

EVALUACIÓN DEL DIFERENCIAL DE COSTOS DERIVADO DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN LEED ORO EN PROYECTOS DE
EDIFICACIÓN TRADICIONAL EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA-
COLOMBIA.

OSCAR DAVID GUZMÁN MÁRCELES

UNIVERSIDAD DEL NORTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
BARRAQUILLA – COLOMBIA
FEBRERO DE 2018.

EVALUACIÓN DEL DIFERENCIAL DE COSTOS DERIVADO DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN LEED ORO EN PROYECTOS DE
EDIFICACIÓN TRADICIONAL EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA-
COLOMBIA.

OSCAR DAVID GUZMÁN MÁRCELES

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA
AMBIENTAL

TUTOR: ANDRES MAURICIO VARGAS PEREZ

UNIVERSIDAD DEL NORTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
BARRANQUILLA – COLOMBIA
FEBRERO DE 2018.

Contenido

RESUMEN	5
AGRADECIMIENTOS	5
INTRODUCCION.....	6
ANTECEDENTES.....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
JUSTIFICACION	14
OBJETIVOS.....	15
METODOLOGIA	16
RESULTADOS.....	22
ANALISIS DE RESULTADOS	30
CONCLUSIONES.....	32
REFERENCIAS.....	35

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1: Parámetros evaluados en la metodología Conesa [84].	19
Tabla 2: Valoración de los parámetros de evaluación [84].	21
Tabla 3: Rangos de Jerarquización de la Importancia del Efecto [84].	21
Tabla 4: Diferencial de costos por capítulos. (Creación Propia)	23
Tabla 5: Resumen de los impactos más importantes para el escenario sin certificación LEER Oro. (Creación Propia)	25
Tabla 6: Resumen de los impactos más importantes para el escenario con certificación LEED Oro. (Creación Propia).	26
Tabla 7: Distribución de los diferenciales de costos en grupos representativos. (Creación Propia)	27
Tabla 8: Distribución de diferenciales de beneficios. (Creación Propia)	30

RESUMEN

En vista del deterioro acelerado en la calidad del medio ambiente y el impacto que tiene el sector de la construcción sobre este último, diversas medidas de sostenibilidad se han desarrollado globalmente. Unas de las más importantes han sido las certificaciones de sostenibilidad para nuevos proyectos de construcción. Ahora bien, su impacto sobre la rentabilidad de los proyectos es en muchos casos desconocido debido a las diversas consideraciones especiales que se deben tener en cuenta para la obtención de estas últimas. Mediante la elaboración de dos escenarios base, se logró identificar que en nuevos proyectos de edificación en la ciudad de Barranquilla-Colombia, se puede presentar un diferencial de costos aproximado del 9.2% sobre el costo total de los mismos. El diferencial de costos asociado a incrementos en mano de obra y actividades adicionales fue del 7% aproximadamente, El diferencial asociado a nuevos materiales, equipos e implementación de tecnologías más sofisticadas fue del 58% aproximadamente, y por último, el diferencial asociado a gastos administrativos fue del 35% aproximadamente. No obstante, se pudo evidenciar que mediante la implementación de esta certificación se pueden reducir en gran medida los impactos negativos generados sobre el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Realizar este proyecto me ha demandado mucho esfuerzo y dedicación. Quiero agradecerle a mis docentes Andrés Vargas y Carlos Pacheco por su continuo interés en dar lo mejor de ellos para la realización del presente proyecto, sus consejos y opiniones fueron de mucho provecho. De igual manera agradezco al Arquitecto Pedro Palacio por haberme compartido la información necesaria para llevar a buen término este trabajo. Agradezco también al ingeniero Álvaro de León por permitirme y facilitarme la consecución de los datos necesarios que me permitieron llegar a los resultados obtenidos.

Agradezco a Dios y a mi familia por el apoyo incondicional que tuvieron hacia mí.

INTRODUCCION

Como consecuencia del incremento de la quema de combustibles fósiles, deforestación, minería, y actividades de cría intensiva de animales, especialmente la ganadería, entre otras, diversos gases de efecto invernadero han incrementado sustancialmente en la atmosfera durante los últimos dos siglos: CO₂ en más de un 30% y CH₄ inclusive en más de un 100% [1]. A pesar de que existen procesos de contaminación natural, diversos estudios han demostrado que este incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero se deben en principal medida a actividades antropogénicas [2]. Históricamente, las concentraciones de CO₂ variaban de forma sinusoidal, oscilando entre 180 y 300 ppm [3], No obstante, con la llegada de la revolución industrial, las concentraciones de CO₂ del medio ambiente superaron su máximo historio [4], convirtiéndose el deterioro del medio ambiente en un tema fundamental y crítico para la humanidad [5]. Cabe resaltar que el crecimiento exponencial de la población en las últimas décadas ha sido catalogado como uno de los hechos más influyentes en el incremento exponencial de las concentraciones de CO₂ en la atmosfera [6].

Haciendo énfasis en las actividades relacionadas con el sector de la construcción, especialmente la industria cementera, estudios han demostrado que las actividades relacionadas con la producción de cemento contribuyen aproximadamente con el 5% del total del CO₂ emitido en la atmosfera [7][8][9][10]. Desde el punto de vista de los recursos naturales, los trabajos en obras civiles son responsables además del consumo del 60% de la materia prima extraída de la litosfera, 40% de los cuales se atribuyen al sector de la construcción de edificaciones [11].

Teniendo en cuenta lo planteado previamente, diversas medidas se han desarrollado a nivel internacional, en aras de reducir el impacto negativo del sector de la construcción

sobre el medio ambiente y así poder promover la construcción sostenible, integrando consideraciones ambientales, sociales y económicas dentro de las estrategias y prácticas del negocio de la construcción [12]. Dentro de estas medidas se encuentran: los planes para el impulso de la sostenibilidad a nivel internacional [13], Análisis de ciclo de vida (LCA) [14], diseño ecológico de proyectos [15], incorporación de nuevos productos [6][16], promoción y optimización de procesos de reciclaje [17][18], clasificaciones y certificaciones de sostenibilidad de edificaciones [19][20][21].

Las certificaciones de sostenibilidad son una herramienta que busca garantizar la creación y operación de construcciones con ambientes sanos, utilizando de manera eficiente los recursos naturales y seleccionando el diseño óptimo de los proyectos desde el punto de vista ecológico, garantizando así el desarrollo sostenible [22]. Haciendo énfasis en estas últimas, globalmente se han desarrollado diversas certificaciones en materia de construcción, involucrando numerosos campos de aplicación como lo son obras nuevas, remodelaciones, parques, entre otros [23].

La certificación *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), desarrollada en 1990 por el Building Research Establishment de UK, fue la primera herramienta de evaluación de sostenibilidad de edificaciones realmente significativa a nivel global [24]. Posterior a esta, diversos países se vieron impulsados a desarrollar sus propias certificaciones tales como la *Leadership Energy and Environmental Design* (LEED), desarrollada en 1996 por el *U.S Green Building Council* (USGBC) de los Estados Unidos [25]. Para 2001 el *Japan Sustainable Building Consortium* (JSBC) desarrolló la certificación de sostenibilidad llamada *Comprehensive Assessment System For Built Environment Efficiency* (CASBEE) empleada en Japón [26]. En 2005 la *Singapore's Building and Construction Authority* (BCA) desarrolló la certificación *Green Mark* [27] empleada en Singapur. En Francia La *Haute qualite environnementale* (HQE) [28].

