implementing regulations to combat the heat island effect and maintain the water balance in densely populated municipalities, and including discounts in the unified property tax for properties that adopt sustainable construction practices. This research aims to provide an overview of strategies that could be applicable in the Colombian context, thus contributing to the country's sustainable development in the construction sector.

Introducción

La industria de la construcción, en su papel protagonista dentro de la sostenibilidad, impacta sus tres pilares principales, sociedad, medioambiente y economía (Darko et al., 2017). Esto, porque las personas pasan gran parte de su vida en el entorno construido y tradicionalmente la construcción requiere de un gran uso de materias primas. Además, las edificaciones son responsables de gran parte de las emisiones de CO₂ y del consumo energético. Por lo tanto, en los últimos años se ha creado una disposición por partes interesadas en la industria de la construcción por desarrollar y mejorar las prácticas sostenibles implementadas (Chan et al., 2017). No obstante, el interés de implementar prácticas sostenibles en la construcción, también nace por incentivos. En la literatura estos se han registrado como internos y externos, de los cuales los externos son en gran medida promovidos por entes gubernamentales o relacionadas a estas (Olubunmi et al., 2016).

Mientras que en países desarrollados hay una avanzada implementación de prácticas sostenibles en la construcción, en muchas naciones en vías de desarrollo la adopción de tecnologías y técnicas sostenibles en la construcción no ha sido tan prominente. Uno de los factores que puede influir en esto son las diferencias que hay entre los dos grupos de países, como el grado de avance en tecnología, diferencias en la productividad laboral y el hecho de que una parte considerable de la industria de la construcción en países en vías de desarrollo se basa en la informalidad (Lizarralde et al., 2013). Por lo tanto, puede intuirse que muchas de las estrategias implementadas en países desarrollados podrían no tener resultados similares en países en desarrollo.

Colombia, como representante de un país en desarrollo, no ha sido ajena a esta dinámica. Aunque cuenta con una ordenanza formal para la construcción sostenible, plasmada en la resolución 0549 de 2015 del ministerio de vivienda, ciudad y territorio, la brecha entre la teoría y

la práctica persiste, por lo que no es suficiente con tener políticas y estándares, sino que se debe procurar que realmente sean llevados a la práctica. La implementación efectiva de estrategias de promoción y regulación de las prácticas de construcción sostenible se torna crucial. Sin embargo, se evidencia una falta de estudios relacionados con el tema en países en desarrollo. Uno de los escasos estudios dedicados a recopilar las estrategias que se han implementado para promover prácticas de construcción sostenible y que incluya países en desarrollo fue el realizado por Hong-Trang en 2016 (Nguyen et al., 2016). Aun así, este estudio se enfocaba en países con un alto grado de vulnerabilidad al cambio climático y no usaba factores directamente socioeconómicos para incluir las unidades de estudio.

En este contexto, este proyecto de investigación se propone identificar y analizar las estrategias utilizadas para fomentar y regular la adopción de criterios de sostenibilidad en la industria de la construcción de países en desarrollo con características ambientales, sociales y económicas similares a las de Colombia. Con este fin se determinó que la metodología usada para limitar las unidades de estudio sería el uso de la técnica de agrupación de datos K-means en base a información de índices de desarrollo humano (IDH) e índices de competitividad global (ICG) para posteriormente aplicar un filtro seleccionando solo los países que son denominados como tropicales. A través de este análisis se buscó identificar las estrategias que han incentivado el uso de prácticas sostenibles en los casos seleccionados y posteriormente evaluar de forma breve la viabilidad de implementación en el contexto colombiano de tres estrategias seleccionadas. Adicionalmente, se aclara que, aunque las metas finales de la sostenibilidad obedecen a intereses globales, este estudio se centra en los países con igual clasificación climática de Colombia (clima tropical) dado que los desafíos climáticos dependen en gran medida de la posición geográfica.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Proponer estrategias para promover la adopción de criterios de sostenibilidad en la industria de la construcción en Colombia a partir de estrategias de gobernanza implementadas en países en desarrollo con condiciones ambientales, sociales y económicas similares a las de contexto colombiano.

1.2 Objetivos específicos

Definir la metodología y los parámetros para seleccionar los países que cuenten con características ambientales, sociales y económicas similares a Colombia y determinar el tamaño de la muestra a estudiar.

Identificar y analizar las metodologías y estrategias estudiadas o implementadas para promover la adopción de criterios de sostenibilidad en la industria de la construcción de países en desarrollo con condiciones ambientales, sociales y económicas similares a las del contexto colombiano.

Interpretar las estrategias que incentivan el uso de criterios de sostenibilidad en la industria de la construcción de los casos seleccionados y evaluar la viabilidad de las estrategias que sean propuestas para Colombia.

2. Marco conceptual

A continuación, se presenta el marco conceptual incluyendo términos claves y antecedentes que permiten la orientación teórica necesaria para el desarrollo del proyecto de investigación y a su vez dotan de justificación académica el mismo. En primer lugar, se define la sostenibilidad y la construcción sostenible para después hablar de la relación que tiene las estrategias de construcción sostenible con los objetivos de desarrollo sostenible, por último, se examina brevemente los impulsores de la construcción sostenible. Así como los diversos programas que el gobierno o instituciones relacionadas con este implementan para promoverla.

2.1 Sostenibilidad

La palabra sostenibilidad es comúnmente usada en la actualidad, sin embargo, su definición no siempre es entendida de forma correcta. La palabra sostenibilidad hace referencia a la capacidad de sostener de forma dinámica unas condiciones esenciales en el tiempo (Gallopín, 2003). Por consiguiente, es importante acotar el sistema con el que se relaciona la sostenibilidad. Principalmente se ha hablado de tres sistemas, el sistema humano, el sistema ecológico y el sistema socio-ecológico.

2.1.1 Sistema humano

En este sistema las personas juegan el papel central, lo más importante es la economía y la preservación de las condiciones del capital humano, allí la naturaleza cumple únicamente un rol de suministrar recursos.

2.1.2 Sistema ecológico

En este el ente principal es la naturaleza y la sostenibilidad hace referencia a conservar las condiciones de esta incluso si esto puede causar retroceso para las personas.

2.1.3 Sistema socio-ecológico

Aquí, tanto la sociedad como la naturaleza juegan roles de anfitrión e interactúan entre sí, se centra en preservar tanto el capital humano como la naturaleza sin causar afectaciones en los dos. Por varios años se habló de la sostenibilidad de este sistema como la meta a lograr. Ahora bien, actualmente no se habla solo de sostenibilidad ya que esta implica no hacer cambios significativos en las condiciones esenciales por lo que el termino más adecuado es el desarrollo sostenible y en general cuando nombramos sostenibilidad hacemos referencia al desarrollo sostenible (Gallopín, 2003).

2.2 Construcción sostenible

En 1973 Holanda planteo por primera vez la construcción sostenible como una herramienta para minimizar el consumo excesivo de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria de la construcción y en 2007 el US Green Building Council definió la construcción sostenible como la práctica de crear y utilizar modelos de construcción, renovación, mantenimiento y demolición más saludables y eficientes en el uso de recursos (Nguyen et al., 2016). Por otra parte, el documento CONPES 3919 del Consejo Nacional de Política Economía y Social de la república de Colombia (CONPES, 2018) define a las edificaciones sostenibles como “un concepto integral que abarca el uso racional de recursos naturales ofrece a los usuarios espacios que impactan positivamente en la salud, la felicidad y el bienestar, a través de entornos prósperos y saludables que respetan el ambiente, los ecosistemas y la biodiversidad” (32).

Para lograr una construcción con las propiedades antes mencionadas, los diseñadores deben considerar las características climáticas y ecológicas del entorno (Landaeta Gordillo, 2019), incluyendo estrategias ya ampliamente estudiadas.

2.3 Estrategias de construcción sostenible

Se entiende por estrategias de construcción sostenible como metas a lograr implementar en un proyecto, estas estrategias son medidas por indicadores o criterios que permiten controlar el cumplimiento o grado de implementación de las metas propuestas. En particular, es importante mencionar que las estrategias de construcción sostenible están relacionadas directamente con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (Clúster de construcción de Santander, 2024; World Green Building Council, 2023).

Figura 1

Relación entre ODS y construcción sostenible



Nota. Esta figura muestra la relación entre los ODS y la construcción sostenible.

La figura 1 muestra la relación de los ODS con la construcción sostenible y menciona algunas de las estrategias de diseño y construcción que pueden ser adoptadas. Como se mencionó anteriormente, la construcción sostenible aporta a las metas planteadas por la organización de naciones unidas para el desarrollo en el marco de los ODS. Por lo tanto, los países vinculados a este acuerdo (como es el caso de Colombia) deben prestar especial atención a la industria de la construcción y la implementación de estrategias sostenibles para cumplir sus compromisos pactados.

