

Situación actual de la gestión de los materiales de construcción en Costa Rica

Actual situation of construction materials management in Costa Rica

Lilliana Abarca-Guerrero¹, Ana Grettel Leandro-Hernández²

Fecha de recepción: 6 de noviembre de 2015
Fecha de aprobación: 14 de febrero de 2016

Abarca-Guerrero, L; Leandro-Hernández, A. Situación actual de la gestión de los materiales de construcción en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 29-4. Octubre-Diciembre 2016. Pág 111-122.

DOI: 10.18845/tm.v29i4.3042



- 1 Centro de Investigación en Protección Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: labarca@itcr.ac.cr
- 2 Centro de Investigación en Vivienda y Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: gleandro@itcr.ac.cr

Palabras clave

Composición; cantidad; residuos construcción; causas.

Resumen

La industria de la construcción se considera un pilar en la economía de los países, ya que provee vivienda, edificaciones e infraestructura a una población en crecimiento y un proceso de urbanización continua, especialmente en el mundo en desarrollo. Sin embargo, este sector también es un gran consumidor de recursos naturales y produce una cantidad significativa de residuos.

Los datos sobre la generación de residuos del sector de la construcción en Costa Rica son escasos. Por lo tanto, se realizó un estudio con la finalidad de desarrollar una línea de base sobre las cantidades y composición de estos materiales, y determinar los motivadores y las barreras para lograr una actividad más sostenible.

Se llevó a cabo una encuesta mediante cuestionarios, entrevistas y visitas de campo. De acuerdo con los resultados, los residuos se componen básicamente de madera, suelo, restos de tuberías, láminas de techo corrugado, alambres, materiales de embalaje (papel, plástico, cartón), cemento, hormigón, bloques, pinturas y escombros. Las cantidades (ya sea en volumen o peso) se desconocen, ya que la mayoría de las empresas no mantiene un registro de tales datos.

Con base en los resultados obtenidos, se estableció un indicador de generación de residuos con un valor de 100 kg/m². Esta cifra es alta si se compara con los valores reportados por la literatura para los países desarrollados. Este alto valor podría explicarse por la falta de información sobre el impacto ambiental de la actividad de la construcción, el desconocimiento de tecnologías, la falta de fiscalización gubernamental y la ausencia de incentivos de mercado, entre otros factores que reducirían el impacto medioambiental del sector.

Keywords

Composition; quantity; construction waste; causes.

Abstract

The construction industry is considered a pillar in the economy of nations. It provides housing, buildings and infrastructure for a growing population and continued urbanization, especially in developing countries. However, this sector is known as a major consumer of natural resources producing a significant amount of construction and demolition waste.

The data, on the situation of construction waste generation is scarce in Costa Rica. Therefore, the aim of the study is to develop a baseline on the quantities and composition of the waste generated during the construction process, as well as the motivators and barriers to achieve a more sustainable activity.

In order to achieve the objective, a survey was done by means of a questionnaire and interviews including construction site visits. According to the results, construction waste is composed of wood, soil, rest of piping materials, corrugated sheet, metal wires, packaging materials (paper, plastic, cardboard), cement, concrete, cement blocks, paints and debris. The quantities, either by volume or weight are unknown due to the lack of records kept by the companies.

An indicator related to construction waste generation was determined as 100 kg/m². This value is high compared to the ones reported in literature for developed countries which could be explained as due to the lack of knowledge on technologies and information on the environmental impact of their activities by the construction companies, the absence of enforcement procedures, and market incentives for a more sustainable activity.

Introducción

El sector de la construcción aporta un alto porcentaje del producto interno bruto (PIB) en las naciones en vías de desarrollo, suministrando empleo a un grupo importante de la población (Ngowi, 2002). La industria interviene, entre otros, en la construcción de edificios, carreteras, represas, ferrocarriles, oleoductos e incluso estaciones espaciales, pero también contribuye a la degradación ambiental.