A pesar de existir diversas certificaciones a nivel global y estar manejadas por diferentes organizaciones, la gran mayoría de estas concuerdan en tratar temas como el manejo de los recursos hídricos, el ahorro de energía, la calidad de aire tanto en el interior como en el exterior de las edificaciones, la implementación de materiales responsables con el medio ambiente durante la construcción, innovación, entre otros [29]. Estas consideraciones se tienen en cuenta tanto para el proceso constructivo como para la vida útil de las edificaciones a certificar [30][31].

No obstante, a pesar de ser una medida eficaz desde el punto de vista medioambiental, es importante conocer el impacto financiero que pueden tener las empresas constructoras al buscar incluir la sostenibilidad dentro de sus proyectos, ya que este impacto puede variar dependiendo de la zona donde vayan a desarrollar. Diversos estudios han demostrado que el incremento presupuestal puede oscilar entre un 0% hasta un 18%. [32][33][34]. Esto se debe en gran parte a la rigurosidad que se tiene en el proceso constructivo, implementación de nuevos materiales y gastos administrativos para la obtención de las certificaciones. Sin embargo, este incremento se ve justificado en los beneficios que se obtienen en el largo y corto plazo, gracias a la disminución de los impactos negativos de los proyectos sobre el medio ambiente [35][36].

Analizando lo explicado previamente, se esperaría que el valor de las propiedades sostenibles fuese mayor que el de las edificaciones convencionales. Diversos estudios han demostrado que existe una prima sobre el valor de las propiedades y sobre la renta de las mismas [37][38]. No obstante, también se han presentado casos donde estas no se han obtenido [39]. Esta variación se debe en gran parte a la zona donde se desarrollen los proyectos, tal como sucede con los incrementos presupuestales. Sin embargo, cabe resaltar que los proyectos, a pesar de variar en sus costos de elaboración y en sus precios de venta, siguen siendo rentables para los constructores [40].

Haciendo énfasis en la situación actual de Colombia y tomando como referencia la certificación LEED dada su importancia a nivel internacional [41][42] y a la acogida que se le ha dado en este país, para el 31 de agosto de 2017, Colombia contaba con 105 proyectos certificados por la USGBC discriminados de la siguiente manera: 9 proyectos Platino, 55 Oro, 27 Plata y 14 Certificados. Otros 235 están en proceso de certificación. En la ciudad de Barranquilla, para el 5 de noviembre de 2016 se contaba únicamente con 3 de los 47 proyectos certificados por la USGBC como LEED Oro. No obstante, 12 proyectos se encontraban en proceso de certificación [43]. Esto deja en evidencia el interés de los constructores por la problemática ambiental existente.

Desde el punto de vista económico, según Harlem Acevedo, en Colombia las principales limitantes de la construcción sostenible son: el impacto económico de esta última y el desconocimiento de las metodologías de construcción sostenible [44]. Ahora bien un estudio realizado por Castro-Lacouture en la ciudad de Bogotá demostró que existe un diferencial de costos al buscar certificar proyectos LEED en el país, de este estudio se concluye que la principal causa de este diferencial son los materiales y el nivel de certificación que se busque obtener [45]. Cabe resaltar que no se encontraron estudios que evidenciaran el impacto presupuestal de los proyectos sostenibles en la costa Colombiana, específicamente en la ciudad de Barranquilla.

ANTECEDENTES

Diversos estudios han demostrado la alta influencia que ha tenido el sector de la construcción en el deterioro del medio ambiente [46][47][48]. Es por esta razón que se debe impulsar la implementación de medidas sostenibles en este sector en aras de reducir o mitigar los impactos negativos que se producen sobre el medio ambiente.

En vista de la gran cantidad de impactos que se reducen mediante la implementación de certificaciones de sostenibilidad en las construcciones, la creación e impulso de estas se ha crecido exponencialmente en los últimos años. Diversos estudios demuestran el

rendimiento positivo de la implementación de estas certificaciones en diversas zonas del planeta bajo diferentes ambientes de exposición. Según Lookwood, en el primer año de operación, el Genzyme Center, edificio corporativo de 12 pisos de Genzyme certificado como LEED-Platino ubicado en Cambridge, Massachusetts, utilizó 42% menos energía y 34% menos agua en comparación con un edificio convencional de medidas comparables. De igual forma, El Campus Sur de Toyota Motor Sales, edificación de 3 niveles Ubicada en Torrance, California, certificada como LEED Oro en el año 2003, consume 31% menos energía que el edificio donde se encuentra el Centro de Desarrollo de Servicios de la compañía. Además la edificación consume 60% menos agua [49]. Por otro lado, tal como lo plasma Salmon, según el Nuw Buildings Institute de la USGBC, el consumo de energía en edificaciones comerciales certificadas LEED es en promedio entre un 25 – 30% menor [50][51].

Además de reducir el costo operacional de las edificaciones, diversos estudios han demostrado que también se obtienen beneficios en materia de salud y productividad gracias a las condiciones ambientales en el interior de las mismas. [52][53][54]. Ahora bien, los beneficios mencionados previamente se ven reflejados en el medio ambiente debido a la reducción de los impactos negativos sobre este último, la reducción de las emisiones de material particulado y gases[53][55] y un menor consumo de recursos naturales [56] son unos de los impactos más estudiados a nivel global.

Es importante reconocer que aparte de la obtención de diversos beneficios, también se tiene un costo agregado por las consideraciones especiales para lograr construir las edificaciones sosteniblemente. Estudios han demostrado que este costo agregado depende de la zona donde se desarrollen los proyectos y puede variar entre un 2 y un 20% [57][58][59]. Un caso de estudio desarrollado por Hadas Gabay demostró que el costo agregado por construir sosteniblemente esta entre un 4.33 a un 11.6% [60].

En vista de que las construcciones sostenibles tienen un valor de construcción superior al de las edificaciones convencionales, se esperaría que las edificaciones verdes obtuvieran una prima sobre el precio de la propiedad gracias a la gran cantidad de beneficios que se obtienen por el desarrollo de estas. Ahora bien, diversos estudios, en diferentes partes del mundo difieren en las conclusiones sobre el impacto de las certificaciones de sostenibilidad en el mercado de bienes raíces. Shimizu llegó a la conclusión de que la obtención de una prima por sostenibilidad en las edificaciones estaba en duda luego de evaluar el valor de numerosas edificaciones sostenibles en diversas partes del mundo [39]. Por otro lado, Chegut encontró que en Londres, diversas edificaciones sostenibles obtuvieron primas del 19.7% y 14.7% sobre la renta y el precio de la propiedad respectivamente [37]. Hyland encontró que en California, diversas edificaciones obtuvieron primas del 9% aproximadamente [61]. Para el caso de Colombia no se encontraron estudios que plantearan este tipo de análisis.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En vista de la problemática medioambiental generada en los últimos años a nivel global Como consecuencia de diversos sucesos, tanto naturales como antropogénicos [62], dentro de las cuales históricamente se han catalogado entre las más influyentes a la revolución industrial, el crecimiento exponencial de la población y el desarrollo desmedido de diversos sectores de la economía [63][64], algunas medidas y procesos se han adoptado en aras de disminuir, reducir y/o compensar aquellos impactos negativos producidos sobre el medio ambiente [65][66].

Teniendo en cuenta lo planteado previamente y haciendo énfasis sobre el sector de la construcción y la producción cementera [67], por ser estos últimos considerados como uno de los principales responsables del exceso de emisiones de CO₂ en la atmósfera a nivel global [68][69], diversas certificaciones se han desarrollado en aras de buscar la sostenibilidad de las edificaciones y de los proyectos civiles a nivel general [28].