2.4 Impulsores de la construcción sostenible y estrategias gubernamentales o de entidades relacionadas.

Darko et al. (2017), identificó 64 impulsores de la construcción sostenible los cuales clasificó en 5 grupos, impulsores a nivel de empresa (como beneficios de publicidad o alto rendimiento de la inversión) , impulsores a nivel de propiedad (como ahorro de energía, conservación del agua o mayor longevidad del edificio), impulsores a nivel de proyecto (como reducción de residuos, reducción de los costes de construcción y aumento en la seguridad de los trabajadores), impulsores externos (como educación y formación, planes de incentivos, normativa y política gubernamental) e impulsores a nivel individual (como conciencia social y compromiso personal). De esta clasificación, los impulsores externos en su mayoría hacen referencia a programas del gobierno o de entidades relacionadas con este, las cuales son el foco de esta investigación.

Por otro lado, Nguyen et al. (2016) clasificó estos programas o políticas en 5 grupos que se describen a continuación:

2.4.1 Planificación estratégica

Incluye programas gubernamentales para reaccionar al cambio climático como la integración de la eficiencia energética y las energías renovables.

2.4.2 Regulaciones Coercitivas

Se refiere a requisitos de carácter obligatorio para la implementación de medidas ecológicas.

2.4.3 Instrumentos financieros

Incluyendo incentivos económicos o fiscales para incentivar temas como la adopción de energías renovables y las inversiones respetuosas con el medio ambiente.

2.4.4 Incentivos de abogacía

Hace referencia a la promoción de la construcción sostenible mediante campañas de concienciación pública y reconocimientos.

2.4.5 Programas Internacionales

Incluye colaboraciones con organizaciones internacionales para desarrollar programas que fomenten el desarrollo de construcción sostenible.

3. Metodología

A continuación, se presenta un estudio de caso múltiple en el que se estudiaron las estrategias, programas y políticas que han puesto en marcha los gobiernos o entidades relacionadas de 14 países (incluido Colombia) seleccionados de manera cuidadosa, para que las unidades de estudio guardaran similitud en características ambientales, sociales y económicas al contexto

colombiano. Esto, con el objetivo de identificar patrones o puntos destacados en las medidas que han tomado para promover la implementación de prácticas de construcción sostenible.

3.1 Selección de las unidades de estudio

Para la selección de las unidades de estudios se usaron dos índices compuestos, el Índice de Desarrollo Humano (IDH) publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNDU) y el Índice de Competitividad Global (ICG) publicado por el Foro Económico Mundial, con estos datos se usó la técnica de agrupación de datos K-means en el entorno de análisis de datos Orange, así mismo se realizó una técnica de validación interna de grupos con el coeficiente de Silhouette para verificar la calidad de los grupos y poder seleccionar la mejor agrupación. Posterior a esto, se seleccionaron los países que cuentan con clima tropical. Con esto, las unidades de estudio seleccionadas cuentan no solo con características sociales y económicas similares sino también con características ambientales parecidas.

3.1.1 Índice de Desarrollo Humano (IDH)

En 1990 PNDU creó el IDH como una respuesta a la necesidad de medir el desarrollo humano, este índice compuesto tiene en cuenta factores relacionados con la salud, la educación y los ingresos (Salazar & García, 2014). Bajo este índice, los países pueden clasificarse en, desarrollo humano muy elevado (IDH mayores a 0.8), desarrollo humano elevado (IDH de 0.7 a 0.7999), desarrollo humano medio (IDH de 0.55 hasta 6.999) y desarrollo humano bajo (IDH menores a 0.55). En los datos compartidos por PNDU en el informe de desarrollo humano de 2023-2024 se incluyeron 193 países (United Nations Development Programme, 2024).

3.1.2 Índice de Competitividad Global (ICG)

El ICG fue desarrollado por el foro económico mundial como una herramienta para evaluar la capacidad de los países en lograr un crecimiento económico sostenible y la eficiencia en factores

de producción, este índice compuesto tiene como pilares Instituciones, Infraestructuras, adopción de las TIC, Estabilidad macroeconómica, Salud, Competencias, Mercado laboral, Sistema financiero, Tamaño de mercado, Dinamismo empresarial y Capacidad de innovación. En los últimos datos compartidos en el informe de competitividad global el foro económico mundial incluyó 141 países (The World Economic Forum, 2019).

3.1.3 K-MEANS

La técnica K-means se escogió debido a varias características con las que cuenta, como que permite evaluar los dos índices seleccionados en un mismo espacio de dos dimensiones, es decir los grupos se forman teniendo en cuenta tanto el IDH como el ICG de manera simultánea. Adicionalmente, permite escoger el número de grupos que se desea tener (Bing Liu, 2011). A continuación, se describe en términos prácticos el proceso que usa la técnica K-means (Bing Liu, 2011):

1. “ubica los puntos en un espacio 2D”, en el que el eje X y Y serán las dos variables de las unidades a estudiar (IDH y ICG).

2. Se ubican de manera aleatoria en el espacio 2D el número de centroides K que se desea tener, es decir, el número de grupos que se desea formar.

3. El algoritmo mide las distancias de cada punto (unidad de estudio) a todos los centroides y los agrupa con el más cercano.

4. Se recalcula la posición de los centroides de acuerdo con los puntos que se les asignaron.

5. El algoritmo itera repitiendo los dos pasos anteriores hasta que las posiciones de los centroides no varían.

Como se ha descrito anteriormente, para aplicar esta técnica es necesario escoger el número “K” de grupos que se desea formar, por lo tanto, para saber cuál es el número K que se adapta

mejor al conjunto de datos en cuestión, se ha usado una métrica de evaluación de clustering de validación interna. La validación interna tiene en cuenta solo información de los datos de cada unidad. Por otro lado, la validación externa usa información del exterior para evaluar su formación, En este estudio se busca obtener una similitud con una unidad en particular (Colombia) por lo tanto se escogió la técnica de validación interna mediante el coeficiente de Silhouette, el cual el software Orange nos permite calcular, dicho coeficiente tiene en cuenta la cohesión y la separación de los grupos. Este coeficiente puede variar entre -1 a 1 y entre más cercano sea este valor a 1, mejor es el agrupamiento hecho (Jonathan Ramírez, 2018). La ecuación (1) representa el cálculo que debe hacerse para obtener el coeficiente de Silhouette de un punto X definido, mientras que la ecuación (2) es el cálculo para obtener el coeficiente de Silhouette para todo el agrupamiento.

$$S(x) = \frac{b(x) - a(x)}{\max\{a(x), b(x)\}} \quad (1)$$

$$SC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S(x) \quad (2)$$

Donde:

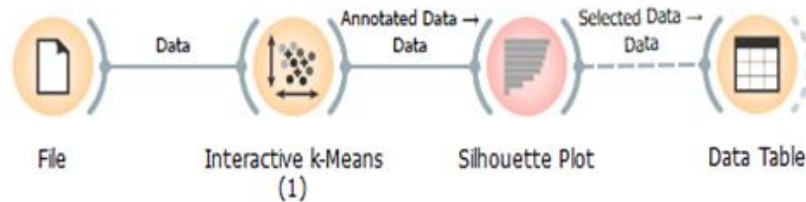
a(x): Promedio de la distancia de x a todos los demás puntos en el mismo clúster.

b(x): Promedio de la distancia de x a todos los demás puntos en el clúster más cercano.

A continuación, se muestran los widgets usados en Orange, así como el algoritmo para la agrupación de datos y la validación mediante el coeficiente de Silhouette. La figura 2, muestra el algoritmo básico usado para la creación y validación de la agrupación, los widgets usados son, File, Interactiva K-means, Silhouette Plot y Data Table.

Figura 2

Algoritmo usado en Orange para la agrupación de datos



Nota. Esta figura muestra el flujo de trabajo hecho en Orange para agrupar los datos y medir el coeficiente de Silhouette para la agrupación.

File: Usado para cargar los datos desde un libro de Excel, allí se encuentran los valores de IDG e ICG de 140 países.

Interactive K-means: Este es el widget usado para la agrupación de los datos mediante la técnica K-means, esta herramienta permite la visualización grafica de los grupos formados.

Silhouette Plot: Widget encargado de calcular los coeficientes de Silhouette de todos los países y a su vez el de los grupos formados.

Data Table: En este caso el widget data table se encarga de visualizar los datos calculados por Silhouette Plot.

Este flujo de trabajo se replicó desde $K=2$ hasta $K=7$, es decir, los datos se agruparon en; 2 clúster; 3 clúster; 4 clúster; 5 clúster; 6 clúster y 7 clúster. Como resultado, la tabla 1 muestra los coeficientes de Silhouette para Colombia y para el grupo en el que esta se ubicaba en cada caso. Además, es importante mencionar que para el agrupamiento de datos se usaron 140 países ya que estos eran los que contaban con la información de IDH y ICG.

Tabla 1*Coefficientes de Silhouette según K*

| K | Silhouette de grupo | Silhouette de Colombia |
|---|---------------------|------------------------|
| 2 | 0.518 | 0.378867 |
| 3 | 0.563 | 0.754910 |
| 4 | 0.556 | 0.678160 |
| 5 | 0.525 | 0.646028 |
| 6 | 0.543 | 0.564637 |
| 7 | 0.536 | 0.689141 |

Nota. Esta tabla muestra los coeficientes de Silhouette según K para el clúster de Colombia y para Colombia.