Se estima que el sector de la construcción es responsable del 12-16% del consumo de agua, el 25% de la madera extraída, el 30-40% del consumo de energía y el 40% de materiales vírgenes utilizados (Macozoma, 2002). El 57% de los residuos sólidos de construcción y demolición (C&D) en sitios de disposición final provienen de la construcción (cuadro 1), ruido, polvos, emisiones gaseosas (Lu & Yuan, 2011), el 20-30% de gases de efecto invernadero, el 15% de los materiales solicitados para la construcción se convierten en residuos, cambios en el uso de la tierra que incluyen remoción de flora, degradación estética, oportunidades para la corrupción y riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores del sector (UNEP, 2003).

Debido al alto impacto ambiental del sector, la industria ha sido criticada y forzada a promover la sostenibilidad. Varios autores consideran que el sector construcción ha sido lento en responder a esas demandas ambientales en comparación con otro tipo de industrias. Además, indican que la presión de los habitantes aumenta y la legislación ambiental es cada vez más estricta. La industria actual no solamente debe entregar productos de calidad, a tiempo y con un costo justo, sino que debe hacerlo apegada a valores ambientales.

Cuadro 1. Porcentaje de residuos de la construcción en sitios de disposición final.

País	Residuos de C&D (% por peso)	Referencia
Países Bajos	26	Bossink y Brouwers, 1996
Hong Kong	44	Hong Kong EPD, 2000
Inglaterra y Gales	42,2	Lawson y Douglas, 2001
Kuwait	15-30	Kartam et al., 2004
Taiwán	15-20	Taiwan EPA, 1999
Estados Unidos de América	20-29	Bossink y Brouwers, 1996; Mincks, 1994; Peng et al., 1994; Rogoff y Williams, 1994; Apotheker, 1990
Australia	20-30	Craven et al., 1994
Alemania	19	Brooks et al., 1994
Finlandia	13-15	Heino, 1994
Japón/Tokio	57	Kennedy et al., 2007
Mundo	13-29	Bossink y Brouwers, 1996

La construcción en Costa Rica

la industria de la construcción en Costa Rica hace un aporte significativo a la economía del país. De acuerdo con los informes de la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC, 2014), la tasa de crecimiento ha sido una de las más dinámicas en los últimos años. Al mismo tiempo, el sector genera una gran cantidad de residuos que tienen un impacto importante en el medio ambiente.

La población de las zonas urbanas ha crecido del 30% al 60% desde el año 1950 hasta la fecha (INEC, 2013), lo que es un indicador claro de la necesidad de viviendas y comercios, principalmente en la Gran Área Metropolitana (GAM). La figura 1 muestra los diferentes tipos de construcción realizados en 2014, excluyendo actividades de infraestructura. En la variable “otros” se incluyen obras complementarias, turísticas, deportivas, sanitarias, salud, agroindustriales y religiosas (CFIA, 2014).

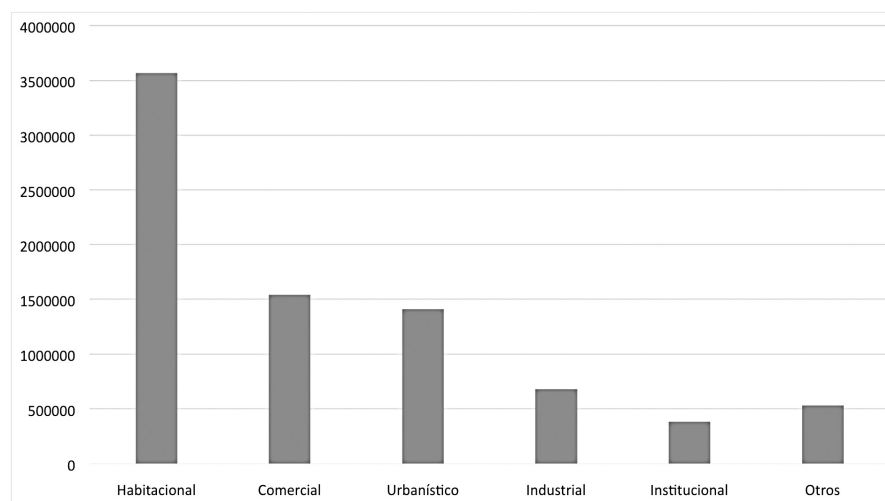


Figura 1. Tipo de construcciones (m²) en Costa Rica en 2014 (CFIA, 2014).