Con el paso del tiempo, estas certificaciones se han convertido en un tema de interés a nivel mundial. Diferentes entidades y gobiernos han encontrado en estas una forma de contribuir con la mejora de la calidad ambiental [70]. No obstante, A pesar de existir diversas certificaciones tales como la, BREEMAN o LEED [71], aunque varían en diferentes factores, coinciden en tener como fin último la búsqueda de la sostenibilidad de las edificaciones [72]. La certificación con mayor renombre e importancia nivel internacional es la LEED, otorgada por la USGBC [73].

El incremento en la calidad de las obras, la incorporación de nuevas tecnologías e implementación de nuevos materiales, hacen que la búsqueda de estas certificaciones se vea traducida en un incremento presupuestal para los nuevos proyectos de construcción. Desafortunadamente, en muchos países este último se convierte en un sobrecosto no remunerado para los constructores [74], siendo esta una de las principales razones por la cual la construcción de obras verdes se ve limitada[75][76].

Haciendo énfasis en Colombia, y al ser este un país en vía de desarrollo, la puesta en marcha de nuevas empresas y el poder adquisitivo de la población, ha traído consigo un auge importante del sector de la construcción, el cual se ha visto traducido en desarrollo económico y deterioro de la calidad medio-ambiental [77]. No obstante, con el paso del tiempo las edificaciones verdes se han ido posicionando en el negocio de la construcción a nivel nacional [78]. Para el 5 de noviembre de 2016, en la ciudad de Barranquilla existían 3 edificaciones certificadas LEED Oro por la USGBC[79]. A pesar de ser un número pequeño, otras 87 edificaciones están en proceso de certificación, dejando así en evidencia el interés de los constructores locales por construir sosteniblemente. Es por esta razón que conocer el impacto presupuestal es de gran importancia para la toma de decisiones de nuevos proyectos.

Este incremento presupuestal se ha evaluado en diversos países, bajo diversas condiciones[80]. No obstante, los Estados Unidos cuenta con la mayor cantidad de información de este tipo al ser el país promotor de la certificación LEED.

Según Kats, después de evaluar 33 edificaciones LEED y compararlas con edificaciones no certificadas de características físicas similares en la misma región, llegaron a la conclusión de que el incremento presupuestal oscilaba entre un 0 y un 2%, valor que se recuperaba indirectamente en un plazo aproximado de 10 años gracias a las reducciones en los costos de operación de las edificaciones [35]. No obstante, también se han encontrado estudios que demuestran que este incremento presupuestal puede ser del 4 -11% [81] o del 13 – 18% [33]. Esta notable diferencia entre los posibles incrementos presupuestales de las obras deja en evidencia el nivel de incertidumbre económica que se puede tener al desarrollar nuevos proyectos dependiendo de la zona donde se piensen llevar a cabo los mismos y el nivel de sostenibilidad que se esté buscando obtener [82].

La presente investigación tiene como objetivo principal, la determinación del incremento presupuestal que se puede tener al buscar construir una edificación en la ciudad de Barranquilla – Colombia, siguiendo los procesos para la obtención de una certificación LEED Oro e identificar el impacto que han tenido estas certificaciones en el mercado de bienes inmuebles de la ciudad. Esto con el fin de tener un valor inicial que pueda servir para la toma de decisiones en futuros proyectos de construcción de edificaciones, contemplando la posibilidad de incorporar la sostenibilidad ambiental en los mismos.

Ante lo expuesto previamente, se busca responder a la pregunta de ¿cómo cambia el presupuesto de obra, que ítems son los más influyentes en dicho cambio y como se vio impactado económicamente el inmueble de referencia del presente proyecto por las consideraciones que se tuvieron en cuenta al buscar obtener la certificación LEED oro para nuevas construcciones en la ciudad de Barranquilla-Colombia?

JUSTIFICACION

Como consecuencia del deterioro del medio ambiente, y en vista del impacto negativo que el sector de la construcción ha tenido sobre este, mecanismos como las certificaciones de sostenibilidad se han elaborado en aras de garantizar el rendimiento y buena praxis en los procesos de diseño y construcción de nuevos proyectos. Gracias a la contemplación de diferentes factores como la zona donde se construirá la edificación, la posición de la misma, las condiciones del entorno, entre otras, deja en evidencia el alcance y rigurosidad de estas certificaciones.

Si bien es cierto que estas certificaciones contribuyen con la disminución del deterioro ambiental, también se debe tener en cuenta que la implementación de estas conlleva, en la gran mayoría de casos, a un incremento sobre el presupuesto de obra de las edificaciones. Es por esta razón que conocer un valor porcentual aproximado de los sobrecostos que se pueden presentar a la hora de diseñar un proyecto de construcción de edificación, siguiendo los lineamientos exigidos por las entidades que certifican la sostenibilidad de las mismas es de suma importancia. En el presente proyecto se contemplara específicamente la certificación Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) en su categoría Oro, la cual es otorgada por la USGB.

Diversos estudios han demostrado que la construcción de edificaciones verdes, además de conllevar a un diferencial de costos en la inversión inicial de las obras, también trae en el largo plazo un ahorro de dinero debido a la disminución en el consumo de los servicios públicos [83]. Contemplando el escenario específico de la ciudad de Barranquilla-Colombia; donde las temperaturas son considerablemente altas la gran parte del tiempo y la implementación de electrodomésticos como aires acondicionados se vuelve indispensable en algunos casos, y además, teniendo en cuenta el elevado valor de los servicios públicos de la ciudad, conocer el tiempo en el cual se puede obtener la retribución total del incremento de la inversión inicial de las edificaciones gracias a los

ahorros presentados en los costos de operación es de gran importancia para el impulso de la implementación de estas certificaciones en la ciudad.

Cabe resaltar que quien recibe ese ahorro de dinero por las consideraciones ambientales es quien habita el inmueble, no el propietario (En caso de ser un inversionista), o el constructor, ya que el metro cuadrado de las edificaciones verdes en esta ciudad compite por el mismo valor que tienen las edificaciones convencionales.

Teniendo en cuenta lo previamente planteado, se busca que los constructores cuenten no solo con un valor porcentual aproximado de los incrementos presupuestales de manera general y específica, sino también conocer los beneficios que se pueden obtener, los impactos negativos que se reducen al construir sosteniblemente y estar informados sobre el estado del mercado de bienes inmuebles sostenibles en la ciudad y su comparación con este estado a nivel internacional.

OBJETIVOS

General

Analizar los aspectos que influyen en el diferencial de costos generado en un proyecto de edificación tradicional bajo las especificaciones y lineamientos de la certificaciones LEED Oro en la ciudad de Barranquilla.

Específicos

- Determinar el diferencial de costos que se puede generar al desarrollar un proyecto LEED Oro en la ciudad de Barranquilla.
- Identificar los beneficios asociado a la construcción de nuevas edificaciones LEED Oro en la ciudad de barranquilla.

- Determinar la relación que existe entre los diferenciales de costos y beneficios identificados.

METODOLOGÍA

Recopilación de información.

En aras de tener un acercamiento lo más real posible a los valores que se manejan en el mercado de la construcción de la ciudad de Barranquilla y así poder obtener resultados confiables, se buscó información presupuestal de alguna de las 3 edificaciones certificadas LEED Oro de la ciudad. Como línea base se trabajó con los valores presupuestales del proyecto Viverdi 84 desarrollado por Palacio Constructores. Este proyecto se encuentra ubicado en la carrera 64C con calle 84-240, barrio Paraíso de la ciudad de Barranquilla. El proyecto cuenta con 10 pisos de propiedades residenciales con un total de 4300m² construidos. Su construcción se inició en enero del año 2014 y finalizó a mediados del 2015. Fue la primera edificación residencial de Latinoamérica en obtener la certificación LEED en su categoría Oro. Este proyecto cuenta con un diseño de aprovechamiento de aguas de condensación de los equipos de Aire acondicionado, aprovechamiento de aguas lluvias, Plenum para la renovación de aire en todos los espacios, ventanearía termo-acústica, muros aislados con poliuretano de alta resistencia, Equipos ahorradores de agua, Luminaria leed con sistemas de control de iluminación domótica además de la incorporación de materiales responsables con el medio ambiente durante su proceso constructivo.

