

Gestión de materiales de construcción en Costa Rica para reducción de residuos: barreras y motivaciones

Construction materials management for waste reduction in Costa Rica: barriers and motivations

Lilliana Abarca-Guerrero¹, Ana Grettel Leandro-Hernández²,
Ivannia Hasbum-Fernández³, Jaime Solano-Soto⁴

Abarca-Guerrero, L; Leandro-Hernández, A.G; Hasbum-Fernández, I; Solano-Soto, J. Gestión de materiales de construcción en Costa Rica para reducción de residuos: barreras y motivaciones. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019. Pág 65-77.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4230>

- 1 Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: labarca@tec.ac.cr
- 2 Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- 3 Escuela de Ingeniería en Producción Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- 4 Escuela de Ingeniería en Computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.





Palabras clave

Industria de la construcción; generación de residuos sólidos; barreras; productividad.

Resumen

Los países de ingresos bajos y medios, se quedan atrás en la investigación relacionada con la industria de la construcción y los problemas de uso de materiales y los residuos que se generan. La literatura muestra que la reducción de residuos y el reciclaje han recibido un interés continuo de los investigadores, pero principalmente en los países desarrollados. Existen pocos informes de países de bajos ingresos e ingresos medios. Además, pocos autores han descrito las principales barreras y motivaciones para la reducción de residuos de construcción. El objetivo de este documento es informar sobre los resultados de una investigación realizada en Costa Rica con el propósito de determinar las barreras y motivaciones que enfrenta el sector de la construcción para mejorar la gestión de los materiales de construcción. El estudio se basa en los datos recolectados en dos fases. Durante la primera fase, se envió una encuesta por correo electrónico a 419 contratistas principales registrados en la Federación Escolar de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). La segunda fase consistió en un grupo de discusión con 49 profesionales de la industria de la construcción para analizar y validar los resultados de la encuesta. Los métodos estadísticos descriptivos ayudaron a determinar las conclusiones. El resultado de la investigación es una lista completa de las barreras y motivaciones observadas para las prácticas de reducción de desechos en el sector de la construcción. Estos no solo son aplicables a Costa Rica, sino que pueden usarse como una guía para estudios similares en otros países de ingresos bajos y medios.

Keywords

Construction industry; generation of solid waste; barriers; productivity.

Abstract

Low- and middle-income countries lag behind in research related to the construction industry and the waste problems that the sector is facing. Literature shows that waste reduction and recycling have received a continuous interest from researchers, but mainly from developed countries. Few reports from low- and middle-income countries are concerned about the reuse of masonry, concrete, and mortar in clay based building ceramics or recycling construction waste, but mostly in relation to concrete aggregates. Furthermore, few authors have described the major barriers and motivations for construction waste reduction. The objective of this paper is to report the findings on a research performed in Costa Rica with the objective to determine the barriers and motivations that the construction sector is facing to improve the management of the construction materials. The study is based on data collected in two phases. During the first phase, a survey was sent via e-mail to 419 main contractors registered at the School Federation of Engineers and Architects (CFIA). The second phase consisted of a focus group discussion with 49 professionals from the construction industry to analyse and validate the findings from the survey. Descriptive statistic methods helped to draw the conclusions. The result of the research is a comprehensive list of observed barriers and motivations for waste reduction practices in the construction sector. These are not only applicable to Costa Rica, but can be used as a guide for similar studies in other low- and middle-income countries.

Introducción

El mundo es testigo del gran aumento en las inversiones en infraestructura (por ejemplo, carreteras, represas, centrales eléctricas, tuberías y ferrocarriles). Simultáneamente, la industria de la construcción debe cumplir con un número creciente de normas y regulaciones ambientales, esperándose que, además, internalice proactivamente el desempeño ambiental de su actividad de una manera similar a la de otras industrias [1].

La industria de la construcción es percibida como un importante contribuyente a la degradación ambiental [2]. Como ejemplo, el sector consume el 40% de los materiales vírgenes que se extraen, mientras que produce el 10–35% de los residuos que se encuentran en los sitios de disposición [3,4].

En un estudio realizado en Costa Rica [5] se identificaron las causas de generación de residuos de la construcción, las cuales fueron priorizadas posteriormente [6]. Estas son relacionadas con actividades de diseño del edificio, la gestión de las compras y adquisiciones, la forma en cómo se manejan los materiales, la ejecución del proyecto, residuos propios del proceso y otras variables no incluidas en las anteriores.

En un análisis de la literatura se determinó que existen muy pocos estudios relacionados con la reutilización y el reciclaje de residuos de construcción en países de ingresos bajos y medios, e incluso menos estudios sobre los factores que afectan la implementación de prácticas de reducción de residuos. Según Ofori [7], este resultado se debe a una menor conciencia ambiental para gestionar los residuos por parte del sector y al menor costo de disposición en sitios de disposición final [8].