La revisión de la literatura mostró que existen pocos estudios relacionados con la composición de los residuos de la construcción, el índice de generación y las causas de ello. Ramírez (1995) y Villalobos (1995) reportan indicadores de generación de residuos de 300-700 kg/m² y 11-25 kg/m², respectivamente. Un estudio realizado por Leandro (2008) muestra que los proyectos investigados generaron un promedio de aproximadamente 115 kg/m².

Este artículo presenta los resultados de un estudio cuyo objetivo fue determinar la cantidad y composición de los residuos de la construcción. Además, se incluyen las causas de la producción de residuos investigando los procesos de diseño y construcción. El análisis se limita a empresas registradas en la base de datos del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA).

Metodología de la investigación

Análisis de la literatura

La revisión de la literatura proporcionó las variables a ser analizadas. Varios autores han escrito acerca de la composición de los residuos y las causas de su generación (Bossink & Brouwers, 1996; van Egmond, 1999; Bolaños, 2012).

Recolección y tratamiento de datos

Los datos se recolectaron mediante encuestas al personal de empresas constructoras, entrevistas estructuradas, visitas a sitios de construcción y una discusión con un panel de expertos, quienes validan la información recopilada.

La encuesta se construyó sobre la base de la información recopilada durante el estudio de la literatura. Contiene 12 preguntas que cubren diversos temas: la cantidad de residuos, la composición y las fuentes de su generación (Kuijsters, 2004). Incluye además una combinación de escalas de calificación, preguntas de opción múltiple y preguntas abiertas. Se pidió que las respuestas se basaran en proyectos actuales o recientemente terminados. Se utiliza la medida de 5 puntos en la escala tipo Likert con valores: nunca, ninguno (1) siempre, todos (5) (Matell & Jacoby, 1971); valores de mediciones reales, escala binaria (sí/no) (Ekere et al., 2009) e información general sobre la empresa y la persona que responde.

Antes de la recolección de datos, se evaluó el instrumento de la encuesta con siete ingenieros experimentados en ingeniería en construcción del Centro de Investigación en Vivienda y Construcción del Tecnológico de Costa Rica. El objetivo fue determinar la claridad y validez del instrumento (De Vellis, 1991). Estos investigadores también aportaron variables para su estudio en el contexto costarricense (Dillman, 1978). La encuesta se envió por medios electrónicos, ya que este método presenta ventajas tales como el menor costo de envío o el pago a las y los entrevistadores, entrega la herramienta en cuestión de segundos y la investigación muestra que los encuestados pueden responder más honestamente que con las encuestas en papel o entrevistas. Las desventajas son que la población y la muestra se limitan a aquellos que tienen acceso a la computadora y a la red en línea y los encuestados que completan el cuestionario requieren más instrucción y orientación (CSU, 2012).

La información recibida se almacenó en una base de datos SQL Server 2005. Se hicieron esfuerzos para asegurar altas respuestas de los encuestados. Estas incluían una carta de presentación personalizada, una declaración de estricta confidencialidad de la información suministrada, una llamada telefónica a todos los que no respondieron después de una semana del envío por correo electrónico inicial. Asimismo, se analizaron las razones de la no respuesta. Los datos recogidos se estudiaron mediante el paquete estadístico para Ciencias Sociales (SPSS), versión 14.0 para Windows. Por último, se utilizaron técnicas descriptivas para analizar la información recopilada.

Las entrevistas se realizaron con personas clave de diferentes organizaciones relacionadas con el sector de la construcción. El objetivo fue enriquecer los datos de la encuesta para garantizar la posterior elaboración e interpretación de los resultados obtenidos. Se entrevistaron 31 personas, correspondientes a 20 trabajadores en sitio de obra, tres investigadores de instituciones educativas, tres empresas constructoras, dos miembros de la CCC y el CFIA, una agencia gubernamental, un contratista y una organización ecologista.

Se hicieron cinco visitas de campo después de recibir las respuestas de la encuesta y las entrevistas. El objetivo fue hacer preguntas semiestructuradas para obtener información general y específica sobre las prácticas de gestión de residuos en el lugar.