Metodología implementada.

Posterior a la obtención de la información preliminar para el presente proyecto y mediante la elaboración de un nuevo presupuesto de obra, se plantearon dos escenarios base.

En el primer escenario se contempló la edificación sin la incorporación de la certificación LEED Oro, teniendo como base el presupuesto real de la edificación, el cual fue aportado por la constructora Palacio Construcciones para el desarrollo del presente proyecto. Cabe resaltar que a pesar de que este proyecto obtuvo la certificación LEED Oro de la USGBC, en su elaboración se tomó como punto de partida la edificación sin certificación ya que esta fue la primera en obtener este distintivo en latino américa y por ende, no se contaba con información detallada para la elaboración del proyecto contemplando el factor sostenible desde su inicio.

Para el segundo escenario si se contempló la certificación mediante la incorporación de las consideraciones especiales que se tuvieron en cuenta durante el desarrollo del proyecto. Estas consideraciones especiales fueron igualmente aportadas por la constructora Palacio Construcciones.

Seguido de la obtención de los escenarios base descritos previamente, se procedió a realizar un análisis de los presupuestos, con lo que se logró obtener el diferencial de costos aproximado que se presentó en el proyecto en cuestión.

Luego de un análisis preliminar se llegó a la conclusión de que existen tres grupos en los cuales se puede repartir el diferencial de costos obtenido. Inicialmente se tienen los costos adicionales desde el punto de vista administrativo, en segunda instancia se tiene los costos adicionales asociados al proceso constructivo y por último se tiene los costos adicionales en los que se incurrió para garantizar un menor gasto operacional de las edificaciones.

Del mismo modo, apoyándonos en los dos escenarios desarrollados, se Implementó el método CONESA para la identificación y evaluación de los posibles impactos ambientales atribuidos a cada edificación.

Esta metodología de evaluación de impactos ambientales fue desarrollada en el año 1995 por Vicente Conesa Fernández, quien planteo la obtención de valores de impacto ambiental a partir de la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos ambientales identificados mediante la implementación de una matriz causa-efecto [84].

Dentro de esta matriz se analizan 10 parámetros dentro de los cuales se establecen una serie de atributos. Estos parámetros se resumen en la tabla 1.

Criterios		Significado
Signo	+/-	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-)
Intensidad	IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa.
Extensión	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto).
Momento	MO	Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado.
Persistencia	PE	Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctivas.
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deje de actuar sobre el medio.
Recuperación	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las

		condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana.
Sinergia	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
Acumulación	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.
Efecto	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.
Periodicidad	PR	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo).

Tabla 1: Parámetros evaluados en la metodología Conesa [84].

Los parámetros descritos previamente se valoran según el nivel de incidencia presentado en la tabla 2.

Criterio/Rango	Clasificación	Criterio/Rango	Clasificación
Naturaleza		Intensidad	
Positivo	+	Baja	1
		Media	2
Negativo	-	Alta	4

		Muy Alta	8
		Total	12
Extensión		Momento	
Puntual	1	Largo Plazo	1
Parcial	2	Medio Plazo	2
Extensa	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	8
Crítica	12		
Persistencia		Reversible	
Fugaz	1	Corto Plazo	1
Temporal	2	Medio Plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia		Acumulación	
Sin sinergia (Simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativa	4
Muy Sinérgico.	4		
Efecto		Periodicidad	
Indirecto	1	Irregular o Aperiódico o Discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperación			
Recuperación inmediata	1		
Recuperable a Medio Plazo	2		

Mitigable o Compensable	4	
Irrecuperable	8	

Tabla 2: Valoración de los parámetros de evaluación [84].

Luego de valorar los impactos ambientales se obtiene el nivel de importancia de los mismos mediante la implementación de la ecuación 1.

$$I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC) \quad (1)$$

Finalmente se pueden establecer 4 rangos de importancia para cada impacto ambiental. Estos rangos se resumen en la tabla 3.

Rango de Importancia.	Clase de Efecto
0 ≤ 25	Compatible o Irrelevante.
26 ≤ 50	Moderado
51 ≤ 75	Severo
76 ≤ 100	Crítico

Tabla 3: Rangos de Jerarquización de la Importancia del Efecto [84].

Luego de tener definida la importancia de los impactos, se procedió a identificar los diferenciales de Beneficios asociados a la implementación de la certificación. Cabe resaltar que la evaluación de impactos ambientales siguiendo esta metodología exige la participación de un grupo interdisciplinario en aras de obtener un resultado visto desde diferentes puntos de vista. Para el presente proyecto se contó con el concepto de un médico, un diseñador, un ingeniero electricista y un ingeniero civil ambientalista.

Ya teniendo definidos y determinados los diferenciales de costos y beneficios, se procedió identificar la relación que existe entre estos diferenciales. Esto en Aras de identificar el impacto de los beneficios obtenidos en el presupuesto.

Como última instancia, se evaluó la prima presentada sobre el valor de la propiedad con certificación frente a la convencional y se analizó la situación de la ciudad de Barranquilla en materia de mercado frente a la que se presenta en diversas partes del planeta con respecto a esta temática.

RESULTADOS

Al realizar los presupuestos de la edificación convencional y la certificada, se obtuvo una variación relacionada a ciertas actividades, materiales, equipos y costos administrativos. La tabla 4. Resume los diferenciales de costos que se presentaron por capítulos en el presupuesto de obra.

Capitulo	Descripción	Δ Costos
1	Preliminares	14%
2	Excavaciones	8%
3	Cimentación	0%
4	Estructura de concreto	0%
5	Mampostería	13%
6	Cubierta, Cielo raso, Impermeabilizaciones	12%
7	Pañetes	30%
8	Enchapes	4%
9	Pisos	0.5%
10	Especiales	14%
11	Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias	4%

12	Instalaciones Eléctricas	7%
13	Obra Metálica	2%
14	Carpintería de Madera y Metálica	17%
15	Espejos y Cerraduras	0%
16	Pintura y Revestimientos	7%
17	Equipos de Baños y Cocinas	2%
18	Equipos Mecánicos y Accesorios	24%
19	Obra Exterior	0%
20	Maquinaria	0%
21	Aseo de Obra	9%
22	Imprevistos de costo directo	0%
23	Gastos generales de obra	58%
24	Servicios Públicos	0%
25	Varios	0%
26	Honorarios	0%
27	Impuestos y Derechos	0%
28	Gastos de Publicidad y Ventas	0%

Tabla 4: Diferencial de costos por capítulos. (Creación Propia)

De manera general se obtuvo un diferencial de costos aproximado del 9.2% sobre el costo total del proyecto, lo cual equivale a aproximadamente \$540.000.000,00 Distribuidos en los diferenciales presentados en la tabla 4.

Desde el punto de vista de los impactos ambientales, se pudo observar que la implementación de la certificación en las edificaciones disminuye el nivel de importancia de diversos impactos, sobre todo aquellos que tienen relación con la calidad del aire. Las tablas 5 y 6 resumen el impacto más importante para las edificaciones sin certificación y con certificación respectivamente.