De los resultados obtenidos se puede observar que las agrupaciones mejor formadas son las de $k=3$, $K=4$ y $K=7$, ya que cuentan con coeficientes de Silhouette relativamente altos. Según lo anterior, y buscando un equilibrio entre una agrupación que no esté segregada en muchos clústeres y una donde las unidades de estudio no tengan características muy diversas, se escogió la agrupación con $K=4$, esta cuenta con un coeficiente de Silhouette para Colombia alto, lo cual significa que en esta agrupación Colombia es una unidad representativa de su grupo, guardando similitud tanto en IDH como en ICG con el resto de las unidades de estudio. En la agrupación mencionada, el clúster al que pertenece Colombia tiene en total 46 países de los cuales solo 14 cuentan con un clima mayormente tropical. Por lo tanto, las 14 unidades seleccionadas para el caso de estudio múltiple son las listadas en la tabla 2.

Tabla 2*Unidades de estudio*

| IDH | ICG | País |
|-------|------|------------|
| 0.823 | 62.8 | Brunéi |
| 0.820 | 61.7 | Panamá |
| 0.806 | 62.0 | Costa Rica |
| 0.803 | 68.1 | Tailandia |
| 0.802 | 59.6 | Seychelles |
| 0.796 | 64.3 | Mauricio |
| 0.781 | 64.9 | México |
| 0.762 | 61.7 | Perú |
| 0.760 | 60.9 | Brasil |
| 0.758 | 62.7 | Colombia |
| 0.726 | 61.5 | Vietnam |
| 0.713 | 64.6 | Indonesia |
| 0.710 | 61.9 | Filipinas |
| 0.644 | 61.4 | India |

Nota. Esta tabla muestra los países seleccionados como unidades de estudio de acuerdo con la metodología descrita.

3.2 Búsqueda de información de unidades de estudio

Como se mencionó anteriormente, este estudio se centra en los impulsores de la construcción sostenible identificados como externos, es decir estrategias de educación y formación, planes de incentivos, normas, políticas gubernamentales y demás estrategias que los gobiernos e instituciones relacionadas a este aplican para promover la construcción sostenible. Ahora bien, los planes de educación y formación en construcción sostenible y el grado de implementación de estos, no es algo que se encuentre en la literatura, es por esto por lo que la búsqueda de información se dividió en dos fases. En la primera fase se buscó en la literatura las estrategias mencionadas sin incluir el componente educación. Sin embargo, dada la limitada disponibilidad de estudios que recopilen información sobre las estrategias implementadas en países

en desarrollo para promover las prácticas de construcción sostenible, se requirió una metodología especialmente minuciosa para la búsqueda y revisión de información específica de cada unidad de estudio. En consecuencia, se llevó a cabo un proceso meticuloso de investigación que implicó la exploración de una amplia gama de recursos relacionados con el tema. Para ello, se emplearon diversas fuentes, incluyendo bases de datos académicas como SCOPUS y Google Scholar, así como recursos disponibles en páginas web, documentos institucionales y normativas específicas de cada país. Es importante destacar que esta búsqueda se procuró realizar tanto en el idioma oficial de cada país, como en el idioma inglés, con el fin de garantizar una cobertura exhaustiva de la información disponible. Este enfoque multifacético permitió obtener una visión detallada de las estrategias adoptadas en cada contexto. En la segunda fase, se realizó una revisión en los planes de estudio de programas de pregrado en ingeniería civil o construcción de universidades públicas y privadas de todas las unidades de estudio, esto se realizó con la finalidad de conocer como dentro de los planes educativos se incluye materias directamente relacionadas con la construcción sostenible, para esto se procuró revisar el mayor número de programas de cada país. Sin embargo, es importante mencionar que no se tuvo acceso a los planes de estudio de todos los programas consultados.

4. Resultados

A continuación, se presenta la información recopilada en las dos fases de búsqueda de información del caso de estudio múltiple. Primero, se muestra los resultados de revisar los planes de estudio de programas de ingeniería civil. Posteriormente, se presentan los resultados de la búsqueda de información sobre las estrategias implementadas en las unidades de estudio, incluyendo Políticas nacionales, regulaciones voluntarias y obligatorias, códigos de construcción

sostenible, sellos nacionales de evaluación de la sostenibilidad y planes de incentivos fiscales y financieros.

4.1 Políticas y estrategias implementadas para promover las prácticas de construcción sostenible

La tabla 3, presenta la información recopilada sobre las estrategias implementadas en los 14 países seleccionados, sin incluir la educación, dado que esta se abordó en la sección 4.2. Analizando las políticas y regulaciones que guardan relación con la construcción sostenible en los países estudiados, se pueden identificar varias similitudes que reflejan un enfoque global hacia la promoción de prácticas más amigables con el medio ambiente y el uso eficiente de recursos. En primer lugar, muchos de los países, a excepción de Brunéi, tienen políticas específicas destinadas a fomentar el uso de energías renovables, ya sea a través de incentivos fiscales, programas de financiamiento preferencial o la implementación de estándares de eficiencia energética en edificaciones. Esto muestra un compromiso compartido con la transición hacia una matriz energética más limpia y sostenible. Por otro lado, la mayoría de los países han establecido normativas para mejorar la eficiencia energética en construcciones y fomentar la edificación sostenible. Estas regulaciones van desde estándares para sistemas de iluminación y aire acondicionado hasta prácticas de diseño arquitectónico que optimizan el uso de recursos. Además, se enfocan en gestionar los residuos de construcción para reducir su impacto ambiental y promover su reutilización y reciclaje. También se destaca la diversidad de las estrategias implementadas en el caso de Brasil, donde se encuentra una mayor cantidad en los tipos de estrategias usadas para impulsar la sostenibilidad en la construcción, incluyendo políticas nacionales dedicadas a la protección ambiental y a la construcción sostenible, regulaciones tanto voluntarias como de carácter obligatorio, incentivos fiscales e incentivos financieros. Además, estas estrategias se

enfocan en los diferentes interesados de la industria, incluyendo a los propietarios con el IPTU verde, siendo esta la estrategia de mayormente desarrollada en el país.

Tabla 3

Estrategias de Construcción sostenible

| País | Estrategia |
|------------|--|
| Brunéi | <p>Protocolo Hijau: establece prácticas para reducir el gasto energético en edificaciones gubernamentales (Brunei Darussalam National Council on Climate Change, 2021).</p> <p>Libro blanco sobre energía: pacta la política energética del país, plantea la diversificación del sector energético y uso de energías renovables a largo plazo, pero en el corto y mediano plazo se enfoca en fortalecer la industria del petróleo y gas (DEPARTAMENTO DE ENERGÍA OFICINA DEL PRIMER MINISTRO BRUNEI DARUSSALAM, 2013).</p> <p>Documento PBD 12 de 2017, Pautas y Requisitos de Construcción: es el código de construcción de Brunéi e incluye algunas cláusulas para mejorar la eficiencia energética de las edificaciones (Ministry of development negara Brunei Darussalam, 2017).</p> |
| Costa Rica | <p>Política Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos 2013 a 2030: promueve tecnologías sostenibles, busca la incorporación de energías renovables y la eficiencia energética, también fomenta la educación y concientización de estas prácticas (Política Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos 2013 a 2030 y Su Plan de Acción, 2014).</p> <p>Ley 7600 y Reglamento de Ley de Igualdad de Oportunidades Para Las Personas con Discapacidad: busca garantizar la igualdad de acceso a las infraestructuras, incluyendo consideraciones de diseño para personas con discapacidad física o mental (Republica de Costa Rica, 1998).</p> <p>Documento PN INTE 06_11_01: RESET: norma que establece requisitos para edificaciones sostenibles en el trópico (INTECO, 2020).</p> <p>VII Plan Nacional de Energía 2015-2030: contempla dentro de sus objetivos establecer mecanismos para incentivar la construcción y operación de edificios energéticamente eficientes (Ministerio de Ambiente y Energia MINAE, 2018).</p> <p>Banco Nacional de Costa Rica: ofrece financiamiento de hasta 95% para viviendas sostenibles (Pérez & Albino, 2017).</p> |
| Panamá | <p>Panamá, el futuro que queremos: traza una guía nacional para el desarrollo energético sostenible hasta 2050, promoviendo activamente el uso de energías renovables y aboga por la implementación de normativas que respalden la transición energética del país (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019).</p> <p>Plan Nacional de Acción Climática (PANAC): se centra en fomentar la adaptación al cambio climático, impulsando políticas de gestión de residuos y eficiencia energética (República de Panamá & Ministerio de ambiente, 2022).</p> |