El panel de expertos se realizó con el objetivo de explorar el significado de los resultados de las encuestas, entrevistas y visitas de campo y permitió analizar los puntos de vista de los participantes sobre los temas presentados y obtener una visión más amplia de sus opiniones (Abarca-Guerrero, 2008; ODI, 2009).

Resultados y discusión

Empresas participantes

La encuesta fue respondida por un total de 30 empresas, pero se descartó una porque poseía información incompleta. La tasa de respuesta efectiva es del 7% (29/419). Las respuestas provienen de empresas pequeñas, medianas y grandes, de acuerdo con nuestra definición (cuadro 2).

Cuadro 2. Tamaño de las empresas que responden (van Twillert, 2007; Abarca-Guerrero et al., 2008a)

Número de empleados	Tamaño	Número de empresas
<10	Micro	0
11-25	Pequeña	11
25-100	Mediana	9
>100	Grande	9
Total		29

Las empresas que respondieron no representan todo el espectro de las firmas de construcción existentes en Costa Rica. El sector se compone principalmente de micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes). Las microempresas, con 10 o menos empleados, constituyen el 30% del número total de empresas (Bolaños, 2010) que no participaron en la encuesta, ya que trabajan principalmente en el mercado informal y no están registradas en la base de datos del CFIA.

Es importante analizar el nivel educativo de los obreros de la construcción, ya que los programas de capacitación y educación podrían potencialmente mejorar los procesos productivos a través de buenas prácticas en el manejo de materiales y residuos (Osmani et al., 2008). El estudio determinó el nivel general de educación de los supervisores (capataces de las obras) en las empresas que respondieron. Los resultados del cuadro 3 muestran que casi dos tercios de los supervisores tienen educación primaria o secundaria hasta el tercer año (nueve años de educación). La última columna presenta el número de empresas con un cierto nivel de educación con su más alto grado.

Cuadro 3. Nivel educativo máximo de los empleados de las empresas que respondieron (van Twillert, 2007; Abarca-Guerrero et al., 2008a).

Nivel educativo	No. de supervisores	% de supervisores	Máximo
Primaria	110	45	3
Tercer año de secundaria	49	20	3
Secundaria completa	39	16	6
Secundaria vocacional completa	20	8	1
Preuniversitaria completa	14	6	4
Universitaria completa	11	4	6
Sin educación	0	0	0
Adicional (capacitación especial)	2	1	1
Total	246	100	24

El análisis de los datos muestra que el sector es muy intensivo en el uso de mano de obra, con niveles divididos entre un grupo pequeño de trabajadores con niveles de educación superior, compuesto principalmente por ingenieros y gerentes con posiciones permanentes, y un grupo más grande de trabajadores con baja educación, quienes en su mayoría son contratados temporalmente y con salarios mínimos.

Residuos de la construcción

Los materiales más importantes que se utilizan para la construcción de los cimientos, la estructura y el techo en Costa Rica reportados en la literatura son madera, metales como el acero, el hierro y el zinc, arena, cemento y piedra para hormigón (van Egmond, 1999; Bolaños, 2012). Su uso y origen se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Materiales más importantes utilizados en el sector de la construcción en Costa Rica (van Twillert, 2007; Abarca-Guerrero et al., 2008a).

Material	Uso	Origen
Arena	Materia prima	Costa Rica
Cemento	Materia prima	Costa Rica
Piedra (1, 1,9, 2,5 y 3,7 cm)	Materia prima	Costa Rica
Concreto	Piso y paredes	Manufacturado en Costa Rica
Block	Paredes	Manufacturado en Costa Rica
Madera (aserrada)	Marcos, puertas estructuras en madera	Costa Rica
Acero/hierro	Acero estructural	Importado (principalmente de EE.UU.)
Láminas corrugadas	Techo	Importado (principalmente de EE.UU.)