Impactos considerables sin LEED.

Proceso	Acciones del proceso que generan impactos ambientales.	Impacto ambiental	Importancia del impacto	Magnitud
Actividades preliminares	Demolición de la vivienda existente	Generación de material particulado	37	Moderado
Actividades preliminares	Demolición de la vivienda existente	Ruido	34	Moderado
Actividades preliminares	Adecuación de área para construir	Generación de material particulado	37	Moderado
Actividades preliminares	Adecuación de área para construir	Ruido	34	Moderado
Actividades preliminares	Retiro del material de demolición	Material particulado	37	Moderado
Actividades preliminares	Retiro del material de demolición	Ruido	34	Moderado
Excavaciones	Excavación para sótanos, piscina, tanque subterráneo, andenes y cimentación.	Cambios en la morfología del suelo	26	Moderado
Cimentaciones y estructura	Instalación de concreto, acero, solado y pañetes	Cambios en el suelo	31	Moderado

Trabajos en cubierta	Instalación de dry-wall	Generación de material particulado por corte de laminas	25	Moderado
Aseo de obra	Alistado de apartamentos y zona común	Levantamiento de material particulado	37	Moderado
Construcción de obra	Actividades de la misma	Generación de empleo	27	Moderado

Tabla 5: Resumen de los impactos más importantes para el escenario sin certificación LEER Oro. (Creación Propia)

Impactos considerables con LEED.				
Proceso	Acciones del proceso que generan impactos ambientales.	Impacto ambiental	Importancia del impacto	Magnitud
Construcción de obra	Actividades de la misma	Generación de empleo	27	Moderado
Cimentaciones y estructura	Instalación de concreto, acero, solado y pañetes	Cambios en el suelo	31	Moderado
Excavaciones	Excavación para sótanos, piscina, tanque subterráneo,	Cambios en la morfología del suelo	26	Moderado

	andenes y cimentación.			
--	---------------------------	--	--	--

Tabla 6: Resumen de los impactos más importantes para el escenario con certificación LEED Oro. (Creación Propia).

Teniendo en cuenta lo desarrollado previamente y analizando la reducción en la importancia de diversos impactos al implementar la certificación LEED, se llegó a la conclusión de que se pueden dividir los diferenciales de costos asociados a la certificación en 3 grupos representativos: Costos administrativos, costos asociados a la reducción de impactos ambientales durante la construcción y costos relacionados con materiales y equipos.

Analizando los diferenciales de costos obtenidos e identificando su relación con cada uno de los 3 grupos descritos previamente se logró determinar la distribución del diferencial de costos total tal como se puede apreciar en la tabla 7.

Capítulo	Descripción	Δ Costos	Administrativos	Proceso Constructivo	Materiales y Equipos
1	Preliminares	14%		X	
2	Excavaciones	8%		X	
3	Cimentación	0%			
4	Estructura de concreto	0%			
5	Mampostería	13%		X	X
6	Cubierta, Cielo raso, Impermeabilizaciones	12%		X	
7	Pañetes	30%			X
8	Enchapes	4%		X	
9	Pisos	0.5%		X	

10	Especiales	14%			X
11	Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias	4%			X
12	Instalaciones Eléctricas	7%			X
13	Obra Metálica	2%			X
14	Carpintería de madera y metálica	17%			X
15	Espejos y Cerraduras	0%			
16	Pintura y Revestimientos	7%			X
17	Equipos de Baños y Cocinas	2%			
18	Equipos Mecánicos y Accesorios	24%			X
19	Obra Exterior	0%			
20	Maquinaria	0%			
21	Aseo de Obra	9%		X	
22	Imprevistos de costo directo	0%			
23	Gastos generales de obra	58%	X		
24	Servicios Públicos	0%			
25	Varios	0%			
26	Honorarios	0%			
27	Impuestos y Derechos	0%			
28	Gastos de Publicidad y Ventas	0%			
			35%	7%	58%

Tabla 7: Distribución de los diferenciales de costos en grupos representativos. (Creación Propia)

De igual manera, gracias a la reducción de los impactos ambientales y a los beneficios económicos obtenidos derivados de la reducción de los costos operacionales de las viviendas, se pudo concluir que existen 6 diferenciales de beneficios. Estos son: Reducción en el consumo de energía, reducción en el consumo de agua, reducción en la producción de material particulado y gases, reducción de la producción de residuos, reducción de costos operacionales y mantenimientos, Beneficios en la salud y productividad.

Luego de revisar a fondo los diferenciales de costos y los beneficios que se derivan de implementar la certificación LEED Oro, se llegó a la conclusión de que estos están enlazados y se pueden atribuir los incrementos que se tuvieron desde el punto de vista económico a los diversos beneficios que se obtienen de la implementación de la certificación LEED Oro. La tabla 8 resume lo expuesto previamente.

Capítulo	Descripción	Δ Costos	Δ Beneficios				
			Reducción Energía	Reducción Agua	Reducción MP y Gases	Reducción residuos	Salud y Productividad
1	Preliminares	14%			X	X	X
2	Excavaciones	8%			X		
3	Cimentación	0%					
4	Estructura de concreto	0%					
5	Mampostería	13%	X				
6	Cubierta, Cielo raso, Impermeabilizaciones	12%			X		X
7	Pañetes	30%	X				
8	Enchapes	4%			X		X
9	Pisos	0.5%			X		X
10	Especiales	14%		X		X	

11	Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias	4%		X			
12	Instalaciones Eléctricas	7%	X				
13	Obra Metálica	2%	X				
14	Carpintería de madera y metálica	17%					
15	Espejos y Cerraduras	0%					
16	Pintura y Revestimientos	7%			X		X
17	Equipos de Baños y Cocinas	2%					
18	Equipos Mecánicos y Accesorios	24%	X	X			X
19	Obra Exterior	0%					
20	Maquinaria	0%					
21	Aseo de Obra	9%			X		X
22	Imprevistos de costo directo	0%					
23	Gastos generales de obra	58%	X	X	X	X	X
24	Servicios Públicos	0%					
25	Varios	0%					
26	Honorarios	0%					
27	Impuestos y Derechos	0%					
28	Gastos de Publicidad y Ventas	0%					

Tabla 8: Distribución de diferenciales de beneficios. (Creación Propia)

Finalmente, mediante la revisión y comparación de los precios de mercado de las edificaciones convencionales aledañas a la seleccionada como base para el presente proyecto, se pudo apreciar que no existe un incremento en el valor de la propiedad por ser sostenible debido a que el precio de venta fue de 2.700.000/m² aproximadamente para las edificaciones aledañas, como para el proyecto Viverdi 84. De esta manera se comprueba que quien asume el diferencial de costos asociado al proyecto es meramente la empresa constructora, mientras que quien recibe los diferenciales de beneficios es la sociedad en general, y más aún quien habita la propiedad.

ANALISIS DE RESULTADOS

Inicialmente se puede apreciar que para el presente proyecto se tuvo un diferencial de costos aproximado del 9.2%, dejando en evidencia que si existe un incremento en el presupuesto por construir sosteniblemente y que este depende de diversos factores asociados a la zona donde se desarrolle el proyecto.

Entrando más a fondo en los diferenciales de costos por capítulos, se pudo apreciar que para capítulos como: Preliminares, Excavaciones, Cubierta-Cielo Raso-Impermeabilizaciones, Enchapes, Pisos y Aseo de Obra, estos diferenciales estuvieron asociados a un mayor costo de la mano de obra por cambios en los rendimientos. La razón de los cambios en los rendimientos se puede asociar a que se buscó reducir la contaminación generada por actividades que involucraron cortes o dispersión de material particulado.