Existen pocos autores, de países de ingresos bajos y medios que han reportado resultados en este tema. Acchar et al. [9], han investigado la reutilización de mampostería, concreto y mortero en cerámicas de construcción a base de arcilla. Otros han informado sobre el reciclaje de residuos de construcción, pero principalmente en relación con los agregados de hormigón [10–12]. Las barreras y motivaciones para la implementación de prácticas de reducción de residuos de construcción han sido descritas por autores, principalmente de China, Chile y Tailandia. La identificación de estas barreras permite a los tomadores de decisiones, establecer estrategias que permitan promover un mejor desempeño en el uso de materiales por parte de las empresas constructivas [13].

El objetivo principal de este documento es informar los hallazgos de un estudio que se realizó, como parte de otro mayor, sobre de las barreras y motivaciones que influyen en la eficiencia y la eficacia de las prácticas de reducción de residuos de la construcción, incluyendo la reutilización y reciclaje de materiales constructivos.

Industria de la construcción en países de ingresos bajos y medios

La industria de la construcción contribuye a un porcentaje significativo del Producto Interno Bruto (PIB) en los países de ingresos bajos y medios, y proporciona empleo a una parte sustancial de la población activa [14]. Según Thomas [15], las tecnologías de construcción, en estos países, no cumplen con los requisitos fundamentales establecidos para la industria de la construcción, existe una falta de equipos básicos simples, y a menudo hay pocos operarios calificados de equipos. La estructura organizativa es bastante difusa; los componentes de los materiales se dimensionan normalmente para facilitar el manejo manual ya que hay ausencia de montacargas o grúas. Las instalaciones de fabricación son limitadas y las actividades de albañilería y dosificación de hormigón se realizan en el sitio.

Los estudios muestran que, en muchos países, hay una cantidad creciente de clientes que prefieren evitar a contratistas establecidos y a procedimientos formales de adjudicación de contratos, a favor de la compra de materiales y la gestión del proceso de construcción por parte de ellos participando al sector informal de construcción. Los contratos entre las partes son principalmente verbales, y la construcción ocurre en una serie de etapas [16].

La industria está constantemente clasificada como una de las más corruptas, se realizan pagos grandes para obtener o alterar contratos y eludir las regulaciones. El impacto de la corrupción va más allá del pago de sobornos sino que afecta a la calidad de la infraestructura con bajos rendimientos económicos junto con un bajo financiamiento para el mantenimiento y aquí es donde se siente el mayor impacto de la corrupción [17]. Un ejemplo es el desastre en la industria de la confección de Bangladesh en 2013, en el que un edificio se derrumbó y mató a más de mil trabajadores debido a las barras de hierro y el cemento utilizados las cuales eran de muy baja calidad [18].

Los países de ingresos bajos y medios se caracterizan por la falta de recursos, experiencia y comunicación insuficiente. Ofori [19] afirma que, la industria de la construcción está a la zaga de otros sectores en su respuesta a los problemas del medio ambiente que provocan.

Costa Rica es un país de ingresos medios en el que el 60% vive en áreas urbanizadas [5]. La contribución del sector de la construcción al Producto Interno Bruto en los últimos cinco años se representa en la figura 1, mientras que los m² construidos anualmente se muestran en la figura 2. Ambos revelan la importancia de este sector en la economía del país. El área construida se distribuye en general como: vivienda 40%, comercial 25%, urbanismo 16%, industrial 6% y otro 13%. Algunos estudios han reportado la generación de residuos de construcción en proyectos de vivienda que van desde 700 kg/m² a 24 kg/m². Las comparaciones entre los proyectos no son posibles debido a los diferentes procesos de construcción, diferentes materiales y la diversidad de métodos constructivos. Los productos residuales más importantes (en cantidad) indicados por las empresas de construcción son: madera (limpia y mezclada con concreto), metales (sistemas de tuberías y protectores de techo corrugados, acero de refuerzo), materiales de embalaje, piezas de bloques y concreto, pinturas, y otros en pequeñas cantidades [5].

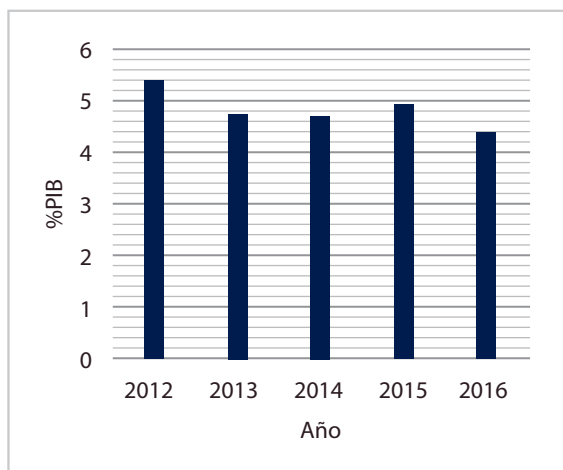


Figura 1. Contribución al PIB del país [20].