Los residuos que las empresas reportan como mayoritarios se resumen en la figura 2. Estos consisten, en primer lugar, de madera (limpia y mezclada con cemento), la cual se utiliza como formaleta, vigas, pisos, marcos de ventanas, puertas, techos y otras aplicaciones de acabado. A menudo estas aplicaciones se producen en el lugar. El metal es la segunda categoría de material reportado; este residuo proviene de los materiales de tuberías (suministro de agua), piezas de láminas onduladas de techo de hierro recubierto con zinc y piezas de acero reforzado. Se desconoce el tamaño de los flujos ya que las empresas, en la mayoría de los casos, no mantienen un registro de la cantidad de residuos. Estos hallazgos están de acuerdo con los reportados por Leandro (2008) e Hidalgo (2007).

El estudio buscó obtener información cuantitativa sobre la cantidad de residuos que se producen en la actividad. Los datos se solicitaron en términos del tamaño de los proyectos, el peso de los residuos, el número y volumen de los camiones que los transportan o algún otro indicador utilizado por las compañías. Desafortunadamente, las empresas no pudieron entregar valores confiables, ya que, en general, no disponen de esa información, puesto que no es obligatorio llevar tales controles (cuadro 5).

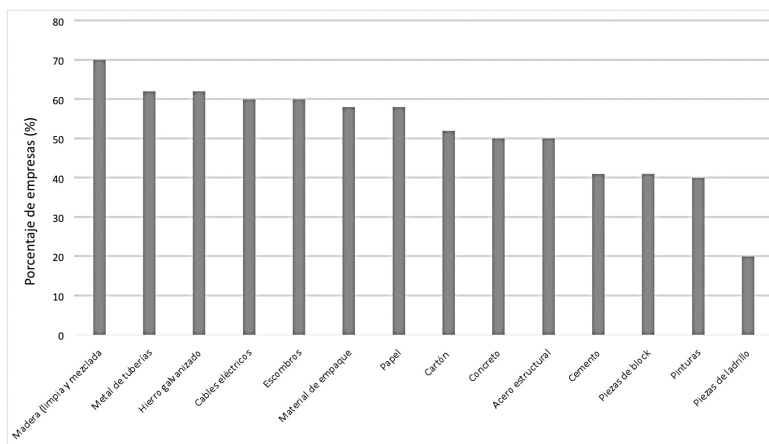


Figura 2. Residuos de la construcción reportados por las firmas participantes (van Twillert, 2007; Abarca-Guerrero et al., 2008a).

Cuadro 5. Residuos generados por proyecto (van Twillert, 2007; Abarca-Guerrero et al., 2008a)

Proyecto	Área (m ²)	Residuos (m ³)	Número de camiones	kg	kg/m ²
1	100	24	4	43 200	168
2	195	36	3	64 800	129
3	1504	15	3	27 000	7
4	83	6	1	10 800	50
5	1000	100	8	180 000	70

Nota: el valor de densidad promedio utilizado para los escombros utilizado es de 700 kg/m³. Este valor se tomó de los valores de los sitios de construcción en los Países Bajos (Kenniscentrum InfoMil, 2007).

Las respuestas muestran que la mayoría de las empresas (83%) que participaron en la encuesta no guardan un registro de la cantidad total de residuos que generan y en el 22% de los casos no conocen su destino final. Cuatro de las cinco visitas in situ ilustran este hecho. Las obras de construcción visitadas y las entrevistas con los supervisores claramente confirmaron estos hallazgos. Esta falta de conocimiento sobre la cantidad de residuos es una causa de la generación, ya que las empresas no son conscientes de la situación y no toman medidas para mejorar sus prácticas, aumentar su productividad y disminuir los impactos ambientales negativos.

Durante el panel de expertos se indicó que la capacitación de estos trabajadores se lleva a cabo en el lugar de trabajo de manera informal. Es común contratar inmigrantes no calificados de los países vecinos, que en muchos casos tienen un estatus ilegal. Se puede esperar que la mayoría de los trabajadores con talento sin un título se promuevan desde las bases y poco a poco se desplacen hacia tareas más administrativas.