Por otro lado, en los capítulos: Mampostería, Pañetes, Especiales, Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, Instalaciones Eléctricas, Pinturas y Revestimientos, Equipos Mecánicos y Accesorios, los diferenciales de costos estuvieron asociados a materiales o equipos más costosos o adicionales que se tuvieron que emplear por razones de

sostenibilidad. Dentro de estos materiales se encuentran los aislantes térmicos, ventanería termoacústica, o inclusión de equipos como aires acondicionados de alta eficiencia, prensa para residuos, entre otros.

Finalmente, el diferencial de costos que se puede apreciar en el capítulo: Gastos Generales de Obra, está asociado al incremento de los gastos administrativos por buscar certificar la edificación con estándares internacionales de calidad medioambiental.

Analizando ahora lo que se obtuvo de separar el diferencial de costos en los grupos representativos, podemos ver que el diferencial asociado a la mano de obra y rendimientos es mínimo, dejando en evidencia que se pueden reducir en gran medida los impactos negativos sobre el medio ambiente durante el proceso constructivo sin incurrir en un costo adicional exagerado.

Por otro lado y como era de esperárselo, el diferencial asociado a materiales y equipos fue el mayor, esto por la inclusión de tecnologías más avanzadas y materiales más específicos con mejor desempeño en la edificación.

No obstante y no menos importante, cabe resaltar que el diferencial asociado a gastos administrativos fue del 35% aproximadamente, dejando así la posibilidad y a la vez la duda de si se puede reducir este último mediante la implementación de otra certificación, y como sería este incremento implementando una certificación nacional de calidad.

Ahora bien, entrando en los diferenciales de beneficios, debido a que muchos de los diferenciales de costos tienen impacto sobre los diferentes beneficios, no fue posible hacer una relación meramente económica de ambos diferenciales. No obstante, luego de evaluar los resultados obtenidos en las matrices Conesa y del análisis de las actividades involucradas en el proyecto, se puede apreciar que el costo en el que se incurre al construir sosteniblemente genera grandes beneficios gracias a: la reducción de las

emisiones de material particulado y gases generados durante el proceso constructivo, de donde se deriva una serie de externalidades como lo es el poder gozar de una mejor salud y una mayor productividad por la mejora de la calidad de vida en la edificación, y la reducción de los costos operacionales a largo plazo. No obstante cabe aclarar que los demás beneficios identificados no son menos importantes que los mencionados previamente.

CONCLUSIONES.

Como conclusión inicial podemos resaltar la falta de información que existe acerca del impacto económico de las medidas de sostenibilidad sobre nuevos proyectos de edificación en América Latina, especialmente en Colombia.

Para el presente proyecto, se pudo llegar a la conclusión de que al implementar medidas de sostenibilidad para la obtención de una certificación LEED Oro en nuevos proyectos de construcción, se puede llegar a obtener un diferencial de costo aproximado del 9.2% sobre el costo total de estos. No obstante, este diferencial depende de diversos factores que pueden variar dependiendo de las especificaciones del proyecto. De igual manera se pudo comprobar que existe una variación con respecto a este diferencial dependiendo de la zona y el país donde se vayan a desarrollar los proyectos.

De los resultados obtenidos podemos concluir además que una mínima parte del diferencial de costos identificado corresponde a mano de obra y actividades adicionales. Dejando en evidencia que mediante la implementación de buenas prácticas durante la estructuración y la ejecución de los proyectos, se puede reducir en gran medida los impactos negativos producidos por las nuevas construcciones.

De igual forma se puede apreciar que la mayor parte del diferencial identificado corresponde a la implementación de nuevas tecnologías, nuevos materiales o equipos de más alto rendimiento. No obstante, muchas de las medidas que se implementaron en el

proyecto en cuestión estuvieron ligadas al nivel de certificación que se buscó obtener, dejando así abierta la cuestión de cómo varía este diferencial atribuido a materiales y nuevas tecnologías, dependiendo de los niveles de certificación que se deseen para los proyectos.

Las implicaciones desde el punto de vista administrativo presentaron un diferencial de costo del aproximado del 35%, dejando así la duda de si es posible reducir el diferencial de costos asociado a las medidas de sostenibilidad mediante la implementación de otro tipo de certificación medioambiental, ya sea por otra internacional como la BREEAM o mediante la implementación de una certificación nacional.

Luego de socializar con los desarrolladores del proyecto que se utilizó como base del presente trabajo, se llegó a la conclusión de que no se obtuvo un beneficio económico por la obtención de la certificación ya que los valores de venta de las propiedades desarrolladas compitió con el valor de las propiedades convencionales. Esto último se puede ver como una gran limitante para el desarrollo de proyectos de vivienda sostenibles en la ciudad. Cabe resaltar que durante el proceso de demolición de la propiedad existente previo al desarrollo del proyecto evaluado, se lograron recuperar materiales como tejas, madera, baños, ventanería, puertas, entre otros. No obstante, en vista de la magnitud del proyecto desarrollado, estos materiales no se pudieron reutilizar en el mismo, por esta razón se decidió donar el material recuperado de la demolición a las personas involucradas en este proceso en aras de darles un nuevo uso.

Por último, podemos destacar que mediante la implementación de la certificación LEED Oro se redujeron en gran medida los impactos negativos generados sobre el medio ambiente debido al desarrollo del proyecto en cuestión, dejando en evidencia los beneficios globales que se pueden obtener al incorporar la sostenibilidad en nuevas edificaciones.

DISCUSIÓN.

No queda duda de que es necesario incluir la sostenibilidad en los nuevos proyectos de construcción que se vayan a desarrollar globalmente. No obstante, la falta de información sobre las medidas de sostenibilidad en nuevos proyectos de vivienda y su impacto sobre la economía, generan una abstención en el mercado para incorporar estas últimas. Ahora bien, del presente proyecto se pudo evidenciar que existen diversas formas de reducir el diferencial de costos atribuido a las medidas de sostenibilidad mediante la reducción en el nivel de certificación, cambios en las tecnologías implementadas e incluso mediante el cambio de la entidad certificante. No obstante, mediante la implementación de buenas prácticas constructivas se pueden reducir en gran medida los impactos negativos generados sobre el medio ambiente por las nuevas construcciones, sin necesidad de incurrir en un diferencial de costos elevado.

Una de las principales limitantes en la implementación de medidas de sostenibilidad en nuevos proyectos de construcción en la ciudad de Barranquilla es la no obtención de una prima sobre la venta y renta de las propiedades sostenibles. Cabe resaltar que este mismo fenómeno ocurre en diversas zonas del mundo [85].

No obstante, estudios realizados en Londres han demostrado que se pueden obtener primas sobre la venta y renta del 19.7% y 14.7% respectivamente[37]. En Estados Unidos se identificaron primas del 10% para proyectos certificados como Energy Star y del 31% para proyectos certificados LEED[38].

Cajias y Piazzolo proporcionaron evidencia de los efectos de las certificaciones de eficiencia energética en el mercado de propiedades de Alemania, encontrando que un incremento del 1% en eficiencia energética incrementa los valores de renta en un 0.08% y el valor de venta en un 0.45%. Khan y Kok estimaron que las propiedades certificadas con eficiencia energética tuvieron primas de transacción del 9% en Singapur [61].

Finalmente cabe resaltar que según el American Institute of Architects (AIA), los incentivos más efectivos para la estimulación de construcciones con certificaciones ambientales son incentivos fiscales, créditos o descuentos bancarios, Bonos de densidad y permisos de construcción más rápidos [86].