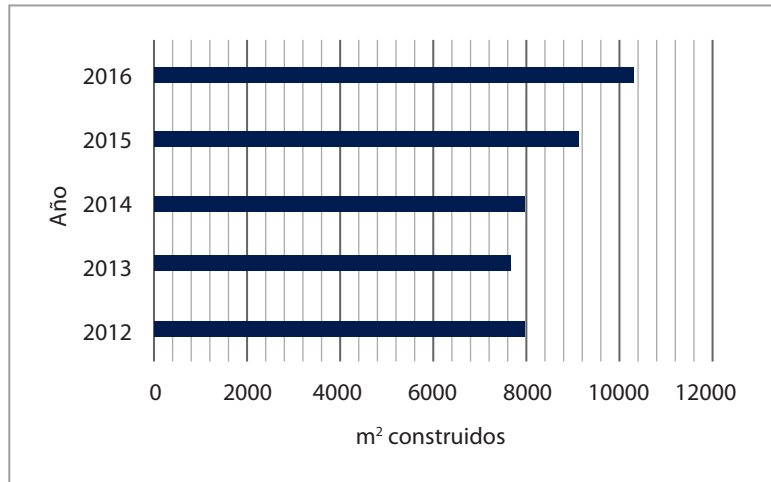


Figura 2. Área construida (m²/año) [21].

Barreras y Motivaciones para Mejorar las Prácticas de Reducción de Residuos de Construcción

Para determinar las barreras y motivaciones para implementar buenas prácticas para la gestión de materiales de construcción y disminuir la generación de residuos, se revisaron siete revistas de construcción y gestión de residuos para el período comprendido entre el 2000–2017. Las revistas fueron las siguientes: Resources, Conservation and Recycling, Waste Management Journal, Waste Management and Research, Construction Management and Economics, Construction Management and Engineering, y Building Research and Information.

Las principales barreras y motivaciones para la reducción de residuos de construcción reportadas en la literatura se agrupan en torno a seis aspectos diferentes: financiero, institucional, ambiental, socio-cultural, técnico y legal [23].

Financiero

La literatura sugiere que los obstáculos financieros están relacionados con la ausencia de mercados que reciben productos reciclados de construcción, lo que pone en peligro los esfuerzos para el reciclaje de residuos de construcción o las prácticas de minimización [24]. También mencionaron que el sector es reacio a llevar a cabo la gestión de los residuos de construcción porque percibieron que esto daría lugar a mayores costos del proyecto. Además, no existen métodos de penalización económica para la gestión inadecuada de residuos, lo que dificulta las prácticas de reducción. Teo y Loosemore [25] encontraron que, los trabajadores consideran que los beneficios financieros de la reducción de residuos se distribuyen de manera desigual ya que llega al que administra la construcción y no a los que realizan las actividades de reducción. También existe la percepción de que las actividades de reducción de desechos no son rentables, eficientes, prácticas o compatibles con las actividades propias de la construcción. También determinaron la falta de voluntad de los trabajadores para separar para el reciclaje o la reutilización de materiales que tienen un bajo valor económico o son difíciles de reutilizar.

Institucional

Varios autores han sugerido que las barreras institucionales están relacionadas con el hecho de que los diseñadores o arquitectos no prestan atención a la reducción de residuos al diseñar un edificio, a las inconsistencias entre diferentes agencias gubernamentales, a la falta de disponibilidad de procedimientos de gestión (recolección, separación, transporte y disposición final), falta de compromiso administrativo y apoyo para la aplicación de mejores prácticas constructivas, la ausencia de normas o estándares de desempeño para la gestión de residuos de construcción y falta de la experiencia de los operarios en procesos de gestión de residuos [25-27]. Además, internamente, las responsabilidades individuales para la gestión de residuos están mal definidas, se comunican de forma inadecuada y se perciben como irrelevantes para los trabajadores [26].

Ambiental

La concientización y la educación se han mencionado como dos temas principales en relación con las barreras ambientales para mejorar las prácticas de construcción, así como la falta de educación en construcción sostenible a nivel universitario, la capacitación inadecuada de los trabajadores de la construcción sobre temas de manejo de residuos, la falta de conciencia de los clientes sobre la responsabilidad de solicitar edificaciones sostenibles. El gobierno y el sector privado están más interesados en solventar el déficit de vivienda que en los problemas ambientales provocados por sus actividades. Además, cuando los trabajadores se capacitan en temas de salud ocupacional, las partes interesadas se sienten más motivadas para tratar voluntariamente los residuos y evitar exposiciones perjudiciales a la salud [24,26,27].