| | |
|----------|---|
| | <p>Resolución N° 3142 de 2016: establece estándares para ahorro de energía y eficiencia energética en edificaciones (Resolución N° 3142 de 2016 Guía de Construcción Sostenible Para Ahorro de Energía En Edificaciones GO 28165, 2016).</p> <p>Resolución N° 117 de 2013 Reglamento de Aire Acondicionado y Ventilación: proporciona directrices específicas para garantizar la calidad del aire interior, la eficiencia energética y la seguridad de los sistemas de aire acondicionado y ventilación (Reglamento de Aire Acondicionado y Ventilación Resolución 117 de 2013, 2013).</p> <p>Banco de Panamá: ofrece financiamiento preferencial para la instalación de paneles solares (Banco General, 2024).</p> <p>Ley 15 de 2016, Oportunidad Para Personas Discapacitadas: reglamenta medidas arquitectónicas y urbanísticas para brindar accesibilidad a personas con discapacidad (Oportunidad Para Personas Discapacitadas Ley 15 2016, 2016)</p> |
| | <p>Decreto ejecutivo N° 2 de 2008: establece el reglamento de evaluación de impacto ambiental, imponiendo medidas para salvaguardar la salud de los trabajadores de la construcción (Decreto Ejecutivo N° 2 de 2008, 2008).</p> |
| Mauricio | <p>Plan Estratégico de Energías Renovables (RESP) 2018-2023: este plan se centra en varios aspectos clave, como el fomento de tecnologías de energías renovables conectadas a la red eléctrica, la promoción de tecnologías fuera de la red, la optimización de la red eléctrica existente y el avance del transporte sostenible en el país (Renewable Energy Strategic Plan (RESP) 2018 - 2023, 2018).</p> <p>Ley de Control de Edificios de 2011: tiene como objetivo principal establecer pautas para la construcción de estructuras que preserven el medio ambiente (The Building and Land Permit Guide, 2017).</p> |
| Brasil | <p>Planes energéticos 2030 y 2050: presentan la política energética de Brasil a mediano y largo plazo, fomentando el uso de energías renovables, la mejora de la eficiencia energética y la construcción de infraestructura sostenible en todo el país (Empresa de Pesquisa Energética (EPE), n.d.).</p> <p>Cuota ambiental, Municipio de Sao Paulo: conjunto de reglas obligatorias que entran en vigor al construir o renovar edificaciones, su finalidad es combatir el efecto isla de calor, la gentrificación y mantener el balance hídrico (Cuota Ambiental, n.d.).</p> <p>Ley N° 12.305 de 2010: exige a las empresas de construcción civil a elaborar planes de manejo RCD (Ley N° 12.305 de 2010, 2010).</p> <p>Brasil cuenta con procedimientos y herramientas (Ley N° 14.133 de 2021, Decreto N° 7.746 de 2012) que permiten incluir cláusulas en contratos y licitaciones de obras públicas asociadas al monitoreo ambiental y la construcción sostenible (Brauch, 2012).</p> <p>Banco de Brasil y Banco Itaú: ofrecen financiamiento preferencial para proyectos que buscan mejorar la eficiencia energética e hídrica en el sector de la construcción (Banco de Brasil, n.d.; Itaú Unibanco Holding S.A., 2020).</p> <p>IPTU Verde: es el incentivo más desarrollado en Brasil y consiste en descuentos en el Impuesto Predial Territorial Urbano según sea la implementación de prácticas sostenibles en una propiedad y en algunas ciudades puede llegar a ser del 100% (de Lima Accioly et al., n.d.; MUNICÍPIO & DE POÇOS, n.d.).</p> |
| Vietnam | <p>Decisión N° 1266/QĐ-TTg de 2020: establece una estrategia nacional para el desarrollo de materiales de construcción, con el objetivo de utilizar de manera eficiente los recursos naturales, así como reducir el impacto ambiental causado por la minería (Decisión N°</p> |

| | |
|-----------------|---|
| | <p>1266/QD-TTg 2020 Estrategia Para El Desarrollo de Materiales de Construcción En 2021-2030, 2020).</p> <p>Ley N° 50 de 2010: exige la utilización de metodologías para promover el uso eficiente de la energía en las actividades relacionadas con la construcción (Ley de Uso Económico y Eficiente de La Energía (50/2010/QH12), 2010)</p> <p>Programa Nacional de Uso Económico y eficiente de la energía 2030: estableció metas ambiciosas para lograr ahorros de energía, certificar edificios verdes, establecer centros de información y formación, e implementar etiquetas energéticas para productos de construcción (Decisión 280/QD-TTg de 2019 Por La Que Se Aprueba El Programa Nacional de Uso Económico y Eficiente de La Energía Para El Periodo de 2019 a 2030, 2019).</p> |
| Perú | <p>Política Nacional de Vivienda y Urbanismo: prioriza un crecimiento urbano responsables y equitativo, promoviendo la preservación del medio ambiente, la eficiencia energética y el acceso equitativo a la vivienda y servicios básicos (Política Nacional de Vivienda y Urbanismo, 2021).</p> <p>Decreto N° 002 de 2022: aprueba el reglamento de gestión y manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición (Decreto Supremo Que Aprueba El Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de La Construcción y Demolición, 2022).</p> <p>Código Técnico de Construcción Sostenible: se enfoca en conservación del agua, eficiencia energética y confort térmico (Código Técnico de Construcción Sostenible, 2021).</p> <p>Ley Marco sobre cambio climático: promueve la protección de cuencas hidrográficas, la planificación territorial para ciudades resilientes y la integración de conocimientos tradicionales indígenas en medidas de mitigación climática (Ley Marco Sobre Cambio Climático, 2018).</p> <p>Resolución Ministerial N° 176 de 2010: aprueba lineamientos para promover el tratamiento y reúso de aguas residuales en el riego de áreas urbanas y periurbanas (Resolución Ministerial N° 176-2010- Vivienda, 2010).</p> <p>Mivivienda Verde: ofrece un bono para adquirir viviendas que incorporen criterios de sostenibilidad en su diseño y construcción (Ramón Huapaya Raygada, 2023)</p> |
| Indonesia | <p>Política de Energía Verde, Decreto Ministerial N° 2 de 2004: tiene como propósito crear seguridad energética a nivel nacional de manera sostenible y eficiente. Para esto, promueve la diversificación energética con fuentes renovables (Política Energética Nacional 2003 - 2020, 2004).</p> <p>Reglamento del Gobierno de DKI Yakarta N° 38 de 2012: regula aspectos relacionados con la eficiencia energética, el consumo de agua, la calidad del aire interior y la gestión de residuos y suelos de edificios (IEA 50, 2017).</p> <p>Reglamento presidencial (Perpres) N° 61 de 2011: establece el plan de acción nacional para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Reglamento Presidencial N° 61 de 2011 Relativo a La RAN-GRK, 2011).</p> <p>Deducciones al impuesto sobre terrenos y edificaciones (PBB-P2): aplica para edificios con superficie inferior a 5000 m2 que tengan certificación sustentable y puede ser hasta del 30% (Safitra, 2022)</p> |
| México COZZZ | <p>NOM-007-ENER-2014: establece lineamientos para la eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales (NOM-008-ENER-2001, Eficiencia Energética En Edificaciones, Envolverte de Edificios No Residenciales., 2001).</p> |

| | |
|-----------|---|
| | <p>NOM-008-ENER-2001: se enfoca en la eficiencia energética con la envolvente de edificios no residenciales, optimizando el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico (NOM-008-ENER-2001, Eficiencia Energética En Edificaciones, Envolvente de Edificios No Residenciales., 2001).</p> <p>APROY-NMX-R-000-SCFI-2015: establece requisitos mínimos para la sustentabilidad de la infraestructura física educativa (NMX-R-000-SCFI-2015 Requisitos Mínimos Para La Sustentabilidad de La Infraestructura Física Educativa, 2015).</p> <p>Programa de certificación de edificios sustentables de la secretaria de medio ambiente de la Ciudad de México: promueve la reducción de emisiones contaminantes y el uso eficiente de recursos naturales durante diseño, construcción y operación de edificaciones en la ciudad (AVISO POR EL CUAL SE DA A CONOCER EL PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE EDIFICACIONES SUSTENTABLES DE LA CIUDAD DE MÉXICO, 2020)</p> <p>Hipoteca Verde INFONAVIT: ofrece un monto adicional, en un crédito ya aprobado, para invertir en ecotecnología que reduzcan el consumo energético en el hogar (Infonavit, 2023).</p> <p>Programa Sisevive-Ecocasa de INFONAVIT: evalúa integralmente el diseño y características constructivas de una vivienda para promover la construcción de viviendas sustentables (Infonavit, 2014).</p> |
| Filipinas | <p>Decreto Presidencial N° 1151 de 1977: política ambiental de filipinas, que exige un programa nacional integral de protección ambiental priorizando las evaluaciones y declaraciones de impacto ambiental (Decreto Presidencial N° 1151 de 1977, 1977).</p> <p>Código de Certificación de la construcción BERDE: desarrollado por el consejo filipino de construcción ecológica (PhilGBC), se adapta específicamente al contexto local y considera los desafíos ambientales únicos y consideraciones culturales de filipinas (Consejo Filipino de Construcción Ecológica, n.d.).</p> <p>Código de Construcción Ecológica de Filipinas: desarrollado por The Philippine Green Building Initiative, establece estándares voluntarios para promover prácticas de construcción sostenible en el país (Iniciativa de Construcción Ecológica de Filipinas & Architectural Center Club (ACCI), 2023).</p> <p>Ley de La Republica N° 9729: integra estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en todas las políticas y actividades de desarrollo gubernamentales (Republica de Filipinas & Congreso de Filipinas, 2009).</p> <p>Resolución N° 9 de La Serie de 2013 de la comisión reguladora de energía pacto normas para el programa de medición neta de energías renovables: permitiendo a los usuarios finales inyectar el exceso de producción de energía renovable a la red nacional, fomentando así la adopción de energías renovables a nivel local (Guidebook on Net Metering in the Philippines, 2021).</p> |
| India | <p>Código de Construcción de Conservación de La Energía: establece los requisitos mínimos de eficiencia energética para edificios no residenciales, y también ofrece recomendaciones para lograr una mayor eficiencia energética (Energy Conservation Building Code 2017, 2017).</p> <p>Rating for Integrated Habitat Assessment (GRIHA): clasifica las edificaciones según su eficiencia energética y sostenibilidad en varias categorías, incluyendo edificios comerciales, institucionales, residenciales e incluso proyectos urbanos completos (Consejo GRIHA, 2021).</p> |