REFERENCIAS

- [1] H. O. W. Long, H. We, B. In, and T. H. E. Anthropocene, "An Editorial Comment," no. x, pp. 251–257, 2003.
- [2] X. Jiang and D. Guan, "Determinants of global CO₂ emissions growth," *Appl. Energy*, pp. 1–10, 2016.
- [3] J. Hansen *et al.*, "Target Atmospheric CO₂: Where Should Humanity Aim?," pp. 217–231, 2008.
- [4] W. Steffen, J. Grinevald, P. Crutzen, and J. McNeill, "The Anthropocene: conceptual and historical perspectives," *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 369, no. 1938, pp. 842–867, 2011.
- [5] Y. W. Weldu, "Life cycle human health and ecosystem quality implication of biomass-based strategies to climate change mitigation," *Renew. Energy*, vol. 108, pp. 11–18, 2017.
- [6] C. Zhang and W. Zhao, "Panel estimation for income inequality and CO₂ emissions: A regional analysis in China," *Appl. Energy*, vol. 136, pp. 382–392, 2014.
- [7] P. Wu, C. Mao, J. Wang, Y. Song, and X. Wang, "A decade review of the credits obtained by LEED v2.2 certified green building projects," *Build. Environ.*, vol. 102, pp. 167–178, 2016.
- [8] B. McDonald and M. Smithers, "Implementing a waste management plan during the construction phase of a project: a case study Implementing a waste management plan during the construction phase of a project: a case study," no. September 2013, pp. 37–41, 2010.
- [9] Z. Shen, "Chinas urbanization challenging sustainable development.," *Int. Hous. Sci. Its Appl.*, vol. 26(3), pp. 181–193, 2002.
- [10] B. Studies, *Trends in global co₂ emissions 2012*. 2012.
- [11] I. Zabalza Bribián, A. Valero Capilla, and A. Aranda Usón, "Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential," *Build. Environ.*, vol. 46, no. 5, pp.

1133–1140, 2011.

- [12] Y. Tan, L. Shen, and H. Yao, "Sustainable construction practice and contractors' competitiveness : A preliminary study," *Habitat Int.*, vol. 35, no. 2, pp. 225–230, 2011.
- [13] P. B. Arch and M. Arch, "Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries," 1999.
- [14] O. Ortiz, F. Castells, and G. Sonnemann, "Sustainability in the construction industry : A review of recent developments based on LCA," *Constr. Build. Mater.*, vol. 23, no. 1, pp. 28–39, 2009.
- [15] G. K. C. D. Ã, "Sustainable construction — The role of environmental assessment tools," vol. 86, pp. 451–464, 2008.
- [16] H. Rohrer, "Technology Analysis & Strategic Management Managing the Technological Transition to Sustainable Construction of Buildings : A Socio-Technical Perspective," no. September 2013, pp. 37–41, 2010.
- [17] L. Jaillon and C. S. Poon, "Construction Management and Economics Sustainable construction aspects of using prefabrication in dense urban environment : a Hong Kong case study Sustainable construction aspects of using prefabrication in dense urban environment : a Hong Kong case study," no. November 2014, pp. 37–41, 2008.
- [18] M. V Madurwar, R. V Ralegaonkar, and S. A. Mandavgane, "Application of agro-waste for sustainable construction materials : A review," *Constr. Build. Mater.*, vol. 38, pp. 872–878, 2013.
- [19] S. Azhar, W. A. Carlton, D. Olsen, and I. Ahmad, "Automation in Construction Building information modeling for sustainable design and LEED ® rating analysis," *Autom. Constr.*, vol. 20, no. 2, pp. 217–224, 2011.
- [20] L. Huimin and L. Qiming, "A Comparison Study of Mainstream Sustainable/Green Building Rating Tools in the World," 2009.
- [21] Y. Gong *et al.*, "Life Cycle Assessment Applied to Green Building Certification in South Korea," vol. 118, pp. 1309–1313, 2015.
- [22] C. J. Kibert, "Establishing principles and a model for sustainable construction," *First Int. Conf. CIB TG 16 Sustain. Constr.*, 1994.
- [23] Kotchen.M, "Green Markets And Private Provision of Public Goods," *J. Polit. Econ.*, vol. 114, pp. 816–834, 2006.
- [24] K. R. Bunz, G. P. Henze, and D. K. Tiller, "Survey of Sustainable Building Design Practices in North America , Europe , and Asia," no. March, pp. 33–62, 2006.
- [25] U. Berardi, "Sustainability Assessment in the Construction Sector: Rating Systems and Rated Buildings," 2011.
- [26] B. K. Nguyen and H. Altan, "Procedia Engineering," vol. 21, no. 0, pp. 376–386, 2011.
- [27] Y. Deng, Z. Li, and J. M. Quigley, "Regional Science and Urban Economics Economic

returns to energy-efficient investments in the housing market: Evidence from Singapore ☆,” *Reg. Sci. Urban Econ.*, vol. 42, no. 3, pp. 506–515, 2012.

- [28] W. Wei, O. Ramalho, and C. Mandin, “Indoor air quality requirements in green building certifications,” *Building and Environment*, vol. 92, pp. 10–19, 2015.
- [29] B. Stankovic, A. Kostic, and M. J. Popovic, “Energy for Sustainable Development Analysis and comparison of lighting design criteria in green building certification systems — Guidelines for application in Serbian building practice,” *Energy Sustain. Dev.*, vol. 19, pp. 56–65, 2014.
- [30] O. A. Olubunmi, P. B. Xia, and M. Skitmore, “Green building incentives: A review,” vol. 59, pp. 1611–1621, 2016.
- [31] C. J. Kibert, *Sustainable construction: green building design and delivery*, vol. 2nd ed. 2008.
- [32] Nalewaik, “EFFICIENT AND AND ENERGY ENVIRONMENTALLY COMPATIBLE COMPATIBLE ENVIRONMENTALLY INFRASTRUCTURE SYSTEMS SYSTEMS,” 2008.
- [33] N. Banks, C. Mapp, M. C. Nobe, and B. Dunbar, “The Cost of LEED — An Analysis of the Construction Costs of LEED and,” 2010.
- [34] C. J. Circo, “Using Mandates and Incentives to Promote Sustainable Construction and Green Building Projects in the Private Sector: A Call for More State Land Use Policy Initiatives,” 2008.
- [35] G. Kats, A. Berman, J. Perlman, L. Alevantis, and E. Mills, “The Costs and Financial Benefits of Green Buildings A Report to California’s Sustainable Building Task Force,” no. October, 2003.
- [36] Y. H. Ahn and A. R. Pearce, “GREEN CONSTRUCTION: CONTRACTOR EXPERIENCES, EXPECTATIONS, AND PERCEPTIONS,” 2006.
- [37] A. Chegut, P. Eichholtz, and N. Kok, “Supply, Demand and the Value of Green Buildings,” vol. 51, no. January, pp. 22–43, 2014.
- [38] R. Estate, “Henley Business School,” pp. 0–38.
- [39] C. Shimizu, “Will green buildings be appropriately valued by the market?,” no. 40, 2010.
- [40] L. Derosa, T. Traverso, and S. Divine, “Building Green,” p. 2009, 2009.
- [41] P. Chen and T. Nguyen, “Integrating BIM and Web Map Service (WMS) for Green Building Certification,” *Procedia Eng.*, vol. 164, no. June, pp. 503–509, 2016.
- [42] J. H. Scofield, “Efficacy of LEED-certification in reducing energy consumption and greenhouse gas emission for large New York City office buildings,” *Energy Build.*, vol. 67, pp. 517–524, 2013.
- [43] C. C. D. C. Sostenible, “Proyectos LEED en Colombia,” 2017.
- [44] H. Acevedo, A. Vasquez, and D. Ramirez, “Sostenibilidad: Actualidad y Necesidad En El Sector De La Construccion En Colombia.,” *Gest. Ambient.*, vol. 15, no. 1, pp. 105–118,

2012.

- [45] D. Castro-lacouture, J. A. Sefair, and L. Flo, "Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia," vol. 44, pp. 1162–1170, 2009.
- [46] A. A. Uso, S. Scarpellini, and I. Z. Bribia, "Life cycle assessment in buildings : State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification," vol. 44, pp. 2510–2520, 2009.
- [47] and G. F. M. 3 Mohamad Monkiz Khasreen 1, Phillip F.G. Banfill 2, "Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review," *Sustainability*, vol. 1, no. 3, pp. 674–701, 2009.
- [48] S. Junnila, A. Horvath, and A. M. Asce, "Life-Cycle Environmental Effects of an Office Building," no. December, pp. 157–166, 2003.
- [49] Lockwood, "Building the green way," *Harv. Bus. Rev.*, 2006.
- [50] W. Salmon, C. Turner, S. Analyst, and B. Owens, "Energy Performance of LEED ® for New Construction Buildings," 2008.
- [51] S. A. Cathy Turner and T. D. Mark Frankel, "Energy Performance of LEED® for New Construction Buildings," 2008.
- [52] A. Singh and M. Syal, "Effects of Green Buildings on Employee Health and Productivity," vol. 100, no. 9, pp. 1665–1668, 2010.
- [53] J. G. Allen *et al.*, "Green Buildings and Health," pp. 250–258, 2015.
- [54] Z. Gou, D. Prasad, and S. S. Lau, "Are green buildings more satisfactory and comfortable ?," *Habitat Int.*, vol. 39, pp. 156–161, 2013.
- [55] J. Garci, "Assessment of the decrease of CO 2 emissions in the construction field through the selection of materials : Practical case study of three houses of low environmental impact," vol. 41, pp. 902–909, 2006.
- [56] J. Cidell, "Local Environment : The International Journal of Justice and Sustainability A political ecology of the built environment : LEED certification for green buildings," no. January 2015, pp. 37–41, 2009.
- [57] R. J. Cole, "Editorial : Cost and Value In Building Green Editorial Cost and Value In Building Green," no. July 2013, pp. 37–41, 2010.
- [58] I. Air, J. Wiley, and I. Air, "Benefits and costs of improved IEQ in U . S . offices," pp. 357–367, 2011.
- [59] G. Kats, "Greening America ' s Schools," no. October, 2006.
- [60] H. Gabay, I. A. Meir, M. Schwartz, and E. Werzberger, "Cost-benefit analysis of green buildings : An Israeli office buildings case study," *Energy Build.*, vol. 76, pp. 558–564, 2014.
- [61] M. Hyland, R. C. Lyons, and S. Lyons, "The value of domestic building energy ef fi ciency

- evidence from Ireland,” *Energy Econ.*, vol. 40, pp. 943–952, 2013.
- [62] D. Cortés-Borda, A. Ruiz-Hernández, G. Guillén-Gosálbez, M. Llop, R. Guimerà, and M. Sales-Pardo, “Identifying strategies for mitigating the global warming impact of the EU-25 economy using a multi-objective input-output approach,” *Energy Policy*, vol. 77, pp. 21–30, 2015.
- [63] M. Elizbarashvili *et al.*, “Georgian climate change under global warming conditions,” *Ann. Agrar. Sci.*, 2017.
- [64] C. P. C. Bong *et al.*, “A review on the global warming potential of cleaner composting and mitigation strategies,” *J. Clean. Prod.*, vol. 146, pp. 149–157, 2017.
- [65] J. Nakamatsu, S. Kim, J. Ayarza, E. Ramírez, M. Elgegren, and R. Aguilar, “Eco-friendly modification of earthen construction with carrageenan: Water durability and mechanical assessment,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 139, pp. 193–202, 2017.
- [66] L. Dembovska, D. Bajare, I. Pundiene, and L. Vitola, “Effect of Pozzolanic Additives on the Strength Development of High Performance Concrete,” in *Procedia Engineering*, 2017, vol. 172, pp. 202–210.
- [67] S. A. Miller, P. J. M. Monteiro, C. P. Ostertag, and A. Horvath, “Concrete mixture proportioning for desired strength and reduced global warming potential,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 128, pp. 410–421, 2016.
- [68] P. Ylm??n, K. Mj??rnell, J. Berlin, and J. Arfvidsson, “The influence of secondary effects on global warming and cost optimization of insulation in the building envelope,” *Build. Environ.*, vol. 118, pp. 174–183, 2017.
- [69] W. G., “Sustainability in industrialized architecture: Modular lightweight construction applied to housing (La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda).,” Polytechnic University of Catalonia, 2009.
- [70] P. H. Chen and T. C. Nguyen, “Integrating web map service and building information modeling for location and transportation analysis in green building certification process,” *Autom. Constr.*, vol. 77, pp. 52–66, 2017.
- [71] N. Lee, S. Tae, Y. Gong, and S. Roh, “Integrated building life-cycle assessment model to support South Korea’s green building certification system (G-SEED),” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, no. February, pp. 43–50, 2017.
- [72] J. Zuo and Z. Y. Zhao, “Green building research-current status and future agenda: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 30, pp. 271–281, 2014.
- [73] T. T. Amasuomo, J. Atanda, and G. Baird, “Development of a Building Performance Assessment and Design Tool for Residential Buildings in Nigeria,” *Procedia Eng.*, vol. 180, pp. 221–230, 2017.
- [74] Northbridge Environmental Management Consultants, “Analyzing the Cost of Obtaining LEED Certification,” 2003.

- [75] L. N. Dwaikat and K. N. Ali, "Green buildings cost premium: A review of empirical evidence," *Energy Build.*, vol. 110, pp. 396–403, 2016.
- [76] C. A. Poveda and R. Young, "Potential benefits of developing and implementing environmental and sustainability rating systems: Making the case for the need of diversification," *Int. J. Sustain. Built Environ.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2015.
- [77] C. H. Ortiz and D. M. Jimenez, "A Smithian analysis of the Colombian economic growth," *Ensayos Sobre Polit. Econ.*, vol. 34, no. 79, pp. 66–77, 2016.
- [78] S. Gobbi, V. Puglisi, and A. Ciaramella, "A Rating System for Integrating Building Performance Tools in Developing Countries," *Energy Procedia*, vol. 96, no. October, pp. 333–344, 2016.
- [79] "Consejo Colombiano de Construcción Sostenible CCCS." .
- [80] L. Onur, "An examination of the LEED green building certification system in terms of construction costs," no. March, 2017.
- [81] Westford, "Analyzing the Cost of Obtaining LEED Certification," 2003.
- [82] F. Jalaei and A. Jrade, "Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 18, pp. 95–107, 2015.
- [83] R. Zmeureanu *et al.*, "Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but..." *Energy Build.*, vol. 41, no. 2, pp. 897–905, 2009.
- [84] "Guia metodologica para la evaluación de aspectos e impactos ambientales," pp. 1–32, 2013.
- [85] P. Eichholtz, N. Kok, and J. M. Quigley, "The economics of green building," vol. 95, no. March, pp. 50–63, 2013.
- [86] X. Yang, "PDXScholar Measuring the Effects of Environmental Certification on Residential Property Values - Evidence from Green Condominiums in Portland , U . S .," 2013.