Socio-Cultural

Las barreras socioculturales encontradas están relacionadas con la falta de conciencia ambiental de los clientes y los trabajadores de la construcción, lo que ha creado un comportamiento en el que los clientes tienen una baja demanda de edificios sostenibles y la cultura de la construcción es tradicional. Como ejemplo, en China, la construcción en sitio es preferida frente a la prefabricación [24,26].

Además, los esfuerzos de reducción de residuos nunca serán suficientes para eliminarlos completamente, ya que se ha aceptado como un subproducto inevitable de la actividad de construcción. Teo y Loosemore [25] informaron que, la igualdad de género tiene un efecto causal directo en los esfuerzos de gestión de residuos de construcción porque las mujeres generalmente son más conscientes de los problemas ambientales, pudiendo influir en la formulación de políticas para la gestión de residuos de construcción. Además, encontraron que es poco probable que los profesionales principales en los proyectos, perciban la gestión de residuos con gran importancia a menos que los gerentes lo consideren una prioridad y proporcionen las instalaciones de apoyo, incentivos y recursos necesarios.

Legal

Las prácticas de reducción de residuos de construcción se incrementan cuando existe un marco legal que considera las regulaciones ambientales y mandatos de reciclaje [4]. Muchas economías de ingresos bajos y medios han creado regulaciones que abordan la generación de residuos por parte del sector de la construcción. Yuan et al. [24] y Manowong [27] informaron que, las barreras legales que obstaculizan las prácticas de reducción de desechos están relacionadas con políticas insuficientes, o difíciles de poner en práctica, y muy a menudo la ausencia de mecanismos de cumplimiento.

Técnica

Existen suficientes tecnologías disponibles para la construcción con menos producción de residuos de construcción, pero existen barreras técnicas que obstaculizan esas prácticas, como ejemplos, el conocimiento insuficiente sobre cómo implementar ecotecnologías, la educación deficiente de los profesionales y operarios. Compañías con cultura ambiental invierten en equipos y maquinaria que reducen los desperdicios así como en capacitación para sus empleados [4,15,24,26].

Materiales y Métodos

Los datos fueron recolectados en dos fases. En la primera fase, una encuesta fue preparada basada en Kuijsters [26]. Esta contenía un total de nueve preguntas que fueron propuestas basadas en la literatura que cubrían un número de temas: información general acerca de la compañía, así como el nivel de educación completado por el supervisor que está directamente involucrado con las actividades en el sitio de construcción. Incluía dos preguntas con respecto a las barreras y motivaciones para la reducción de residuos de construcción, medidos en una escala de cinco puntos de tipo Likert, con valores que van desde muy en desacuerdo (1) a muy de acuerdo (5), y con una escalada binaria de preguntas (Si/No). Se les pidió a los encuestados que incluyeran barreras o motivaciones adicionales que consideraran importantes de mencionar.

Antes de la recolección de datos, la encuesta fue probada previamente para facilitar la comprensión y la validación del contenido en las dos fases. En la primera fase, se les solicitó a siete experimentados ingenieros en construcción del Centro de Investigación de Vivienda y Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica examinar el cuestionario en busca de ambigüedad, claridad, y lo apropiado de las variables analizadas. Basados en la retroalimentación recibida de los investigadores, el instrumento fue mejorado. En la segunda fase, la encuesta fue enviada vía correo electrónico a los principales 49 contratistas registrados en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Se realizaron esfuerzos mediante vía telefónica para asegurarse de una mayor tasa de respuesta de los encuestados.

La segunda fase tenía el objetivo de validar lo encontrado en la recolección de datos. Se organizó un grupo focal con 49 profesionales de la industria de construcción, con el objetivo de obtener una mayor visión de los resultados de la encuesta, para analizar sus puntos de vista en los temas presentados, y para obtener una visión más amplia sobre las diferentes opiniones [29]. Los 49 profesionales provenían de compañías que participaron en la encuesta, representantes del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, del sector académico, de la Cámara Costarricense de la Construcción y del Centro de Producción Más Limpia.

Resultados y Discusión

Un total de 30 compañías respondieron, de las cuales una fue descartada debido a información incompleta dando como resultado una respuesta efectiva del 7% (29/419). Representan compañías pequeñas-, medianas-, y grandes, de acuerdo a la definición en Costa Rica: pequeña con menos de 25 empleados pero más de 11; mediana con más de 25 pero menos de 100; y grande, con más de 100 empleados. Las compañías que respondieron no representan la totalidad del espectro de las compañías constructoras existentes en Costa Rica ya que el sector está constituido principalmente micro, pequeñas, y medianas empresas (MSMEs). Las “micro empresas”, con 10 o menos empleados, corresponden hasta el 30% del número total de compañías [21]. Estas no participan en la encuesta debido a que laboran principalmente en el mercado informal y no están registradas en el base de datos del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

En el país, el sector de construcción es intensivo en el trabajo. En empresas medianas y grandes, la división entre trabajadores es acentuada ya que poseen un grupo pequeño de alto nivel de trabajadores educados, conformado principalmente por ingenieros y administrativos preparados que se organizan de manera permanente, y un grupo de mayor tamaño con bajo nivel educativo y poca motivación, los cuales son los operarios trabajando en el sitio de construcción, los cuales son contratados bajo sistemas temporales y bajos salarios. Dos tercios de los supervisores cuentan con educación primaria o secundaria hasta el noveno año (nueve años de educación). Durante la reunión del grupo profesional se reportó que el entrenamiento de los trabajadores se da de manera informal en el sitio de trabajo. Es común emplear inmigrantes no preparados de los países vecinos, los cuales usualmente tienen un estatus ilegal. Se puede esperar que los trabajadores masculinos más talentosos sin un grado académico sean promovidos de la labor constructiva y paulatinamente sean trasladados a tareas más gerenciales. Como es mencionado por Osmani [29], el conocimiento y los programas de educación pueden potencialmente ayudar a apreciar los beneficios en la minimización de residuos.

Se les solicitó a las compañías que reportaran si poseían un plan de manejo de residuos o una persona encargada de garantizar un manejo eficiente y responsable de los materiales. Un plan de manejo de residuos (PMR) coloca el residuo en el mapa, haciendo su identificación el primer paso para identificar si existe un potencial problema de residuos. [30]. El resultado indicó que pocas compañías (13%) tenían un plan de manejo de residuos, 13% de las compañías reportaron que tenían ambos (plan y administrador), pero el 74% de las empresas correspondientes no contaban con un plan o un administrador. Esto refleja que este tema, todavía no se encuentra institucionalizado dentro de las compañías de construcción en Costa Rica.

Las preguntas propuestas de la literatura fueron utilizadas para analizar las barreras (cuadro 1) y motivaciones (cuadro 2) que enfrenta el sector de construcción de Costa Rica para aplicar prácticas de reducción de residuos. Por motivos de facilidad, en las referencias solo un autor es mencionado. Nuevas barreras fueron encontradas en el presente estudio, las cuales no fueron mencionadas en la revisión literaria. Estas se identifican por el acrónimo PS lo cual significa Presente Estudio.

Cuadro 1. Barreras en la implementación de reducción de residuos de construcción.

Aspecto	Barrera	Referencia
Financiero/ económico	Falta de un mercado bien desarrollado de reciclaje de residuos	[24]
	Poca disposición de las empresas hacia el manejo de residuos de construcción y a la percepción que incrementa costos en tiempos de intensa competitividad	[24]
	Falta de contratos que incluyan penalizaciones económicas por el mal manejo de residuos	[24]
	La percepción de que las actividades de reducción de residuos no son costo-efectivas, eficientes, prácticas o compatibles con las principales actividades constructivas de la empresa	[25]
	Indisposición de segregar para reciclar y reutilizar materiales con bajo valor económico o con dificultad de reuso	[25]
	Los beneficios económicos de la reducción de residuos no son distribuidos adecuadamente como incentivo para los trabajadores	[25]
	El precio de la construcción no refleja el costo ambiental	EP *
	La principal prioridad de las empresas es la ganancia económica y no reducir impactos ambientales	EP *
	Énfasis en el costo de inversión, no en utilidades a largo plazo	EP *

Aspecto	Barrera	Referencia
Institucional	Inconsistencias en la coordinación entre instituciones gubernamentales responsables de los residuos sólidos	[26]
	La reducción de residuos no recibe suficiente atención en las empresas constructoras durante el planeamiento, diseño y construcción	[26]
	Procedimientos para la gestión de residuos no accesibles por parte de las empresas	[27]
	Falta de compromiso y apoyo gerencial para mejorar la gestión de los residuos	[25]
	Ausencia de reglamentos, normas, indicadores para el manejo de residuos	[25]
	Falta de integración entre la habilidad, actitud y experiencia de los trabajadores para el manejo de residuos	[25]
	Las responsabilidades individuales para la gestión de residuos son poco definidas, comunicadas inadecuadamente y son percibidas como irrelevantes por parte de los trabajadores	[25]
	Los clientes no participan en el proceso de planeamiento y diseño	[30]
	Falta de tiempo para desarrollar planes de reducción de residuos	EP *
Ambientales	Falta de educación a nivel universitarios sobre construcción sostenible	[26]
	Entrenamiento inadecuado de los trabajadores de la construcción en temas relacionados con el manejo de residuos	[24]
	Falta de conocimiento de los clientes con respecto a construcción sostenible	[26]
	Conocimiento ambiental deficiente de parte de la industria, políticos encargados de tomar decisiones y clientes	[24]
	La atención del gobierno y del sector privado se centra en reducir el déficit de vivienda y no en los problemas ambientales	[26]
	Ausencia de cuidado de salud y entrenamiento para el manejo de residuos para los trabajadores	[27]
Técnico	Insuficiente conocimiento en modalidades de implementar eco-tecnologías	[26]
	El manejo de residuos de construcción no puede ser elaborado de manera efectiva debido al limitado espacio	[24]
	Habilidades deficientes en las prácticas de construcción de los operativos en el sitio	[24]
Socio-cultural	Baja demanda de construcciones sostenibles por parte de los clientes	[26]
	La cultura de construcción con sistemas tradicionales	[24]
	Dificultados en el cambio de prácticas de trabajo en la fuerza laboral	[24]
	La creencia de que los esfuerzos por reducir residuos nunca van a ser suficientes para eliminar completamente los residuos	EP *
Legal/político	Regulaciones de apoyo insuficientes	[24]
	Las regulaciones existentes son difíciles de poner en la práctica	[24]
	La falta de políticas de fortalecimiento en el sector construcción y planes de manejo de residuos	[27]
	Deficiencia de regulaciones ambientales	EP *
	Falta de información disponible con respecto a los requisitos de las normas ambientales	EP *

Cuadro 2. Motivaciones para implementar la reducción de residuos de construcción.

Aspectos	Motivaciones	Referencia
Financiero/ económico	Altos costos de disposición en los sitios de disposición final	[28]
	Conciencia sobre la reducción de costos debido a la disminución de pérdidas de material y ahorro en materias primas	EP *
	Disminución de los costos legales asociados a los problemas ambientales asociados (multas, compensación)	EP *
	Ganancias adicionales, resultado de la reventa de sub-productos	EP *
	Ahorros en energía (electricidad, combustibles fósiles)	EP *
Institucional	Formación de una cultura de manejo de residuos dentro de la empresa	[24]
	Promoción de la imagen de la empresa	EP *
	Promoción del intercambio/competencia en el mercado.	EP *
	Seguimiento de las acciones de la competencia	EP *
Ambiental	Conciencia ambiental del sector construcción	EP *
Técnico	Experiencia de construcción con materiales reciclados	[28]
	Desarrollo de especificaciones e instrucciones para el uso de materiales reciclados	[28]
	Espacio en el sitio para la gestión de los residuos de forma adecuada	[24]
	Tecnologías de construcción con poca generación de residuos	[24]
	Compra de equipo y/o máquinas para la minimización de residuos	[24]
	Mejorar las habilidades de los trabajadores	[24]
	Asistencia o información de los proveedores	EP *
Socio-cultural	Actitudes de los principales trabajadores	[25]
	Demanda de los clientes de construcciones sostenibles	EP *
Legal/político	Mandatos gubernamentales de reciclaje	[28]
	Regulación ambiental gubernamental puesta en práctica	[24]
	Instrucciones específicas para el uso de materiales reciclados	[24]
	Un marco legal bien establecido para la gestión de los residuos de la construcción	[24]
	Fiscalización adecuada del marco legal	EP *

Las barreras financieras encontradas durante este estudio están relacionadas con los precios de los proyectos constructivos, los cuales no reflejan el costo del impacto ambiental por la reducción de recursos naturales que son dispuestos y de la contaminación causada a las fuentes de agua, al suelo, o al aire por la disposición de materiales peligrosos. Las empresas no están interesadas en mejorar sus procesos debido a que su principal prioridad es la ganancia económica inmediata. El énfasis en la inversión es a un plazo corto por encima de los ahorros a largo plazo.

Los resultados demuestran que no se desarrollan planes de manejo de residuos por diversas razones. Primero, no es obligatorio bajo la regulación del país en estudio, tampoco es solicitado por el cliente y por últimos, las empresas no tienen el conocimiento de como realizar uno. Es importante mencionar que el presupuesto preparado ya incluye de un 10% a un 15% extra en el presupuesto, el cual es enmarcado como "escombros". Esta práctica, la cual es común entre todas las empresas constructoras, reduce la necesidad de ahorrar materiales. Adicionalmente, tienen la creencia que los esfuerzos en reducir los residuos nunca serán suficientes para eliminar los residuos.

Las barreras legales encontradas durante el estudio indican que aunque Costa Rica tiene leyes relacionadas al manejo de residuos, al país le faltan regulaciones para operacionalizar las leyes y además el gobierno no es capaz de fiscalizarlas adecuadamente. Adicionalmente, las empresas no tienen suficiente información sobre las normas de construcción y los requerimientos esperados para seguir estas normas.

Un estudio reciente sobre reuso y reciclaje de residuos de construcción en Costa Rica [32] muestra la presencia de iniciativas privadas que recolectan materiales para el re-uso o el reciclaje de metales, vidrio, materiales derivados de productos de madera, material de empaque, plásticos, vegetación debido al nivelado de terreno, y yeso.

El cuadro 2 muestra los diferentes motivos que favorecerían una adecuada prevención de la generación de residuos. Algunos de ellos relacionados con la remoción de barreras para un mejor manejo del material de construcción y otros mencionan la falta de conciencia sobre la reducción de costos al reducir la pérdida de materiales, ahorros en materias primas, energía y los beneficios al re-vender los sub-productos. También se menciona que si la ley se fiscalizara y las multas se ejecutaran, las empresas harían esfuerzos para reducir la contaminación.

Las empresas de construcción siguen lo que la competencia haga en relación a la construcción sostenible. Comienzan a reconocer la oportunidad de promover su imagen y de ampliar su mercado al incluir, entre otros, buenas prácticas de manejo de material. El sector de construcción, en algunos casos, está comprometido a la concientización ambiental. Los proveedores de materiales juegan un rol importante en proveer asistencia adecuada e información acerca de nuevos equipos y materiales. La solicitud de los clientes por construcciones sostenibles puede promover el cambio en la actitud y comportamiento de la mayoría de los trabajadores del sector.

Como es mencionado por Esin y Cosgun [33], el método más efectivo en reducir el impacto ambiental de los residuos de construcción es previniendo su generación y reduciéndolo lo más posible. Se deben realizar esfuerzos para proponer incentivos para el reuso de materiales de construcción y la creación de mercados de los materiales recuperados para el reciclaje, así como el apoyo a empresas existentes que procesan los materiales producidos como desecho.

Conclusiones

Este trabajo presenta los resultados encontrados durante una investigación realizada en Costa Rica, la cual determinó las barreras y las motivaciones por los que el sector de construcción debe ser más eficiente y efectivo en la reducción de materiales de construcción que se convierten en residuo.

Este estudio muestra las barreras y motivaciones encontrados de acuerdo a los reportados en China [23], Chile [26], y Tailandia [27], así como de países con altos ingresos, como Inglaterra [25,31]. Estos resultados indican, como menciona Koskela [34], que el logro de una economía carbono neutral y baja en uso de recursos requiere de cambios significativos y radicales en los sistemas socio-tecnológicos, especialmente si los países están luchando para ser sociedades carbono neutral, como Costa Rica.

Este estudio contribuye al flujo creciente de investigación que documenta los desafíos del sector de construcción en los países emergentes, usando a Costa Rica como un caso de estudio. La identificación de nuevas y otras barreras y motivaciones reportados para implementar buenas prácticas en el manejo de materiales de construcción, permite determinar cuáles aspectos se deben tomar en cuenta para mejorar el desempeño del sector, el cual se puede extender a estudios en otras partes del mundo. Los cuadros 1 y 2 muestran que las barreras y motivaciones están relacionados con aspectos financieros, ambientales, técnicos, socio-culturales, ambientales y legales. Resultados similares fueron encontrados por Guerrero et al. [5] al analizar los factores que influyen los sistemas de manejo de residuos en algunas ciudades del mundo.