El desarrollo de un plan de gestión de residuos (WMP, por sus siglas en inglés) por parte de las empresas pone el tema en el mapa, por lo que es el primer paso para identificar si existe un problema potencial en este aspecto (Poon et al., 2004). Este tema se investigó y los resultados se presentan en el cuadro 6. Pocas empresas (13%) cuentan con un plan de gestión o con

un empleado encargado de garantizar un manejo eficiente de los residuos y responsable al comienzo de los proyectos. El 13% de las empresas informó que tienen ambos (plan y empleado) pero el 74% de las firmas encuestadas no tiene un plan ni empleado responsable. Esta situación refleja el hecho de que en las empresas de construcción en Costa Rica aún no se han institucionalizado prácticas más amigables con el ambiente.

Cuadro 6. Uso de un plan o encargado de residuos (van Twillert, 2007; Abarca-Guerrero et al., 2008a).

	Número de empresas	Porcentaje de empresas
Plan solamente	1	3
Empleado solamente	3	10
Ambos	4	13
Ninguno	22	74
Total	30	100%

Fase de diseño y construcción

El estudio sobre las causas de la generación de residuos contempló dos fases diferentes de un proyecto constructivo: diseño y construcción. El conocimiento de las causas es esencial y se utilizó la información proporcionada por Bossink y Brouwers (1994) y datos adicionales proporcionados por los encuestados.

El cuadro 6 muestra las variables que influyen en la generación de residuos, tanto reportadas en la literatura como encontradas durante la recolección de datos en esta investigación.

Conclusiones y recomendaciones

Este artículo reporta los resultados de un estudio cuyo objetivo fue determinar la composición y cantidad de los residuos de la construcción. Además, incluye las causas de la producción de residuos investigando dos fases del proceso constructivo: diseño y construcción. El análisis se limita a empresas registradas en la base de datos del CFIA.

El análisis de la composición y la cantidad de residuos generados en la actividad de la construcción revela lo siguiente:

- Las categorías más importantes de residuos generados son: madera limpia y mezclada, metal proveniente de tuberías, pedazos de hierro galvanizado para techos, cables eléctricos, escombros, materiales de empaque, papel, cartón, concreto, acero estructural, cemento, piezas de block, restos de pinturas y piezas de ladrillo.
- La cantidad de residuos reportados por las empresas participantes de la encuesta muestra grandes discrepancias. Esta situación demuestra la falta de información que manejan las empresas, lo que da como resultado un desconocimiento del nivel del problema.
- Las causas reportadas de la generación de los residuos han sido agrupadas según lo siguiente: diseño, gestión de los procesos, gestión de los materiales, operación y otros. No todas ellas tienen el mismo peso, algunas se presentan más con más frecuencia, mientras que otras ocurren raramente.

Se recomienda lo siguiente:

- Este estudio únicamente reporta los residuos ordinarios producidos durante la construcción de alguna edificación; asimismo, se recomienda analizar los residuos peligrosos.
- Realizar un proyecto piloto para analizar la composición de los residuos, y su cuantificación.

- Priorizar las causas de la generación de residuos, estableciendo los más importantes de acuerdo con el agrupamiento realizado en este estudio.
- Este estudio tuvo la participación de un grupo pequeño de empresas constructoras. Se recomienda ampliar su número en un futuro estudio sobre la priorización de las causas de generación de residuos.
- El sector de la construcción tiene un alto potencial de realizar mejoras en sus procesos para lograr el objetivo de la sostenibilidad. Por lo anterior, es importante continuar con los estudios para lograr un mejoramiento en la productividad del sector desde la perspectiva de gestión de materiales y del recurso humano.

Cuadro 6. Variables que causan la generación de residuos en la construcción (van Twillert, 2007; Abarca-Guerrero, 2007; Abarca-Guerrero et al., 2008a,b; 2009).