| | |
|------------|---|
| | <p>los proyectos con certificación GRIHA o del consejo indio de construcción sostenible son elegibles para incentivos adicionales, como el aumento del índice de área de piso (FAR) y reembolsos de los costes de certificación una vez ejecutado el proyecto (Consejo GRIHA, 2021).</p> |
| Seychelles | <p>Economía azul y Bonos Azules: en Seychelles, se ha puesto un énfasis significativo en la promoción de la economía azul y la implementación de bonos azules como mecanismo financiero clave para respaldar proyectos de sostenibilidad marina (Etongo, 2022; Republica de Seychelles, 2021)</p> <p>Priorización de soluciones basadas en la naturaleza para mitigar los impactos del cambio climático, como la construcción de infraestructuras costeras resistentes a eventos climáticos extremos como inundaciones y marejadas ciclónicas (Republica de Seychelles, 2021).</p> <p>Exención del impuesto al valor agregado (IVA) en la importación de tecnologías de energía renovable y programas de reembolso para sistemas fotovoltaicos en tejados (Etongo & Naidu, 2022).</p> |
| Tailandia | <p>Código de Construcción Verde de Tailandia: establece estándares mínimos y requisitos de eficiencia para edificios nuevos y renovados, con el objetivo de reducir el consumo de energía (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability, 2017).</p> <p>Evaluación Tailandesa de Energía y Sostenibilidad para Edificios Existentes (TREES-EB): proporciona un sistema de calificación para guiar a la industria de la construcción en la edificación de estructuras respetuosas con el medioambiente y eficientes en consumo de energía (Lorenz & Partners, 2022).</p> <p>Ley de promoción de la conservación de energía en Tailandia: requiere que ciertas fabricas o edificios designen a una persona para supervisar el uso de energía y presente informes anuales sobre consumo y se centra en medidas de conservación de energía dentro de edificios (Meeros & Wichakul, 2022; The Energy Conservation Promotion Act B.E. 2535, 2009).</p> <p>Junta de Inversiones de Tailandia: ofrece incentivos específicos para la producción de productos ecológicos específicos, como productos eléctricos, productos químicos ecológicos, materiales poliméricos ecológicos y reciclaje de materiales no deseados, con incentivos de inversión específicos (Lorenz & Partners, 2022).</p> |
| Colombia | <p>Política de crecimiento verde, establecida en el documento CONPES 3934: busca equilibrar el crecimiento económico con la preservación de los recursos naturales y la inclusión social, reconociendo la importancia de abordar problemáticas como la pobreza, la desigualdad y la construcción de paz (CONPES 3934 - Política de Crecimiento Verde, 2018).</p> <p>La política nacional de edificaciones sostenibles, según el documento CONPES 3919: apunta a aumentar la productividad y competitividad económica del país para 2030, mientras se garantiza el uso sostenible del capital natural y la inclusión social (CONPES 3919 Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, 2018).</p> <p>Resolución 0549 de 2015: establece porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía para nuevas edificaciones, promoviendo la adopción de la guía de construcción sostenible (Resolución 549 de 2015, 2015).</p> <p>Resolución 1257 de 2021: la cual modifica la resolución 0472 de 2017 que define los mecanismos para lograr una gestión efectiva, aprovechamiento y disposición final de los RCD en función de la categoría de los municipios (Resolución N° 1257, 2021).</p> |

Ley 1715 de Energías FNCER de 2014: permite la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, habilitando a pequeños y medianos generadores de energías no convencionales a inyectar el excedente de energía a la red pública (Ley N° 1715 de 2014, 2014).

Resolución 463 de 2018: incentiva proyectos en sectores clave a implementar sistemas de gestión de energía, ofreciendo beneficios fiscales como la **exclusión del IVA y deducciones en la renta** (Resolución 463 de 2018, 2018).

Decreto 829 de 2020: reglamenta la reducción en renta hasta del 50% y hasta por 15 años como fomento a la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de producción de energía eléctrica con fuentes no convencionales de energía (Decreto 829 de 2020, 2020).

Decreto 613 de 2015 de Bogotá: ofrece como un incentivo urbanístico el aumento en la edificabilidad es decir en m² de construcción adicional a edificaciones VIS Y VIP sostenibles (Decreto 613 de 2015, 2015).

Nota. Esta tabla muestra las estrategias encontradas en cada país de estudio para promover la construcción sostenible.

4.2 Revisión planes de estudio de programas de Ing. Civil y Construcción

La tabla 3 contiene información sobre los programas de universidades públicas y privadas de cada país, la columna 3 representa la fracción en porcentaje de los programas de pregrado que incluyen en su plan de estudios materias que están directamente relacionadas con la construcción sostenible, mientras que la columna 5 y 6 de la tabla 3 hablan sobre los porcentajes de materias que se deben cursar de manera obligatoria u opcional. Por otra parte, la figura 3 presenta las frecuencias de las temáticas relacionadas directamente con la construcción sostenible encontradas en los programas revisados, es importante resaltar que la agrupación de las materias por temáticas se realizó de manera manual, en base al nombre y teniendo en cuenta los objetivos y el contenido de las asignaturas en los casos que se tuvo acceso a la información.

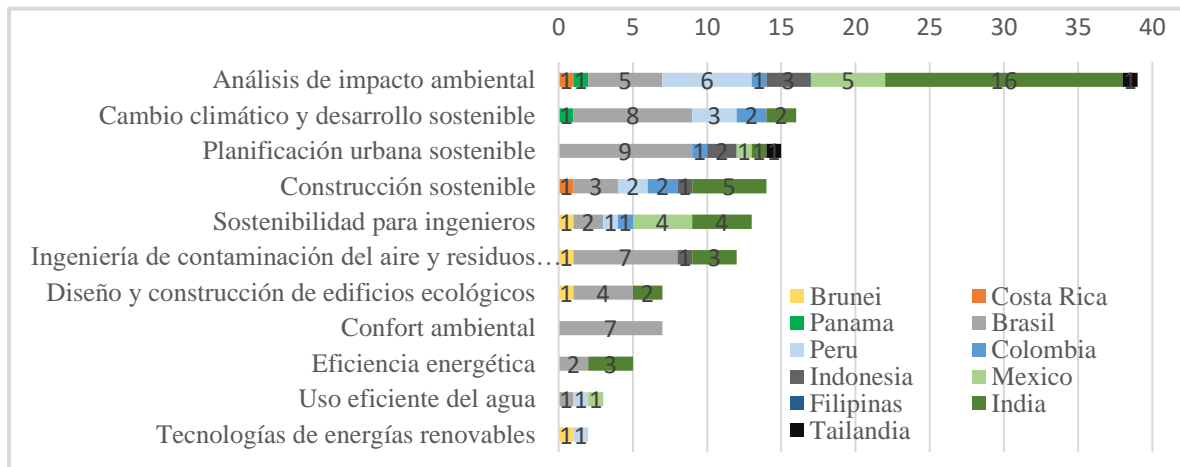
De este análisis se puede observar que Colombia debe mejorar sus esfuerzos por incluir la sostenibilidad en los planes de estudios de los programas de ingeniería civil,

ya que es el 6to país de los 12 estudiados, adicionalmente, se observa que, en todos los países con excepción de México y Colombia, que cuentan con materias de construcción sostenible en sus programas predomina la inclusión de materias opcionales. Además, al agrupar de forma manual las materias encontradas en los planes de estudio por temáticas y realizar el conteo de frecuencias es propio notar que la temática que más se repite a nivel general es el análisis del impacto ambiental de la construcción, siendo India y Perú los países con mayor proporción de inclusión de esta materia.

Tabla 4*Revisión planes de estudio*

| País | N° de programas revisados | % Programas con materias de C.S. | N° materias de C.S. | % materias opcionales | % materias obligatorias |
|-------------|----------------------------------|---|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Brasil | 33 | 75,8% | 48 | 52,1% | 47,9% |
| India | 39 | 64,1% | 36 | 88,9% | 11,1% |
| Perú | 12 | 58,3% | 14 | 57,1% | 42,9% |
| Brunéi | 2 | 50,0% | 4 | 75,0% | 25,0% |
| México | 23 | 47,8% | 10 | 20,0% | 80,0% |
| Colombia | 22 | 27,3% | 7 | 28,6% | 71,4% |
| Tailandia | 8 | 25,0% | 2 | 100,0% | 0,0% |
| Costa Rica | 4 | 25,0% | 2 | 50,0% | 50,0% |
| Panamá | 4 | 25,0% | 2 | 50,0% | 50,0% |
| Indonesia | 29 | 20,7% | 7 | 71,4% | 28,6% |
| Mauricio | 2 | 0,0% | N/A | N/A | N/A |
| Vietnam | 4 | 0,0% | N/A | N/A | N/A |
| Filipinas | 4 | 0,0% | N/A | N/A | N/A |
| Seychelles | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

Nota. Esta tabla muestra información sobre como las instituciones de educación superior de los países estudiados incluyen materias de construcción sostenible en sus programas de ingeniería civil y construcción.

Figura 3*Frecuencia de las temáticas de construcción sostenible*

Nota. Esta figura muestra la frecuencia de las temáticas de construcción sostenible encontradas en los planes de estudio de los programas de ingeniería civil y construcción estudiados, según el país.

5. Evaluación de viabilidad

Como se evidencia en la sección 4, varias de las estrategias que se han implementado en los países estudiados ya han sido aplicadas en el contexto colombiano. Esto, debido a que en general las políticas se enfocan en mejorar la eficiencia energética e implementar energías más limpias. Sin embargo, aunque el enfoque sea similar la forma en que se abordan los desafíos de la construcción sostenible en los diferentes países cuenta con algunas diferencias. Por consiguiente, a continuación, se mencionan las estrategias de las cuales se evaluará la viabilidad de ser implementadas en contexto colombiano, estas se escogieron por la particularidad que representan, por el grado de implementación que se observó durante la búsqueda de información o porque se evidenció una falencia de esta en Colombia.

1. Fortalecer los programas de pregrado en ingeniería civil con la inclusión de materias enfocadas de forma directa en preparar profesionales que estén capacitados para implementar prácticas de construcción sostenible en el desempeño de la profesión y a su vez que familiaricen a los estudiantes con las políticas y regulaciones que existen en Colombia respecto al tema.

2. Implementación de directrices obligatorias sobre el manejo de urbanismo en áreas de propiedades privadas y obras públicas, ya sean construcciones nuevas o de renovación, para combatir el efecto isla de calor y el aumento del caudal de escorrentía superficial en municipios de alta densidad poblacional como, Bogotá, Medellín, Cali o Barranquilla.

3. Aplicación de descuentos en el Impuesto predial unificado para propiedades que implementen prácticas de construcción sostenible en la renovación o construcción de sus propiedades, según las metas cumplidas, beneficiando así al propietario.

5.1 Fortalecimiento de los programas de pregrado en ingeniería civil con materias de construcción sostenible

En Colombia, la educación se rige bajo la por la cual se expide la ley general de educación y específicamente para le educación superior la Ley 30 de diciembre 28 de 1992, 1992 por la cual se organiza el servicio público de la educación superior. Entre otras cosas, estas leyes mencionan la autonomía universitaria que se consagra en la Constitución Política de Colombia. Específicamente, Ley 30. Ley de educación superior .Art.28 (1992), menciona el derecho de las instituciones educativas a su libre desarrollo administrativo. Por consiguiente, las instituciones educativas se encuentran en capacidad de realizar cambios en sus estatutos de forma autónoma.

Adicionalmente, el Decreto 0230 de febrero 11 de 2002, 2002, por el cual se dictan normas en materia de currículo, evaluación y promoción de los educados y evaluación institucional.,

menciona que los establecimientos educativos gozan de autonomía para organizar las áreas obligatorias y fundamentales de cada nivel, así como para agregar asignaturas optativas según las necesidades o características de cada región. Por lo tanto, las instituciones de educación superior se encuentran habilitadas para hacer modificaciones en los planes de estudio.

Por otra parte, Ley 30. Ley de educación superior .Art.6 (1992), en su inciso J, dicta como objetivo de la educación superior y sus instituciones promover la preservación de un medio ambiente sano y fomentar la educación y cultura ecológica (Ley 30 de diciembre 28 de 1992, 1992).

Según lo anterior, no hay limitaciones legales que permitan la inclusión de materias relacionadas con la construcción sostenible por parte de las instituciones de educación superior que cuenten con programas de ingeniería civil. Además, esta propuesta se alinea con los objetivos de la educación en Colombia, debido a que busca generar una cultura de prácticas de construcción sostenible en los profesionales de ingeniería civil y el sector de la construcción.

Entre los factores para tener en cuenta sobre la inclusión de una nueva materia en el plan de estudios, puede ser necesaria la contratación de nuevos docentes o la capacitación de los existentes, también se debe contemplar el costo por la adquisición de material bibliográfico. Por otro lado, no necesariamente se debe incurrir en costos para la implementación de nueva infraestructura educativa física debido a que la naturaleza de las materias de construcción sostenible suele ser teóricas. Sin embargo, si se debe contemplar la compra de licencias de software de modelado energético, Building Information Modeling u otros relacionados con el diseño y modelado de edificios ecológicos. Estos costos solo se pueden estimar mediante presupuestos detallados según sea el caso de cada institución.

En cuanto a los beneficios potenciales, se incluyen la formación de una fuerza laboral más calificada en construcción sostenible, la promoción del desarrollo sostenible en el sector de la construcción y la mejora de la reputación de los programas de pregrado en ingeniería civil. Estos beneficios podrían traducirse en mayores oportunidades de empleo para los graduados y contribuir a la creación de una cultura ecológica en la industria de la construcción colombiana.

5.2 Implementación de directrices para combatir el efecto isla de calor y el aumento del caudal de escorrentía superficial

Esta propuesta se inspira en la cuota verde o cuota ambiental implementada por Brasil en el municipio de Sao Paulo, dicho programa busca adoptar medidas no estructurales dentro del ámbito del lote, minimizando el aporte de aguas lluvias a las redes de drenaje, aumentando la cobertura vegetal y también busca combatir la manera desigual en que se encuentran distribuidas las zonas verdes en esta megaciudad. Cada proyecto de construcción nueva o de rehabilitación debe cumplir con un puntaje el cual es asignado según el sector del municipio al que pertenezca. La figura 3 fue tomada de (Gestão Urbana SP, s. f.) , e ilustra las medidas que pueden ser adoptadas en los diseños para obtener puntos en la cuota ambiental, las cuales son zonas ajardinadas en el suelo, zonas ajardinadas sobre losa con espesor de tierra, techo verde, fachada verde, pisos semipermeables con vegetación y zonas con vegetación, arbustos y árboles de diferentes tamaños.

En Colombia, la Ley 2079. Art.40 (2021) por el cual se modifica la Ley 9.Art.7 (1998) ,designa que los concejos municipales y distritales, son los responsables de crear entidades para administrar, defender, desarrollar, mantener y apoyar financieramente el espacio público, el patrimonio inmobiliario y las áreas de cesión.

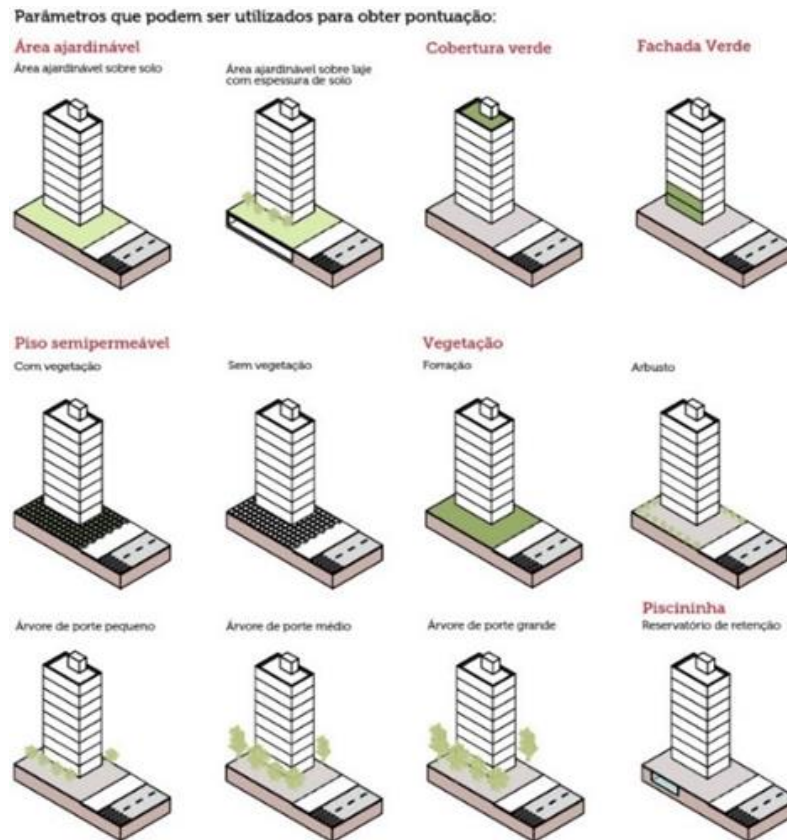
Lo anterior quiere decir que las medidas a implementar deben ser manejada a nivel local, lo que más allá de tomarse como un impedimento, puede ser una oportunidad para manejar el nivel de las exigencias y medidas a tomar en base a las necesidades y condiciones de microclima de cada municipio. Por otro lado, estas medidas podrían ser adoptadas en las nombradas áreas de cesión, ya que estas son nominadas según la Ley 9.Art.5 (1998) como “El conjunto de inmuebles públicos y los elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles privados, destinados por su naturaleza, por su uso o afectación, a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas que trascienden, por tanto, los límites de los intereses individuales de los habitantes” (Ley 9 de 1998, 1989).