Referencias

1. Reid, J.M.; El-Gamil-Hassan, K.; Al-Kuwari, M.S. Improving the management of construction waste in Qatar. *Waste Resour. Manag.* 2016, 169, 21–29.
2. Gangolells, M.; Casals, M.; Forcada, N.; Macarulla, M. Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites. *Resour. Conserv. Recycl.* 2014, 93, 99–111.
3. Solís-Guzmán, J.; Marrero, M.; Montes-Delgado, M.V.; Ramírez-de-Arellano, A. A Spanish model for quantification and management of construction. *Waste Manag.* 2009, 29, 2542–2548.
4. Periathamby, A. Challenges in sustainable management of construction and demolition waste. *Waste Manag. Res.* 2008, 26, 491–492.
5. Abarca-Guerrero, L. A Construction Waste Generation Model for Developing Countries. Ph.D. Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2014.
6. Abarca-Guerrero, L. Nivel de importancia de las causas de generación de residuos en la construcción en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 2017, 30(4), 129-136.
7. Ofori, G. *New Perspective on Construction in Developing Countries*; Spon Press: London, UK, 2012. 5
8. Yuan, H.; Shen, L. Trend of the research on construction and demolition waste management. *J. Waste Manag.* 2011, 31, 670–679. 6
9. Acchar, W.; Silva, J.E.; Segadaes, A.M. Increased added value reuse of construction waste in clay based building ceramics. *Adv. Appl. Ceram.* 2013, 112, 487–493. 7
10. Letelier, V.; Tarela, E.; Muñoz, P.; Moriconic, G. Combined effects of recycled hydrated cement and recycled aggregates on the mechanical properties of concrete. *Constr. Build. Mater.* 2017, 132, 365–375. 8
11. Puthussery, J.V.; Kumar, R.; Garg, A. Evaluation of recycled concrete aggregates for their suitability in construction activities: An experimental study. *Waste Manag.* 2017, 60, 270–276. 9
12. Shahidan, S.; Azmi, M.A.M.; Kupusamy, K.; Zuki, S.S.M.; Ali, N. Utilizing Construction and Demolition (C&D) Waste as Recycled Aggregates (RA) in Concrete. *Procedia Eng.* 2017, 174, 1028–1035. 10
13. van Twillert, H. Costa Rican Construction Sector Waste Management Assessment. Master's Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2007. 11
14. Ngowi, A. Challenges facing construction industries in developing countries. *Build. Res. Inf.* 2002, 30, 149–151. 12
15. Thomas, H.R. 2000 Peurifoy Lecture: Construction practices in developing countries. *J. Constr. Eng. Manag.* 2002, 128, 1–7. 13
16. Hartkopf, V.; Yan, X.; Aziz, A. Case Studies of High Performance Sustainable Buildings; United Nations Environment Programme Sustainable Building & Construction Initiative (UNEP SBCI); Carnegie Mellon University: Pittsburgh, PA, USA, 2009. 14
17. Kenny, C. Construction, Corruption and Developing Countries. World Bank Policy Research Working Paper 4271. 2007. Available online: <http://documents.worldbank.org/curated/en/571281468137721953/pdf/wps4271.pdf> (accessed on 11 November 2016). 15
18. The Telegraph Newspaper. Poor Quality Construction Materials to Blame for Deadly Bangladesh Factory Collapse. 2013. Available online: <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/bangladesh/10075098/Poor-quality-construction-materials-to-blame-for-deadly-Bangladesh-factory-collapse.html> (accessed on 18 September 2016). 16
19. Ofori, G. Challenges of Construction Industries in Developing Countries, Lessons from Various Countries. 2000. Available online: <http://www.google.co.uk/search?hl=en&q=Challenges+of+construction+industries+in+developing+countries%2C+lessons+from+various+countries&meta> (accessed on 11 November 2016). 17
20. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) Estadísticas. 2016. Available online: <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/poblacion/migracion/publicaciones/anpoblaccenso2000-18.pdf> (accessed on 24 August 2017). 18
21. Camara Costarricense de la Construcción (CCC) GDP. 2016. Available online: <http://www.construccion.co.cr/> (accessed on 24 August 2017). 19
22. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Indicadores CFIA de la Construcción Costa Rica. 2016. Available online: <http://www.cfia.or.cr/descargas2016/estadisticas/reporteAnual2016.pdf> (accessed on 24 August 2017). 22

23. Guerrero, L.A.; Maas, G.; Hogland, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. *J. Waste Manag.* 2013, 33, 220–232.
24. Yuan, H.; Shen, L.; Wang, J. Major obstacles to improving the performance of waste management in China's construction industry. *Facilities* 2011, 29, 224–242.
25. Teo, M.M.M.; Loosemore, M. A theory of waste behavior in the construction industry. *Constr. Manag. Econ.* 2001, 19, 741–751.
26. Kuijsters, A. Environmental Response of the Chilean Building Sector. Master's Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2004.
27. Manowong, E. Investigating factors influencing construction waste management efforts in developing countries: An experience from Thailand. *Waste Manag. Res.* 2012, 30, 56–71.
28. Chini, A.R. General issues of construction materials recycling in USA. In Portugal SB07. Sustainable Construction, Materials and Practices; IOS Press: Amsterdam, the Netherlands, 2007; pp. 848–855.
29. Overseas Development Institute (ODI). Overseas Development Institute Research Tools: Focus Group Discussions. 2009. Available online: <http://www.odi.org.uk/publications/5695-focus-group-discussion> (accessed on 23 November 2016).
30. Osmani, M.; Glass, J.; Price, A.D.F. Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Manag.* 2008, 28, 1147–1158.
31. Poon, C.S.; Yu, A.T.W.; Wong, Z.W.; Cheung, E. Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong. *Constr. Manag. Econ.* 2004, 22, 675–689.
32. Abarca-Guerrero, L.; Leandro-Hernandez, A.G. Guía Manejo Eficiente de Materiales de Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cámara Costarricense de la Construcción, 2016. Available online: http://www.construccion.co.cr/descargas/GUIA_MANEJO_MATERIALES_CONSTRUCCION.pdf (accessed on 10 November 17).
33. Esin, T.; Cosgun, N. A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey. *Build. Environ.* 2007, 42, 1667–1674.
34. Koskela, S.; Mattila, T.; Antikainen, R.; Mäenpää, I. Identifying key factors and measures for a transition towards a low resource economy. *Resources* 2013, 2, 151–166.