Variables	Valor promedio	Fase del proceso
Productos en el mercado cuyas unidades no son estándares (pulgadas, centímetros, varas)	2.30	Diseño
Daños provocados por un proveedor de otros servicios	1.93	Operación
Falta de conocimiento de los diseñadores de productos opcionales existentes en el mercado	1.77	Diseño
Falta de conciencia ambiental de la mano de obra	1.73	Gestión de materiales
Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo	1.72	Diseño
Falta de información en los planos	1.52	Diseño
Uso de materiales incorrectos que deben ser reemplazados	1.37	Gestión del proceso
Errores de proveedores o de operarios	1.29	Operación
Mal clima	1.23	Otros
Cantidad de material requerida poco clara debido a falta de planeamiento	1.17	Operación
Errores de compra (mucho, poco)	1.17	Gestión del proceso
Contrato incompleto al inicio del proyecto	1.10	Diseño
Selección de productos de baja calidad	1.10	Diseño
Retrasos en información al contratista de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar	1.10	Operación
Los materiales llegan muy mal empacados	1.10	Gestión de materiales
Daños durante el transporte	1.07	Gestión de materiales
Almacenamiento inapropiado	1.07	Gestión de materiales
Mal funcionamiento del equipo	1.00	Operación
Incapacidad de comprar pequeñas cantidades	1.00	Gestión del proceso
Errores en el contrato	0.77	Diseño
Accidentes en el sitio por negligencia	0.72	Operación

Nota: El valor promedio se calcula sumando los valores de la multiplicación de la frecuencia de respuestas de la variable correspondiente y el valor de cada opción.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al estudiante Hijman van Twillert por su apoyo en la recolección de la información, así como a los directores del grupo de investigación PEBE de la Universidad Tecnológica de Eindhoven, Países Bajos.

Referencias

- Abarca-Guerrero, L. (2007). Assessment of construction waste management practice: a case study in Costa Rica. En *Proceedings of Kalmar ECO-TECH'07: International Conference on Technologies for Waste and Wastewater Treatment, Energy from Waste, Remediation of Contaminated Sites and Emissions Related to Climate*. Kalmar, Suecia: University of Kalmar, 26-28 noviembre, 2007.
- Abarca-Guerrero, L. (2008). *Construcción sostenible en Costa Rica: Hacia un modelo de gestión de materiales de la construcción para la reducción de residuos*. Presentación oral Congreso de Ingeniería Civil, Costa Rica.
- Abarca-Guerrero, L., Scheublin, F.M., van Egmond-de Wilde de Ligny, E.L.C. & Lambert A.J.D. (2008a). *Sustainable Construction: Towards a strategic approach to construction material management for waste reduction*. 10th PhD symposium of the Research School Integral Design Structures. Delft: Technische Universiteit. Obtenido de www.osbouw.nl/phd_projects_2008/Abarca_2008.pdf.
- Abarca-Guerrero, L., Scheublin F.M. & van Egmond-de Wilde de Ligny E.L.C. (2008b). Sustainable construction in Costa Rica: Towards a strategic approach to construction material management for waste reduction. En *Proceedings BuHu 8th International Postgraduate Research Conference* (pp. 452-462). Prague, Czech Republic. ISSN: 1759-0574.
- Abarca-Guerrero, L., Scheublin, F.M., van Egmond-de Wilde de Ligny E.L.C. & Lambert, A.J.D. (2009). Metabolism of materials by the construction sector in developing countries: Costa Rica as case study. En *Proceedings of Third CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environments*. SASBE 2009. Delft, The Netherlands.
- Apotheker, S. (1990). Construction and demolition debris-The invisible waste stream. *Resource Recycling*, 9(12), 66-74.
- Bolaños, F. (2010). *Discusión sobre el tamaño de las empresas constructoras*. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Comunicación personal.
- Bolaños, F. (2012). *Discusión sobre los materiales utilizados en el sector de la construcción y las causas que afectan la generación de residuos*. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Comunicación personal.
- Bossink, B.A.G & Brouwers, H.J.H. (1996). Construction waste: quantification and source evaluation. *J. of Construction Engineering and Management*, 122(1), 55-60.
- Brooks, K.A., Adams, C. & Demsetz, L.A. (1994). Germany's construction and demolition debris recycling infrastructure: What lessons does it have for the US? En *First Conference of CIB TG 16* (pp. 647-656). Gainesville, Fla.
- CCC (Cámara Costarricense de la Construcción). (2014). *Comunicación personal*.
- CFIA (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos). (2014). *Estadísticas*. Obtenido de http://www.cfia.or.cr/descargas_2015/estadisticas/estadisticas%202013-2014.pdf.
- Craven, E.J., Okraglik, H.M. & Eilenberg, I.M. (1994). Construction waste and a new design methodology. En *First Conference of CIB TG 16* (pp. 89-98). Gainesville Fla.
- CSU (Colorado State University). (2012). *Electronic Survey*. Obtenido de <http://writing.colostate.edu/guides/page.cfm?pageid=1406>.
- De Vellis, R.F. (1991). *Scale Development: Theory and Applications*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Dillman, D.A. (1978). *Mail and telephone surveys: the total design method*. New York: Wiley.
- Ekere, W., Mugisha, J. & Drake, L. (2009). Factors influencing waste separation and utilization among households in the Lake Victoria crescent, Uganda. *Journal of Waste Management*, 29(12), 3047-3051.
- Heino, E. (1994). Recycling of construction waste sustainable construction. En *First Conference of CIB TG 16* (pp. 565-572). Gainesville Fla.
- Hong Kong EPD (Hong Kong Environmental Protection Department). (2000). *Statistics Data*. Hong Kong SAR. Obtenido de <http://www.epd.gov.hk/epd>.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) (2013). *Estadísticas*. Obtenido de <http://www.inec.go.cr/Web/Home/pagPrincipal.aspx#>.