Hablando de costos, se debe contemplar que estas medidas pueden causar pérdidas de ingresos debido al cambio del uso de suelo, así como la inversión en infraestructura verde. Además, se debe tener presente que la adopción de zonas verdes está relacionada con costos de mantenimiento. Por consiguiente, al ser esta una medida con un enfoque obligatorio, se debe evaluar cuidadosamente los niveles de exigencias en cuanto al grado de implementación, así como la idoneidad de las medidas a tomar según sea el caso no solo de cada municipio sino también de los barrios que los componen.

En cuanto a los beneficios potenciales que se pueden obtener esta la reducción de la temperatura urbana, la mitigación de inundaciones y la mejora en los niveles de contaminación del aire y el agua. Estos beneficios pueden interpretarse como ahorros en costos de salud pública, daños por inundaciones y costos de infraestructura de drenaje.

Figura 4

Parámetros de puntuación Cuota ambiental de Sao Paulo



Nota. Esta figura muestra los parámetros de puntuación de la cuota ambiental de Sao Paulo.

5.3 Aplicación de descuentos en el impuesto predial unificado para propiedades que implementen prácticas de construcción sostenible

Este impuesto es anual, de orden municipal y el valor depende del avalúo catastral de las propiedades, además de ser una de las principales rentas de los municipios, entre sus funciones se encuentra ser un mecanismo para la distribución de la riqueza y también permite el uso de

extrafiscales para impulsar o incentivar actividades específicas según los intereses de cada municipio (Ministerio de Vivienda, n.d.). Lo anterior, lo convierte en un impuesto ideal para incentivar económicamente y de forma directa a los propietarios de viviendas tanto multifamiliares como unifamiliares que incluyan prácticas de construcción sostenible. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la implementación de este puede conllevar a la evasión de impuestos de no contar con un sistema riguroso para la evaluación y certificación de la sostenibilidad de las edificaciones. Por esto, uno de los principales retos para implementar esta propuesta sería el control y la revisión del cumplimiento de las metas ecológicas declaradas por los propietarios.

Entre sus consideraciones, la implementación de los descuentos en el impuesto predial unificado deberá ser proporcional a las metas ecológicas cumplidas por lo propietarios para lograr la adopción de un mayor número de estas. Entre los costos relacionados a esta propuesta se debe considerar la pérdida de ingresos para los municipios. Sin embargo, se deben tener presentes los objetivos mencionados de este impuesto. También, se debe considerar los costos administrativos relacionados con la implementación y supervisión del programa.

Por otro lado, entre los potenciales beneficios se encuentra la promoción de prácticas de construcción sostenible, la mejora de la calidad de vida de los habitantes y la reducción de la huella ambiental del sector de la construcción.

5. Conclusiones

En este estudio sobre la implementación de criterios de sostenibilidad en la industria de la construcción en países en desarrollo con un contexto similar al colombiano, se observaron varias similitudes que reflejan un enfoque global por implementar políticas específicas destinadas a

fomentar el uso de energías renovables, ya sea a través de incentivos fiscales, programas de financiamiento preferencial o implementación de estándares de eficiencia energética en edificaciones. Entre las estrategias que pueden ser implementadas en Colombia, se destaca la importancia de fortalecer los programas de pregrado en ingeniería civil con asignaturas relacionadas de forma directa con prácticas de construcción sostenible, así como la implementación de directrices obligatorias sobre el manejo de urbanismo para combatir el efecto isla de calor y el aumento del caudal de escorrentía superficial en municipios densamente poblados. Además, se analiza brevemente la introducción de descuentos en el impuesto predial unificado en base al programa de IPTU verde ampliamente implementado en Brasil. Se evidencia que la inclusión de materias de construcción sostenible en los programas de pregrado en ingeniería civil puede contribuir a formar una fuerza laboral más calificada, promover el desarrollo sostenible en el sector de la construcción y mejorar la reputación de las universidades. Estos beneficios podrían traducirse en mayores oportunidades de empleo para los graduados y en la creación y fortalecimiento de una cultura ecológica en la industria de la construcción.

En resumen, la implementación efectiva de estrategias de promoción y regulación de prácticas de construcción sostenible en países en desarrollo, como Colombia, es crucial para avanzar hacia un desarrollo más sostenible en el sector de la construcción. Se requiere un enfoque integral que involucre tanto a entidades gubernamentales como a instituciones educativas y actores del sector privado para promover la adopción de criterios sostenibles en la industria de la construcción.

6. Recomendaciones

Se recomienda evaluar con un mayor grado de profundidad la viabilidad de implementar las estrategias que se identificaron en este estudio y que han servido como instrumentos para promover las prácticas de construcción sostenible y actuar frente a la actual crisis climática.

Referencias Bibliográficas

- Aviso por el cual se da a conocer el programa de certificación de edificaciones sustentables de la ciudad de México (2020).
<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGEIRA/GacetaDel24DeDiciembre2020.pdf>
- Banco de Brasil. (n.d.). *Negocio Sostenible*. Retrieved March 29, 2024, from <https://www.bb.com.br/pbb/sustentabilidade/negocios-sustentaveis/>
- Banco General. (2024). *Financiamiento de paneles solares*.
<https://www.bgeneral.com/empresas/financiamiento-paneles-solares/>
- Bing Liu. (2011). *Web Data Mining* (2nd ed.). Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2011.
- Brauch, M. D. (2012). *Sustainable public procurement in the Sao Paulo State Government: An in-depth case study*. International Institute for Sustainable Development.
- Brunei Darussalam National Council on Climate Change. (2021). *PROTOKOL HIJAU*.
- Chan, A. P. C., Darko, A., & Ameyaw, E. E. (2017). Strategies for promoting green building technologies adoption in the construction industry—An international study. *Sustainability*, 9(6), 969.

- Cluster de construcción de Santander. (2024). *Documentos Guía sostenible*.
<https://ec2s.co/aplicativo/adjuntos/guia>
- Código Técnico de Construcción Sostenible (2021).
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1934704/C%C3%B3digo%20-%20CTCS%20.pdf>
- CONPES 3919 Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, Pub. L. No. 3919 (2018).
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/conpes-3919-de-2018.pdf>
- CONPES 3934 - Política de Crecimiento Verde, Pub. L. No. 3934 (2018).
<https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/conpes-3934-de-2018/>
- Consejo Filipino de Construcción Ecológica. (n.d.). *BERDE Online*. Retrieved March 30, 2024, from <https://berdeonline.org/?shell#about-berde-what-is-berde>
- Consejo GRIHA. (2021). *Incentivos GRIHA*. <https://www.grihaindia.org/griha-incentive>
- Cuota Ambiental. Retrieved March 29, 2024, from <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/cota-ambiental-2/>
- Darko, A., Zhang, C., & Chan, A. P. C. (2017). Drivers for green building: A review of empirical studies. *Habitat International*, 60, 34–49.
- de Lima Accioly, S. M., Machado, F. L. V., Vasconcelos, F. C. W., & de Brito, L. L. A. (n.d.). *ANÁLISE COMPARATIVA DE PROGRAMAS MUNICIPAIS DE IPTU VERDE*.
- Decisión 280/QD-TTg de 2019 Por La Que Se Aprueba El Programa Nacional de Uso Económico y Eficiente de La Energía Para El Periodo de 2019 a 2030 (2019). <https://lawnet.vn/vb/Quyet-dinh-280-QD-TTg-2019-phe-duyet-Chuong-trinh-quoc-gia-ve-su-dung-nang-luong-tiet-kiem-63E29.html>

Decisión N° 1266/QD-TTg 2020 Estrategia Para El Desarrollo de Materiales de Construcción En 2021-2030 (2020). <https://english.luatvietnam.vn/decision-no-1266-qd-ttg-approving-the-strategy-for-development-of-vietnams-building-materials-for-the-20-189217-doc1.html>

Decreto 0230 de Febrero 11 de 2002 (2002). https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-86120_archivo_pdf.pdf

Decreto 613 de 2015 (2015).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?dt=S&i=64259>

Decreto 829 de 2020 (2020).
<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20829%20DEL%2010%20DE%20JUNIO%20DE%202020.pdf>

Decreto Ejecutivo N° 2 de 2008 (2008).
<https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/25979/8985.pdf>

Decreto Presidencial N° 1151 de 1977 (1977).
<https://www.officialgazette.gov.ph/1977/06/06/presidential-decree-no-1151-s-1977/>

Decreto Supremo Que Aprueba El Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de La Construcción y Demolición, Pub. L. No. 002-2022 (2022).
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3465398/DS%20002-2022-VIVIENDA%20%2804%20ABR%29.pdf.pdf?v=1659491492>

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA OFICINA DEL PRIMER MINISTRO BRUNEI DARUSSALAM. (2013). *ENERGY WHITE PAPER*.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). (n.d.). *Plano Nacional de Energia*. Retrieved March 29, 2024, from <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-nacional-de-energia-pne>

- Energy Conservation Building Code 2017 (2017).
https://beeindia.gov.in/sites/default/files/BEE_ECBC%202017.pdf
- Etongo, D. (2022). *Mainstreaming Climate Adaptation into Sectorial Policies in Seychelles*.
- Etongo, D., & Naidu, H. (2022). Determinants of household adoption of solar energy technology in Seychelles in a context of 100% access to electricity. *Discover Sustainability*, 3(1), 38.
- Gallopín, G. C. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Cepal.
- Gestão Urbana SP*. (s. f.). <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/>
- Guidebook on Net Metering in the Philippines (2021). <https://www.doe.gov.ph/renewable-energy/guidebook-net-metering-philippines>
- IEA 50. (2017). *Reglamento de Yakarta N° 38/2012 Sobre edificios ecológicos*.
<https://www.iea.org/policies/2523-jakarta-regulation-no-382012-on-green-buildings>
- Infonavit. (2014). *Sistema de Evaluación de la vivienda verde (Sisevive Ecocasa)*.
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/84276/SISEVIVECONUEE.pdf>
- Infonavit. (2023). *Hipoteca Verde*. <https://www.infonavit-portal.com.mx/hipoteca-verde/>
- Iniciativa de Construcción Ecológica de Filipinas, & Architectural Center Club (ACCI). (2023).
Acerca de PGBI. <https://www.greenbuilding.ph/about-pgbi>
- INTECO. (2020). *Norma Técnica INTEC C170: Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Tropico*. <https://www.resetcostarica.com/norma-t%C3%A9cnica>
- Itaú Unibanco Holding S.A. (2020). *Itaú BBA lanza producto para el mercado de la construcción sostenible*. <https://www.itaubr.com.br/relacoes-com-investidores/noticias/itaubba-lanca-produto-para-mercado-de-construcao-sustentavel/>
- Jonathan Ramirez. (2018). *K-means: método del codo y silueta*. Medium.

Landaeta Gordillo, A. M. (2019). *Análisis del impacto de las herramientas de financiamiento sostenible en el sector de la vivienda y la construcción sostenible en Colombia.*

Ley 9 de 1998 (1989).

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=1175

Ley 30 de Diciembre 28 de 1992 (1992). https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86437_Archivo_pdf.pdf

Ley 2079 de 2021 (2021).

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2079_2021.html

Ley de Uso Económico y Eficiente de La Energía (50/2010/QH12) (2010).

<https://leap.unep.org/en/countries/vn/national-legislation/law-economical-and-efficient-use-energy-502010qh12>

Ley Marco Sobre Cambio Climático (2018).

https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/ADLP/Texto_Consolidado/30754-TXM.pdf

Ley N° 12.305 de 2010, Pub. L. No. 12305 (2010).

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm

Ley N° 1715 de 2014, Pub. L. No. Colombia (2014).

http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf

Lizarralde, G., Tomiyoshi, S., Bourgault, M., Malo, J., & Cardosi, G. (2013). Understanding differences in construction project governance between developed and developing countries. *Construction Management and Economics*, 31(7), 711–730.

Lorenz & Partners, L. T. and B. C. (2022). *Green Building in Thailand.* <https://www.lorenz-partners.com/newsletter-no-208/>

- Meeros, W., & Wichakul, S. (2022). Thailand Nationally Determined Contributions (NDCs): Analysis of climate policy for enhancing climate resilience in infrastructure construction sector. *2022 International Conference and Utility Exhibition on Energy, Environment and Climate Change (ICUE)*, 1–8.
- Ministerio de Ambiente y Energía MINAE. (2018). *VII Plan Nacional de Energía 2015 - 2030*. https://www.cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII_Plan_Nacional_de_Energia_2015-2030.pdf
- Ministerio de Vivienda, C. y T. de C. (n.d.). *Impuesto predial unificado*. Retrieved April 7, 2024, from <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/espacio-urbano-y-territorial/aula-de-financiamiento/impuesto-predial-unificado>
- Ministry of development negara Brunei Darussalam. (2017). *BUILDING GUIDELINES AND REQUIREMENTS*.
- MUNICÍPIO, A. V. D. E. I. N. O., & DE POÇOS, D. E. C. (n.d.). *IPTU VERDE*.
- Nguyen, H.-T., Gray, M., & Skitmore, M. (2016). Comparative study on green building supportive policies of Pacific-Rim countries most vulnerable to climate change. *22nd Annual Pacific-Rim Real Estate Society Conference*.
- NMX-R-000-SCFI-2015 Requisitos Mínimos Para La Sustentabilidad de La Infraestructura Física Educativa (2015). <https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/setabasco/APROY-NMX-2015%20Requisitos%20minimos%20para%20la%20Sustentabilidad%20de%20la%20Infraestructura%20F%C3%ADsica%20Educativa.pdf>
- NOM-008-ENER-2001, Eficiencia Energética En Edificaciones, Envoltante de Edificios No Residenciales. (2001). https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=767644&fecha=25/04/2001#gsc.tab=0

- Olubunmi, O. A., Xia, P. B., & Skitmore, M. (2016). Green building incentives: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1611–1621.
- Oportunidad Para Personas Discapacitadas Ley 15 2016 (2016). <https://capac.org/documento/7-oportunidad-para-personas-discapacitadas-ley-15-2016-2/>
- Pérez, V., & Albino, A. (2017). *Recomendaciones para el diseño y construcción de un edificio del Banco Nacional de Costa Rica aplicando aspectos del diseño sostenible regenerativo*.
- Política Energética Nacional 2003 - 2020 (2004). <https://jdih.esdm.go.id/peraturan/kepmen-0983-2004.pdf>
- Política Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos 2013 a 2030 y Su Plan de Acción (2014). <https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/bitstream/handle/123456789/136/PP.042.pdf>
- Política Nacional de Vivienda y Urbanismo (2021). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2262477/Resumen%20de%20la%20Pol%203%ADtica%20Nacional%20de%20Vivienda%20y%20Urbanismo.pdf?v=1634579665>
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Plan Energético Nacional 2015 - 2050 “Panamá el futuro que queremos.”* <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/panama-el-futuro-que-queremos-plan-energetico-panama-2015-2050>
- Ramón Huapaya Raygada. (2023). *Reporte de Sostenibilidad 2022*.
- Reglamento de Aire Acondicionado y Ventilación Resolución 117 de 2013 (2013).
- Reglamento Presidencial N° 61 de 2011 Relativo a La RAN-GRK, Pub. L. No. 61 (2011). <https://peraturan.go.id/id/perpres-no-61-tahun-2011#>
- Renewable Energy Strategic Plan (RESP) 2018 - 2023 (2018). <https://www.marena.org/publications/resp-overview>

Republica de Costa Rica. (1998). *Reglamento a la Ley 7600 de Igualdad de Oportunidades para las personas con discapacidad*. <https://www.conape.go.cr/wp-content/uploads/2021/09/reglamento-ley-7600.pdf>

Republica de Filipinas, & Congreso de Filipinas. (2009). *Ley de la República N° 9729*. <https://www.officialgazette.gov.ph/2009/10/23/republic-act-no-9729/>

República de Panamá, & Ministerio de ambiente. (2022). *Plan Nacional de Acción Climática de Panamá PNAC*. <https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2022/02/Plan-Nacional-de-Accion-Climatica.pdf>

Republica de Seychelles. (2021). *Seychelles' Updated Nationally Determined Contribution*. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Seychelles%20-%20NDC_Jul30th%202021%20_Final.pdf

Resolución 463 de 2018 (2018). https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_upme_0463_2018.htm

Resolución 549 de 2015 (2015). https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minviviendact_0549_2015.htm

Resolución Ministerial N° 176-2010- Vivienda (2010). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/23930/RM_2010_176.pdf?v=1530744546

Resolución N° 1257 (2021). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1257-de-2021.pdf>

Resolución N° 3142 de 2016 Guía de Construcción Sostenible Para Ahorro de Energía En Edificaciones GO 28165, Pub. L. No. 3142 (2016).

Safitra, D. A. (2022). Insentif pajak properti atas bangunan hijau: Sebuah studi komparasi. *Jurnal Pajak Dan Keuangan Negara (PKN)*, 3(2), 331–342.

- Salazar, R. E. M., & García, J. M. J. P. (2014). El Índice de Desarrollo Humano como indicador social. *Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 44(4).
- Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability (2017).
https://www.tgbi.or.th/uploads/trees/2017_03_TREES-EB-Eng.pdf
- The Building and Land Permit Guide (2017).
<https://la.govmu.org/downloads/Blp%20Guide%20Updated.pdf>
- The Energy Conservation Promotion Act B.E. 2535 (2009). http://berc.dede.go.th/wp-content/uploads/2021/09/EnCon_Act.pdf
- The World Economic Forum. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*.
https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf
- United Nations Development Programme. (2024). *Explore HDI*. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>
- Valderrama, J. O., Espíndola, C., & Quezada, R. (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Formación Universitaria*, 4(3), 3–12.
- World Green Building Council. (2023). *Annual report 2022*. https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/12/WorldGBC-Annual-Report-2022_FINAL-version_LR.pdf