- Kartam, N., Al-Mutairi, N., Al-Ghusain, I. & Al-Humoud, J. (2004). Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. *Journal Waste Management*, 24(10), 1049-1059.
- Kennedy, C., Cuddihy, J. & Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*, 11(2), 43-59.
- Kenniscentrum InfoMil, (2007). Estadísticas. Obtenido de <http://www. www.infomil.nl>
- Kuijsters, A. (2004). *Environmental response of the Chilean building sector*. MSc. Tesis, Eindhoven University of Technology, Países Bajos.
- Lawson, N. & Douglas, I. (2001). Recycling construction and demolition waste – A UK perspective. *Environmental Management Health*, 12(2), 146-157.
- Leandro, A.G. (2008). Manejo de desechos de residuos de la construcción. *Tecnología en Marcha*, 21(4), 60-63.
- Macozoma D. (2002). *International Report on Construction Site Waste Management and Minimisation*. International Council for Research and Innovation in Building and Construction.
- Matell, M.S. & Jacoby, J. (1971). Is there an optimal number of alternatives for Likert scale items? I. Reliability and validity. *Educational and Psychological Measurement*, 31(3), 657-674.
- Mincks, W.R. (1994). The construction contractor's waste management plan: optimizing control and cost. Sustainable construction. En *First Conference of CIB TG 16* (pp. 765-774). Gainesville Fla.
- Ngowi, A. (2002). Challenges facing construction industries in developing countries. *Building Research & Information*, 30(3), 149-151.
- ODI (Overseas Development Institute) (2009). *Research tools: Focus group discussions*. Obtenido de <http://www.odi.org.uk/publications/5695-focus-group-discussion>.
- Peng, C.-L., Grosskopf, K.R. & Kibert, C.J. (1994). Construction waste management and recycling strategies in the United States. Sustainable Construction. En *First Conference of CIB TG 16* (pp. 689-696). Gainesville Fla.
- Poon, C.S., Yu, A.T.W., Wong, Z.W. Cheung, E. (2004). Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong. *Construction Management and Economics*, 22(7), 675-679.
- Ramírez, M. (1995). *Impacto físico y financiero de la generación de desechos sólidos en la construcción de dos proyectos hoteleros*. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica.
- Rogoff, M.J. & Williams, J.F. (1994). *Approaches to implementing solid waste recycling facilities*. Park Ridge, N.J.: Noyes Publication.
- Taiwan EPA (Taiwan Environmental Protection Agency). (1999). *Annual Report on disposal of solid and liquid wastes*. Taiwán.
- UNEP (United Nations Environment Program). (2003). *Sustainable building and construction: facts and figures*. September, pp. 5-8.
- van Egmond-de Wilde de Ligny, E. (1999). *Technology mapping for technology management*. PhD Dissertation, Delft University of Technology, Netherlands.
- van Twillert, H. (2007). *Costa Rican Construction Sector Waste Management Assessment*. M. Sc. Eindhoven University of Technology.
- Villalobos A.J. (1995). *Estudio de Generación de Desechos en la Construcción de Viviendas de Mampostería*. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica.