

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE QUÍMICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería  
Ambiental

**“Buenas prácticas para el manejo de materiales de la construcción y su impacto  
económico”**

José Pablo Angulo Varela


CARTAGO, noviembre, 2019



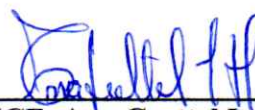
**“Buenas prácticas para el manejo de materiales de la construcción y su impacto económico”**

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

**Miembros del tribunal**

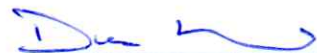


**Ph.D. Lilliana Abarca Guerrero**  
**Director**



**MSCE. Ana Grettel Leandro**  
**Lector 1**

**Lic. Adolfo Campos Díaz**  
**Lector 2**



**MS. Eng. Diana Zambrano Piamba**  
**Coordinador COTRAFIG**



**Ricardo Coy Herrera**  
**Director Escuela de Química**



**MS. Eng. Ana Lorena Arias Zúñiga**  
**Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental**

## **DEDICATORIA**

*A mi madre, Kattia, por estar siempre presente y ser un ejemplo de superación a lo largo de la vida.*

*A mis abuelos, Deyanira y Albino, por el apoyo de toda la vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre, tía Elieth, Ricardo, abuelos y a mi hermana, por todo el apoyo incondicional que me han dado a través de los años.

A todas las personas que hicieron que esta etapa fuera más fácil de sobrellevar.

A la profesora Lilliana Abarca Guerrero, por guiarme y ayudarme a mantener la perspectiva durante el proyecto de graduación.

Al arquitecto Adolfo Campos Díaz, por brindarme toda la ayuda necesaria para sacar adelante este trabajo de investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
2.1	<i>Objetivo general</i>	2
2.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
<b>3</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
3.1	<i>SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL MUNDO Y AMÉRICA LATINA</i>	3
3.2	<i>SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COSTA RICA</i>	4
3.3	<i>RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN</i>	6
3.3.1	<i>Tipos de residuos de la construcción en Costa Rica</i>	6
3.4	<i>MINIMIZACION DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN</i>	8
3.5	<i>BUENAS PRÁCTICAS Y LOS BENEFICIOS DE SU APLICACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN</i>	11
3.5.1	<i>Beneficios para la empresa</i>	26
3.5.2	<i>Beneficios para el país</i>	26
3.5.3	<i>Beneficios para el cliente</i>	27
<b>4</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>29</b>
4.1	<i>RECOLECCIÓN DE DATOS</i>	29
4.2	<i>TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS</i>	30
4.3	<i>ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS</i>	31
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>34</b>
5.1	<i>NIVEL DE IMPORTANCIA DE LAS CAUSAS DE GENERACION DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN</i>	34
5.2	<i>APLICACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS PRESENTES EN LA GUÍA MANEJO EFICIENTE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</i>	39
5.2.1	<i>Caso de estudio 1: Casa familiar en Santa Ana, San José, Costa Rica</i>	39
5.2.2	<i>Caso de estudio 2: Casa familiar en San Carlos, Alajuela, Costa Rica</i>	42
5.2.3	<i>Beneficio económico obtenido con la implementación de la Guía Manejo Eficiente de Materiales de Construcción.</i>	45
5.2.4	<i>Otros datos importantes</i>	46

<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>APÉNDICES</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Apéndice 1: Buenas prácticas implementadas por el arquitecto en la obra de San Carlos.</b>	<b>54</b>
<b>10</b>	<b>Apéndice 2: Herramienta utilizada para el pesaje de los residuos.</b>	<b>66</b>
<b>11</b>	<b>Apéndice 3: Encuesta aplicada a los maestros de obra, arquitectos e ingenieros civiles.</b>	<b>69</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>72</b>
<b>13</b>	<b>Anexo 1: Resultados del estudio realizado por Lilliana Abarca en el 2014</b>	<b>73</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 3.2.1. Aporte el PIB del sector construcción (en millones de colones encadenados) (BCCR, 2019).....	5
Figura 3.3.2.1. Modelo de jerarquización de los residuos. Tomado de Ley para la Gestión Integral de Residuos (Ley N° 8839, 2010).....	7
Figura 5.2.1.1. Porcentaje de generación de residuos no peligrosos en la obra de Santa Ana. ....	40
Figura 5.2.1.2. Porcentaje de generación de residuos peligrosos en la obra de Santa Ana..	41
Figura 5.2.2.1. Porcentaje de generación de residuos no peligrosos en la obra de San Carlos. ....	43
Figura 5.2.2.2. Porcentaje de generación de residuos peligrosos en la obra de San Carlos.	44

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Ranking del PIB de la Construcción de los Países Integrantes de la FIIC en 2016. (Tomado de FIIC, 2017).....	4
Cuadro 3.2.1 Área en metros cuadrados y porcentaje según destino de la obra, 2018. (Tomado de (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2018)).....	5
Cuadro 3.4.1. Clasificación de generación de residuos sólidos de construcción y sus causas. (Tomado de Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, 2016).....	9
Cuadro 3.5.1. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para la etapa de diseño. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017;)......	12
Cuadro 3.5.2. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para la etapa de ejecución de la obra. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017;). .....	15
Cuadro 3.5.3. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para la etapa de gestión de comprar y adquisiciones. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017;). .....	17
Cuadro 3.5.4. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para la etapa de gestión de materiales. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017;). .....	19
Cuadro 3.5.5. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para los residuos. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017;). ...	21
Cuadro 3.5.6. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para otras actividades. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017;). .....	22
Cuadro 3.5.7 Barreras para implementar la reducción de desechos de construcción. (Tomado de Abarca-Guerrero et al., 2017).....	24
Cuadro 4.4.1. Materiales producidos como residuos en proyectos de construcción en Costa Rica.....	31
Cuadro 5.1.1. Causas de residuos de construcción (tvalor $N = 279 = 1.6449$ , $N =$ Número de respuestas) ( $\alpha = 0.05$ ). .....	37
Cuadro 5.2.1.1 Principales residuos no peligrosos generados en la obra de Santa Ana.....	40



Cuadro 5.2.1.2 Principales residuos no peligrosos generados en la obra de Santa Ana.....	41
Cuadro 5.2.2.1 Principales residuos no peligrosos generados en la obra de San Carlos.....	43
Cuadro 5.2.2.2 Principales residuos no peligrosos generados en la obra de San Carlos.....	44
Cuadro 5.2.3.1. Síntesis de los datos utilizados para el cálculo del ahorro económico en la construcción.....	45

## LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

BIM	Modelado de Información de Construcción
CCC	Cámara Costarricense de la Construcción
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
EPA	Agencia de Protección Ambiental (por sus siglas en inglés).
FAC	Federación centroafricana (por sus siglas en inglés)
FIEC	Federación Europea de la Industria de la Construcción (por sus siglas en inglés)
FIIC	Federación Interamericana de la Industria de la Construcción
GAM	Gran Área Metropolitana
IFAWPCA	Federación Internacional de Asociaciones de Contratistas de Asia y el Pacífico Occidental (por sus siglas en inglés)
IMAE	Índice Mensual de Actividad Económica
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
PIB	Producto Interno Bruto
PVC	Policloruro de vinilo
SAFCEC	Foro Sudafricano de Contratistas de Ingeniería Civil (por sus siglas en inglés)
TEC	Tecnológico de Costa Rica

## RESUMEN

En los últimos años, en Costa Rica han aumentado los proyectos de construcción, principalmente en el sector de viviendas y comercio, lo que genera gran cantidad de residuos a causa de la mala gestión y utilización de los materiales. El total de construcciones tramitadas en el primer semestre del año 2017, reportaron un total de 1.981.908 m<sup>2</sup>, siendo vivienda y comercio los que presentan más participación. De esta manera, para tener una idea de la magnitud de generación de residuos en el sector construcción, al considerar un índice de 24,1 kg/m<sup>2</sup> presente en un estudio realizado por la investigadora Abarca-Guerrero (2014), se obtendrían 47.763,98 toneladas de residuos en ese periodo.

Esta investigación comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde la recopilación bibliográfica y discusión con expertos hasta el procesamiento de los datos obtenidos en campo mediante encuestas, entrevistas, observaciones, estudio de caso y análisis de los resultados obtenidos que permitan validar que las causas de generación de residuos poseen diferente nivel de importancia.

A partir del análisis de resultados se determinó que las principales causas de generación de residuos son: cambios de diseños durante la construcción, presión del tiempo, falta de cultura ambiental de los trabajadores, demoliciones preexistentes y los materiales de empaque.

De acuerdo con los estudios de caso realizados se logró obtener resultados que indican que al implementar las buenas prácticas presentes en la Guía de manejo eficiente de materiales de construcción se logra disminuir el índice de generación de residuos y conseguir beneficios económicos aproximados a un 9% de presupuesto inicial de la obra.

**Palabras clave:** Residuos sólidos, Construcción, Buenas prácticas.

## **ABSTRACT**

In recent years, construction projects have increased in Costa Rica, mainly in the housing and commerce sector, which generates a large amount of waste due to poor management and use of materials. The total number of constructions processed in the first half of 2017, reported a total of 1,981,908 m<sup>2</sup>, with housing and commerce having the most participation. Thus, to get an idea of the magnitude of waste generation in the construction sector, considering an index of 24.1 kg / m<sup>2</sup> present in a study by the researcher Abarca-Guerrero (2014), 47,763.98 tons of waste in that period.

This research includes a progressive development of different stages that starts from the bibliographic collection and discussion with experts to the processing of the data obtained in the field through surveys, interviews, observations, case study and analysis of the results obtained that allow validating that the causes Waste generation possess different level of importance.

Based on the analysis of results, it was determined that the main causes of waste generation are: changes in design during construction, time pressure, lack of workers' environmental culture, pre-existing demolitions and packaging materials.

According to the case studies carried out, results were obtained that indicate that by implementing the good practices present in the Guide for efficient construction materials management, it is possible to reduce the rate of waste generation and achieve economic benefits of approximately 9%. initial budget of the work.

**Key words:** Solid waste, Construction, Good practices.

# 1 INTRODUCCIÓN

El sector construcción es fundamental en el desarrollo de un país, ya que proporciona elementos de bienestar básicos en una sociedad, al construir desde la infraestructura nacional (puentes, carreteras, hospitales, entre otros), hasta unidades de bienestar individual tales como viviendas y hoteles (ABG, 2017).

Sin embargo, en los proyectos de construcción se da un rápido crecimiento e inadecuado control de los residuos sólidos, lo que da como resultado la generación de gran cantidad de desechos, los cuales, si no se gestionan de la manera adecuada, producen un gran impacto en el ambiente, en el bienestar económico de las empresas constructoras, así como en la capacidad de los rellenos sanitarios y en la salud pública (Mhaske, Darade, & Khare, 2017).

En el caso de Costa Rica, según PhD. Lilliana Abarca Guerrero, la mayoría de empresas de construcción no cuentan con estrategias ni protocolos para lograr una buena gestión de los residuos, y no le prestan importancia al gran impacto que puede generar al medio ambiente (Lilliana Abarca, comunicación personal, 2017). De la revisión bibliográfica se obtuvo información sobre las causas de la generación de residuos en este sector, cuyo estudio contó con la participación de 29 empresas constructoras y una priorización inicial de ellas (Abarca-Guerrero, 2014).

Debido a lo anterior, es de suma importancia identificar y priorizar las causas de generación de residuos en los procesos constructivos utilizando una muestra mayor de empresas, con el objetivo de validar las ya encontradas en el estudio citado. Además, producto de ese estudio y de otros relacionados se preparó una Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción la cual fue validada por el sector, donde se presentan buenas prácticas para disminuir la generación de residuos, pero cuya implementación nunca fue analizada.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Validar las buenas prácticas propuestas en la Guía manejo eficiente de materiales de construcción y su impacto económico.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar el nivel de importancia de las causas de generación de residuos de la construcción.
2. Analizar el impacto de la implementación de las buenas prácticas establecidas en la Guía Manejo Eficiente de Materiales de Construcción.
3. Determinar el Índice de Generación de residuos de construcción en dos casos de estudio.
4. Determinar el efecto económico de la aplicación de buenas prácticas para la reducción de residuos de la construcción.

### 3 REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL MUNDO Y AMÉRICA LATINA

El sector construcción desempeña un rol fundamental en el dinamismo de las economías. Esta industria es reconocida como uno de los principales motores de la actividad económica dada su interrelación con otros sectores económicos (Cámara Costarricense de la Construcción, 2018).

Prueba de lo anterior es que la participación a nivel internacional, este sector ha presentado un crecimiento considerable, causado por las inversiones en diferentes áreas de desarrollo. En el 2003, los datos correspondientes a la participación de la construcción fueron los siguientes: Europa (30%), Estados Unidos (23%), Japón (16%), y en el caso particular de China, el crecimiento sostenido de los últimos años ha sido acompañado por el sector de la construcción, alcanzando una participación del 3% a nivel mundial, mientras que en los países latinoamericanos es del 4% (Ruggirello, 2011).

Este tipo de datos son recolectados de acuerdo con la región por diferentes asociaciones, distribuidas en distintos lugares del mundo, las cuales, según Idits (s.f.), corresponden a las siguientes:

- Europa: Federación Europea de la Industria de la Construcción (por sus siglas en inglés (FIEC).
- América Latina: Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC).
- Asia y Pacífico Oeste: Federación Internacional de Asociaciones de Contratistas de Asia y el Pacífico Occidental (IFAWPCA).
- Medio Oriente y África: Federación centroafricana (FAC).
- África del Sur: Foro Sudafricano de Contratistas de Ingeniería Civil (SAFCEC).

De esta forma, según la FIIC, el impacto del sector de la construcción se demuestra con el Producto Interno Bruto (PIB), perteneciente a la inversión de cada país, tal como se muestra el ranking 2016 del tamaño del sector construcción (Cuadro 3.1).

**Cuadro 3.1. Ranking del PIB de la Construcción de los Países Integrantes de la FIIC en 2016. (Tomado de FIIC, 2017)**

<b>País</b>	<b>PIB (millones de dólares)</b>
Brasil	87397
México	75511
Colombia	26497
Argentina	21515
Chile	16263
Venezuela	12527
Perú	12025
Panamá	9530
Ecuador	9428
República Dominicana	7029
Uruguay	4990
Guatemala	2603
Costa Rica	2503
Paraguay	2284
Honduras	1118
Bolivia	1080
El Salvador	862
Nicaragua	774

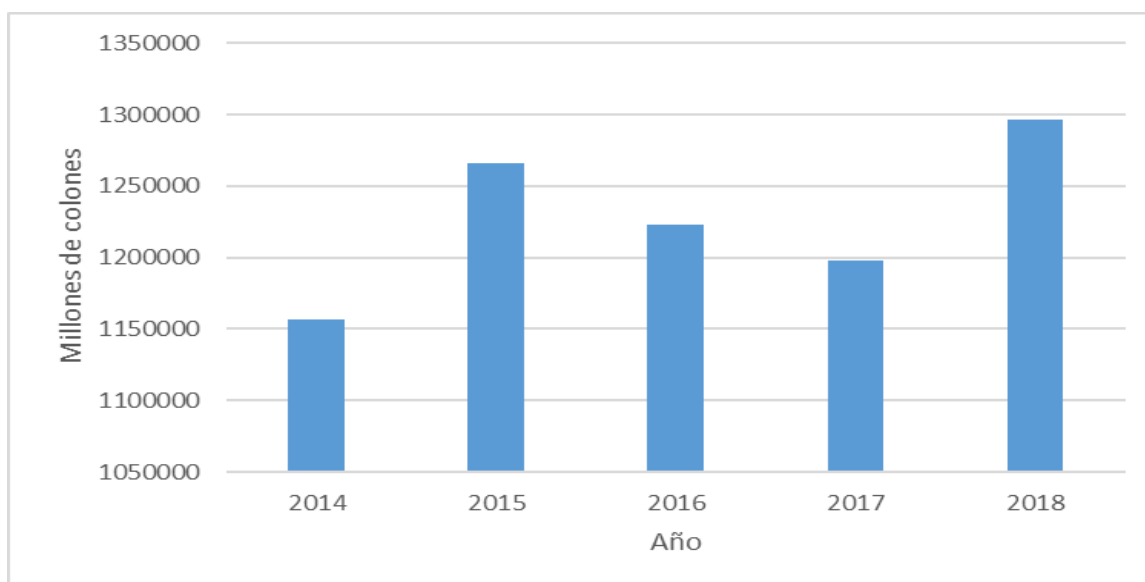
### 3.2 SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COSTA RICA

En el país, el sector construcción es estratégico para el crecimiento de la economía, ya que a partir de él se genera la base para el desarrollo de diversos sectores económicos (manufactura, comercio, actividades inmobiliarias, entre otros). Juega un papel fundamental en los procesos de crecimiento y desarrollo nacional, generando infraestructura física (puertos, aeropuertos, carreteras, viviendas, hospitales, escuelas), así como empleo directo (Cámara Costarricense de la Construcción, 2017).

La Industria de la Construcción en Costa Rica aporta riqueza al país y representa un indicador de crecimiento o decrecimiento en la economía nacional, no solamente por la gran cantidad de empleos que genera, aproximadamente 153 458 (Angulo, 2018), sino también porque es un desencadenante para la producción de otras industrias. La Figura 3.2.1 muestra



la contribución al Producto Interno Bruto (en millones de colones encadenados) de los últimos 5 años.



**Figura 3.2.1. Aporte el PIB del sector construcción (en millones de colones encadenados) (BCCR, 2019)**

Así mismo, de acuerdo con el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), en el país, el área de la construcción que presenta mayor cantidad de m<sup>2</sup> reportados es el habitacional, como se evidencia en el Cuadro 3.2.1.

**Cuadro 3.2.1 Área en metros cuadrados y porcentaje según destino de la obra, 2018. (Tomado de (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2018))**

Tipo de obra	2018	Porcentaje
Habitacional	3 524 775	33,2%
Infraestructura	2 77 4932	26,2%
Comercial	2 156 408	20,3%
Industrial	860 388	8,1%
Institucional	413 004	3,9%
Obras complementarias	544 967	5,1%
Turístico	51 385	0,5%
Deportivo	64 886	0,6%
Sanitario	42 907	0,4%
Salud	109 126	1,0%
Agroindustrial	42 169	0,4%
Religioso	19 997	0,2%
<b>Total</b>	<b>10 604 943</b>	<b>100,0%</b>

### 3.3 RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

La Agencia de Protección Ambiental (EPA), define los residuos de la construcción como los materiales de construcción y mejora del sitio y otros desechos sólidos resultantes de las operaciones de construcción, remodelación, renovación o reparación, incluyendo los empaques. No obstante, la limpieza del área se excluye debido a que ya no se considera residuo de la construcción y, en general, no se deposita en vertederos (EPA, 2007). En el caso de Costa Rica, la Comisión Verde de la CCC define los residuos de la construcción como materiales valorizables o no valorizables provenientes del proceso constructivo (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, 2016).

Además, Lau, Whyte, & Law (2008), establecen que los materiales de construcción no se limitan a, madera, concreto, metal, ladrillo, paneles de yeso, techos, empaques de materiales, plásticos, papeles, cartón y otros, sino que se debe realizar una categorización sobre la composición y la cantidad de generación de desechos de la construcción.

#### 3.3.1 Tipos de residuos de la construcción en Costa Rica

En Costa Rica, Abarca Guerrero y Leandro Hernández (2016) identificaron los residuos sólidos generados en la construcción, los cuales se clasificaron en residuos ordinarios y peligrosos. Los ordinarios están compuestos por aceros (tuberías), aluminio (marcos y cielo raso), bolsas de cemento (material de empaque), cable eléctrico, cartón, cerámica, cobre (tuberías), concreto, concreto armado (concreto con piezas de hierro), estereofón, herramientas (equipo de trabajo), hierro, ladrillos, láminas corrugadas (material corrugado de zinc), latón y bronce (elementos de cerrajería), madera (mezclada y limpia), material aislante, material vegetal (tierra, material de remoción de tierras), melanina, papel, plástico (material de empaque), residuos de piedras naturales, mármol y granito, residuos de Policloruro de Vinilo (PVC), residuos de yeso, mortero de pega, repello, fragua, vestuario (zapatos, ropa, cascos) y vidrio. Por otro lado los residuos peligrosos que identificaron son: ácidos, disolventes, detergentes, aditivos para el concreto, desencofrantes, envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles, envases metálicos y plásticos de pintura,

madera tratada con compuestos químicos, pintura, residuos de asbestos, residuos de asfalto, residuos de fibra de vidrio, residuos de paredes livianas (gypsum), residuos de soldadura, silicón y otros selladores, suelo contaminado, trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos utilizados para limpieza de superficies y equipos y tubos fluorescentes.

### 3.3.2 Jerarquización de los residuos en Costa Rica

En el 2010, fue creada La Ley N°8839, Ley para la Gestión Integral de los Residuos, con el fin de regular la gestión de los residuos y el uso eficiente de los recursos (Ley para la Gestión Integral de los Residuos, 2010).

En el artículo 4 propone seguir el modelo de jerarquización integral de los residuos (ver figura 3.3.2.1), el cual dictamina que se debe evitar y reducir al máximo la generación de residuos en su origen, reutilizarlos, valorizarlos por medio del reciclaje, co-procesamiento, re-ensamblaje o alguna otra técnica que permita la recuperación y/o aprovechamiento energético. Adicionalmente se indica, como última alternativa, tratar los residuos generados antes de enviarlos a disposición final, con el propósito de disponer la menor cantidad de residuos, de manera sanitaria, así como ecológicamente adecuada (Ley para la Gestión Integral de los Residuos, 2010).

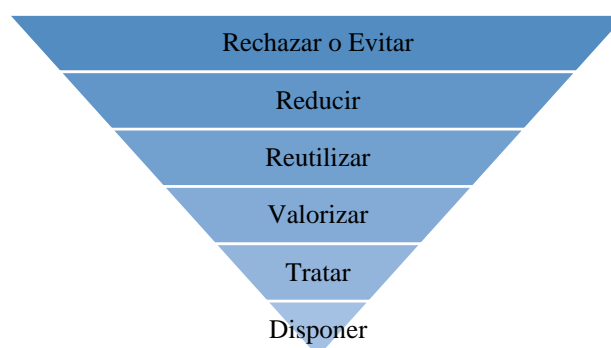


Figura 3.3.2.1. Modelo de jerarquización de los residuos. Tomado de Ley para la Gestión Integral de Residuos (Ley N° 8839, 2010).

### 3.4 MINIMIZACION DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Según Mhaske, Darade, & Khare (2017), se deben realizar métodos y actividades para minimizar la generación de residuos en la construcción, pues estos generan un impacto ambiental, afectan la economía de las empresas de construcción y aumentan la carga en los vertederos o rellenos sanitarios.

En Costa Rica, Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández (2016), realizaron un estudio sobre la generación de residuos de construcción, se identificaron y clasificaron las causas de la generación de residuos en la construcción de acuerdo en las propuestas de Gavilan & Bernold (1994), las cuales son: diseño, gestión de compras y adquisiciones, gestión de materiales, ejecución de la obra, residuos, y otras actividades. Lo anterior se muestra en el Cuadro 3.4.1.

**Cuadro 3.4.1. Clasificación de generación de residuos sólidos de construcción y sus causas. (Tomado de Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, 2016)**

Clasificación	Causas
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconocimiento del proyecto y sus unidades de medida (pulgadas, pies, metros, varas) al momento de generar el diseño.</li> <li>• No considerar sistemas de construcción modular (sistemas de paredes, puertas y ventanas bloques de concreto, techos y cielos laminados, pisos, marcos de puertas y ventanas).</li> <li>• Omitir las dimensiones de venta de los productos en el mercado: acero, largo de varilla, láminas de hierro galvanizado para techos y láminas de los sistemas de paredes livianas (gypsum densglass, entre otros), bloques de concreto, productos utilizados en el sistema electromecánico, cuenta la geometría de diferentes productos combinados</li> <li>• Modificaciones al diseño original durante el proceso de construcción (órdenes de cambio).</li> <li>• Desconocer la existencia en el mercado de productos estandarizados.</li> <li>• Omitir información en los planos y especificaciones técnicas.</li> <li>• Selección de productos de baja calidad.</li> <li>• Complejidad del diseño y del detalle.</li> <li>• Errores en los detalles del diseño y construcción.</li> <li>• No considerar prefabricación e industrialización de la construcción.</li> </ul>
Gestión de compras y adquisiciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Errores en la orden de compra, lo que provoca el material que llega a la obra sea más o menos de lo requerido.</li> <li>• Imposibilidad de ordenar o comprar cantidades menores de materiales y los remanentes quedan como residuos.</li> <li>• Errores en el envío y en la compra por parte del proveedor.</li> <li>• Uso de material erróneo, necesitando reemplazo.</li> <li>• Los materiales adquiridos no cumplen con las especificaciones técnicas.</li> </ul>

Continuación del Cuadro 3.4.1

Clasificación	Causas
Gestión de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños durante el transporte.</li> <li>• Los materiales llegan muy mal empacados.</li> <li>• Almacenamiento inapropiado que genera daños y deterioro.</li> <li>• Descuido durante la manipulación de los materiales por parte del grupo de trabajo.</li> <li>• Falta de cultura ambiental de los trabajadores.</li> <li>• Falta de dirección técnica a las cuadrillas.</li> <li>• Expiración de algún material durante el proceso de construcción.</li> </ul>
Ejecución de la obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios de diseño durante la construcción.</li> <li>• Inadecuado diseño del sitio constructivo.</li> <li>• Uso de material incorrecto.</li> <li>• Ausencia del control de materiales en el sitio.</li> <li>• Daños en la infraestructura ya colocada provocadas por un proveedor de otros servicios (por ejemplo, rotura de marcos de madera ya colocados por instaladores de vidrios).</li> <li>• Cantidades requeridas poco claras debido a fallas en la planificación de la obra.</li> <li>• Retrasos en facilitar al contratista las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar.</li> <li>• Errores de proveedores o de operarios.</li> <li>• Selección incorrecta del equipo.</li> <li>• Fallas en el equipo.</li> <li>• Materiales y productos sin usar.</li> <li>• Habilidades deficientes por parte de la mano de obra.</li> <li>• Presión del tiempo.</li> </ul>
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos generados en el proceso mismo de construcción.</li> <li>• Material de empaque.</li> <li>• Demoliciones preexistentes.</li> </ul>
Otras actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas por vandalismo o por robo.</li> <li>• Condiciones naturales.</li> <li>• Ausencia de planes de manejo de residuos.</li> </ul>

### 3.5 BUENAS PRÁCTICAS Y LOS BENEFICIOS DE SU APLICACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

A nivel internacional, se han realizado estudios donde se reportan los beneficios de la implementación de buenas prácticas en el proceso constructivo para disminuir la generación de residuos sólidos Osmani (2012).

En Costa Rica, también se han realizado investigaciones más detalladas para la identificación de las buenas prácticas que el sector podría implementar para mejorar el uso de los materiales y reducir los residuos producidos ( Abarca-Guerrero y Leandro-Hernández, 2017). Los siguientes cuadros 3.5.1, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4, 3.5.5 y 3.5.6, muestran las buenas prácticas en las diferentes etapas, las cuales fueron utilizadas durante la presente investigación.

**Cuadro 3.5.1. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para la etapa de diseño. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017).**

Causas	Buenas prácticas
Desconocimiento del producto y sus unidades de medida (pulgadas, pies, metros, varas) a la hora de generar el diseño.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar las dimensiones de los materiales y las especificaciones técnicas al momento de diseñar.</li> <li>• Diseñar acorde a la variedad de medidas que ofrece el mercado en sus diversos productos.</li> <li>• Modelar en 3D y realizar la validación final de planos constructivos.</li> <li>• Utilizar una misma unidad de medida (Sistema Internacional) y realizar las conversiones correspondientes.</li> <li>• Realizar una estimación de la cantidad y materiales a utilizar, la generación de residuos y su posible tratamiento.</li> </ul>
No considerar sistemas de construcción modular (sistemas de paredes, puertas y ventanas bloques de concreto, techos y cielos laminados, pisos, marcos de puertas y ventanas).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar un sistema de construcción modular.</li> <li>• Requerir a los proveedores productos modulares.</li> <li>• Modular el diseño basándose en las dimensiones de los materiales del mercado.</li> <li>• Considerar la coordinación modular en el diseño y ejecución de la obra.</li> <li>• Utilizar medidas modulares en los buques de puertas y ventanas.</li> </ul>
Omitir las dimensiones de venta de los productos en el mercado: acero, largo de varilla, láminas de hierro galvanizado para techo, láminas de los sistemas de paredes livianas (gypsum densglass, otros), bloques de concreto, productos utilizados en el sistema electromecánico, cuenta la geometría de diferentes productos combinados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar muy bien todos los materiales.</li> <li>• Usar un sistema de construcción modular.</li> <li>• Consultar a los proveedores antes de diseñar.</li> <li>• Asesorarse con ingenieros estructurales para optimizar el material.</li> <li>• Modular el diseño con las longitudes de los productos disponibles.</li> <li>• Solicitar a empresas proveedoras la prefabricación de las estructuras.</li> <li>• Modular los cortes de la varilla de acuerdo con el tamaño de los elementos.</li> <li>• Dibujar en detalle el trazo electromecánico para facilitar la construcción y el presupuesto.</li> <li>• Mejorar la comunicación entre los diferentes ingenieros.</li> <li>• Deben seguirse las instrucciones del ingeniero estructural, eléctrico y topógrafo.</li> <li>• El uso de tecnología Building Information Modelling (BIM) desde el diseño ayuda a la mejora de la productividad, no solo de los materiales sino también de la mano de obra en proyectos.</li> </ul>



Continuación del Cuadro 3.5.1

Causas	Buenas prácticas
Modificaciones al diseño original durante el proceso de construcción (órdenes de cambio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir con planos de taller y no con planos de permisos.</li> <li>• Explicarle al cliente el impacto de los cambios que ellos solicitan.</li> <li>• Aplicar el concepto de integración (trabajo integrado entre los diseñadores, el constructor y propietario).</li> <li>• Identificar materiales en el mercado que se ajustan mejor al diseño.</li> <li>• Adaptar el diseño durante el proceso para evitar residuos.</li> </ul>
Desconocer la existencia en el mercado de productos estandarizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualizarse con nuevos materiales y productos.</li> <li>• Tener acceso a catálogos de proveedores y sus productos</li> </ul>
Omitir información en los planos y especificaciones técnicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar detalles específicos de cada proyecto y no detalles típicos.</li> <li>• Realizar diseños detallados (planos de taller).</li> <li>• Especificar detalladamente las técnicas de construcción.</li> </ul>
Selección de productos de baja calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar los mejores materiales disponibles según el presupuesto del cliente.</li> <li>• No incluir en el diseño ni en los presupuestos productos de baja calidad.</li> </ul>
Complejidad del diseño y del detalle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover diseños simples.</li> </ul>
Errores en los detalles del diseño y construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conciliar los planos entre las diferentes disciplinas.</li> <li>• Corroborar que lo que se construye es lo que se especifica en los planos.</li> <li>• Revisión de los planos previo a la construcción con participación de todas las partes.</li> </ul>
No considerar prefabricación e industrialización de la construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de concretos pre mezclados, estructuras metálicas elaboradas en talleres, prefabricados de concreto.</li> <li>• Tratar de proponer al cliente el uso de sistemas modulares de mampostería o prefabricados.</li> <li>• Construir con componentes prefabricados.</li> <li>• Solicitar a los productores que generen nuevos productos prefabricados. Implementar “armar en sitio” sustituyendo la “construcción en sitio”.</li> </ul>

Continuación del Cuadro 3.5.1

Causas	Buenas prácticas
Otras buenas prácticas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseñar para futuras actualizaciones de tecnología con cableado de fácil acceso y etiquetado, así como sistemas expandibles cuando el presupuesto lo permita.</li><li>• Asesorar al cliente para que no compre cosas innecesarias, y en su lugar adquiera materiales amigables con el ambiente, resistentes y no tóxicos.</li><li>• Conocer desde las etapas iniciales de la obra las características de los materiales a utilizar.</li><li>• Diseñar para re-uso, recuperación y deconstrucción.</li><li>• Considerar en el diseño materiales de reutilización.</li><li>• Capacitar a los diseñadores en procesos de reducción de residuos.</li><li>• Estudiar detalladamente los planos y los materiales, previo a la construcción, para reducir costos de compras innecesarias y ahorrar tiempo de mano de obra.</li><li>• Aconsejar, especialmente al cliente, sobre el impacto de la generación de residuos y hacer énfasis en los beneficios de reducirlos, incluyendo ahorros económicos.</li><li>• Al diseñar, considerar la posibilidad de reciclar y el porcentaje de material reciclado en los productos.</li><li>• Evitar proponer el uso de materiales peligrosos, minimizar el número de diferentes tipos de componentes, usar conexiones mecánicas en lugar de químicas, diseñar las articulaciones y los conectores para soportar repetidos montajes y desmontajes.</li><li>• Incorporar el Proceso de Diseño Integrado y considerar el ciclo de vida del edificio.</li></ul>

**Cuadro 3.5.2. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para la etapa de ejecución de la obra. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017).**

Causas	Buenas Prácticas
Inadecuado diseño del sitio constructivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un diseño de sitio planificado y funcional previo a la construcción.</li> <li>• Designar dentro del proyecto, un lugar adecuado para almacenar residuos<sup>4</sup> Actualizar el diseño del sitio conforme avance el proyecto.</li> <li>• Definir espacios que permitan la cuantificación de residuos</li> </ul>
Cantidades requeridas poco claras debido a fallas en la planificación de la obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer una reunión de apertura de proyecto con los involucrados para discutir aspectos técnicos y administrativos.</li> <li>• Revisar los planos y especificaciones antes de iniciar la obra para asegurar la ausencia de indefiniciones.</li> <li>• Revisar el presupuesto con detenimiento antes de iniciar la obra.</li> <li>• Llevar un control cruzado de cantidades de materiales utilizados comparadas con el presupuesto.</li> </ul>
Uso del material incorrecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer controles sobre uso de materiales y establecer sanciones con multa en los casos de malas prácticas.</li> <li>• Contar con información técnica de los materiales (fichas técnicas), en el sitio de la construcción.</li> <li>• Mantener solo el material necesario en el área de trabajo para evitar daños a los mismos.</li> </ul>
Ausencia de control de materiales en el sitio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de control de materiales en el sitio</li> </ul>
Materiales y productos sin usar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar en bodega con fecha de expiración visible para su uso posterior.</li> <li>• Establecer mecanismos para vender, ceder, intercambiar los materiales sobrantes con otros proyectos o empresas.</li> <li>• Convenir con los proveedores la devolución de materiales sobrantes, cuidando que estos sean retirados y acopiados adecuadamente para que puedan tener una reutilización posterior.</li> </ul>

Continuación cuadro 3.5.2

Causas	Buenas prácticas
Daños en la infraestructura ya colocada provocados por un proveedor de otros servicios (por ejemplo, rotura de marcos de madera ya colocados por instaladores de vidrios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer lineamientos/reglas a seguir y sanciones para evitar los daños en los elementos ya contruidos ya sea por personal de la empresa o de subcontratistas.</li> <li>• Realizar reuniones con los subcontratistas antes de construir para planificar tiempos y procesos.</li> <li>• Realizar controles de acceso a lugares cuyo trabajo ya fue recibido.</li> </ul>
Retrasos al contratista por no facilitar las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con la información completa y documentos del contrato antes del inicio de la obra.</li> </ul>
Errores de proveedores o de operarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar a los trabajadores acerca del tipo, características y uso correcto de los materiales a utilizar.</li> <li>• Establecer mecanismos de control, seguimiento y mejora continua en todas las etapas.</li> <li>• Controlar los procesos que generan errores e identificar el tipo de error para corregirlos.</li> </ul>
Habilidades deficientes por parte de la mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en diversos temas para promover las habilidades y destrezas en el manejo de materiales.</li> <li>• Evitar la rotación de personal calificado mediante incentivos.</li> <li>• Acompañar y dar charla de inducción al trabajador al ingresar a la empresa.</li> <li>• Establecer mecanismos de supervisión para los trabajadores para evitar daños a materiales.</li> <li>• Incentivar a los trabajadores para que formulen propuestas de mejora en el usos de los materiales.</li> </ul>
Selección incorrecta del equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir las tareas a realizar y las herramientas y maquinaria a utilizar.</li> </ul>

Continuación cuadro 3.5.2

Causas	Buenas prácticas
Fallas en el equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar a los trabajadores en el buen uso del equipo.</li> <li>• Establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos.</li> <li>• Requerir equipos en buen estado y establecer mecanismos de control.</li> <li>• Mantener el equipo encendido únicamente cuando se esté utilizando.</li> <li>• Limpiar los equipos luego de ser usados para evitar la formación de depósitos que requieren el consumo de mayores cantidades de disolventes o de agua para su remoción.</li> </ul>
Presión del tiempo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar y dar seguimiento de los procesos.</li> </ul>
Cambios de diseño durante la construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar con el cliente los detalles y sus requerimientos durante la fase de planificación del proyecto, incluyendo el posible uso de sistemas modulares de mampostería o prefabricados.</li> <li>• Reutilizar el material que se pueda después de realizar cualquier cambio o modificación.</li> </ul>
Otras buenas prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mandar a prefabricar las armaduras y otros elementos.</li> <li>• Utilizar dispositivos móviles (iPads, teléfono celular u otros) para reducir el uso de papel para los planos y actualizar en tiempo real planos, inventarios, entre otros.</li> <li>• Inspecciones de mayor calidad en obra mediante mayor cantidad de visitas y mejor control y planificación en la obra.</li> </ul>

**Cuadro 3.5.3. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para la etapa de gestión de comprar y adquisiciones. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017).**

Causas	Buenas prácticas
Utilización de material erróneo, necesitando reemplazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer controles de los materiales a utilizar.</li> <li>• Establecer un sistema de coordinación y comunicación entre el equipo del proyecto y los diseñadores para evitar errores.</li> </ul>

Continuación cuadro 3.5.3

Causas	Buenas Prácticas
Imposibilidad de ordenar o comprar cantidades menores de materiales y los remanentes quedan como residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negociar flexibilidad del proveedor para proporcionar órdenes pequeñas de material.</li> <li>• Conversar con el cliente para utilizar otro material. En caso que no sea posible comprar cantidades menores de material.</li> </ul> <p>Almacenar los materiales sobrantes para ser utilizados en proyectos futuros y revisar la bodega antes de cualquier compra.</p>
Errores en la orden de compra provocando que lo que llega a la obra sea más material o menos material de lo requerido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer una buena planificación de la obra a construir.</li> <li>• Hacer planificación de las compras.</li> <li>• Contar con controles en el momento de: realizar pedidos, recibir los materiales en el sitio y verificar facturas vs pedido.</li> <li>• Recalcular las cantidades de materiales a utilizar en la obra antes de realizar el pedido.</li> </ul>
Los materiales adquiridos no cumplen con las especificaciones técnicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar que el material tiene el visto bueno de los responsables para la compra.</li> <li>• Solicitar certificaciones de calidad del producto. • Solicitar la ficha técnica del producto.</li> </ul>
Errores en el envío por parte del proveedor y en la compra por parte del comprador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveedor externo: seguimiento (trazabilidad) y revisiones de los productos solicitados.</li> <li>• Proveedor de la empresa: trazabilidad en la gestión interna de los materiales solicitados.</li> </ul>
Otras buenas prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprar material de origen local, extraídos o fabricados en zonas próximas a la obra (áridos, elementos cerámicos y otros) para promover el desarrollo local y el menor consumo de energía por transporte de materiales.</li> <li>• Considerar los traslapes de acuerdo a la pendiente del techo en la compra del material.</li> <li>• Comprar material, en el caso de los techos, a empresas que venden las láminas con las longitudes que se necesiten.</li> <li>• Proporcionar repuestos y almacenamiento para el dueño posterior a la construcción.</li> </ul>

**Cuadro 3.5.4. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para la etapa de gestión de materiales. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017).**

Causas	Buenas prácticas
Descuido durante la manipulación de los materiales por parte del grupo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar y de ser posible certificar al personal para garantizar estándares de calidad y conocimiento de diversos temas relacionados con la manipulación de materiales.</li> <li>• Diseñar boletas para el retiro de material de las bodegas donde se establezcan las cantidades de materiales que son retirados y el responsable de ellos.</li> <li>• Motivar a los subcontratistas a que sean cuidadosos con los materiales. En caso de faltar algo, se les hace responsable y deben reemplazarlos.</li> <li>• Utilizar en el sitio un medio de transporte adecuado al tipo de material.</li> </ul>
Almacenamiento inapropiado que genera daños y deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante la planificación, considerar en el diseño de sitio el espacio para el almacenamiento y bodega de los materiales.</li> <li>• Establecer procedimientos para el almacenamiento en bodega.</li> <li>• Estibar los materiales de manera que se eviten roturas en las bolsas, cajas o envases.</li> <li>• Almacenar los materiales con cuidado.</li> <li>• Mantener el empaquetado en los materiales hasta el último momento para prevenir daños.</li> <li>• Traer los materiales a la obra cuando se van a utilizar (Just in Time).</li> <li>• Brindar capacitación al bodeguero sobre el uso y manejo de los materiales.</li> <li>• Establecer multas a los subcontratistas que no cumplan con las políticas establecidas para el almacenamiento de materiales realizando revisiones periódicas.</li> </ul>
Falta de cultura ambiental de los trabajadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concientizar al personal sobre la importancia de cuidar el ambiente.</li> <li>• Capacitación al personal sobre la gestión de los materiales.</li> <li>• Rotular en sitios estratégicos del proyecto con información sobre la gestión de materiales.</li> <li>• Crear políticas de incentivos para promover una cultura ambiental.</li> <li>• Desarrollar cultura ambiental en la empresa y promover mediante charlas de inducción a los trabajadores el cumplimiento de los estándares de la gestión de los materiales.</li> </ul>
Falta de dirección técnica a las cuadrillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación técnica a las cuadrillas en temas de modulación de materiales tales como madera, acero de refuerzo.</li> <li>• Establecer mecanismos claros de comunicación entre los trabajadores y el maestro de obras o jefe de cuadrillas.</li> </ul>

Continuación cuadro 3.5.4

Causas	Buenas prácticas
Daños durante el transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeccionar visualmente los materiales antes de la recepción.</li> <li>• Establecer controles de calidad para aceptar el recibo de los materiales.</li> <li>• Descargar los materiales con cuidado.</li> </ul>
Los materiales llegan muy mal empacados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar al proveedor empacar los materiales bien y de acuerdo a las recomendaciones.</li> </ul>
Expiración de algún material durante el proceso de construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprar materiales verificando su fecha de vencimiento.</li> <li>• Llevar control de materiales en bodega y su fecha de vencimiento.</li> <li>• Utilizar primero los materiales con vencimientos próximos.</li> </ul>
Otras buenas prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar restos de materiales en los envases, asegurar que las latas de pintura y disolventes han quedado correctamente cerradas, tapar los bidones de disolventes, pinturas, barnices y otros una vez finalizado su uso; limpiar las brochas, pinceles, rodillos, espátulas y demás herramientas evitando que se seque la pintura; no preparar más pintura de la necesaria.</li> <li>• Utilizar formaletas reutilizables.</li> <li>• Usar cualquier sobrante dentro de la misma construcción o en proyectos de la misma empresa.</li> <li>• Reutilizar el material empleado para la bodega y otras obras provisionales.</li> <li>• Motivar el reciclado y reuso de materiales de construcción al final de la vida útil de la estructura.</li> <li>• Utilizar contenedores para obras preliminares (oficinas y bodegas) para evitar la generación de residuos al final del proyecto.</li> </ul>



**Cuadro 3.5.5. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para los residuos. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017).**

Causas	Buenas prácticas
Residuos generados en el proceso mismo de construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar el descapote para labores de relleno de jardinería y zonas verdes, almacenándolo adecuadamente y tapándolo con una lona.</li> <li>• Reutilizar los materiales al máximo.</li> <li>• Controlar las cantidades generadas de residuos y establecer un registro.</li> <li>• Separar en el sitio los residuos en el momento de su generación.</li> <li>• Prevenir que los residuos se mezclen.</li> <li>• Reutilizar la formaleta de madera siempre que sea posible en otros proyectos.</li> <li>• Realizar los trabajos de corte de ladrillos y de elementos cerámicos con equipos adecuados para favorecer cortes de calidad y permitir de esta manera el uso de ambas partes de las piezas.</li> <li>• Mantener ordenada la zona de recepción y acopio de los materiales y transportarlos adecuadamente dentro de la obra.</li> <li>• Utilizar en labores de rellenos, los materiales producto de la obra gris que, por su contaminación, no puedan ser reciclados.</li> <li>• Aplicar incentivos a los subcontratistas para que aplique reducción reuso y reciclaje de materiales.</li> <li>• Aplicar multas a los subcontratistas por malas prácticas de gestión de los residuos; mediante contratos donde se pongan cláusulas que penalicen mal manejo de los residuos.</li> <li>• Incentivar la minimización de residuos mediante la distribución del beneficio económico.</li> </ul>
Material de empaque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convenir con proveedores la devolución de materiales sobrantes y embalajes.</li> <li>• Discutir con el proveedor el sistema de embalaje de los materiales requeridos.</li> <li>• Enviar los residuos que no se puedan reutilizar, reciclar dentro del proyecto a un gestor oficial de residuos.</li> </ul>
Demoliciones pre-existentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratar de dismantelar antes de demoler (deconstruir) y reutilizar lo posible.</li> <li>• Reciclar los residuos de materiales que así lo permitan.</li> <li>• Utilizar escombro en rellenos, estabilización de taludes o bases de aceras y parqueos.</li> </ul>

**Cuadro 3.5.6. Causas de generación de residuos y las buenas prácticas reportadas para otras actividades. (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, Revista Construcción, 2017).**

Causas	Buenas prácticas
Ausencia de planes de manejo de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un plan de gestión de residuos que incluya: objetivos específicos con metas medibles ambientales/de residuos y claras responsabilidades, dentro del proyecto. para la administración ambiental.</li> <li>• Identificar y cuantificar los equipos y materiales necesarios para desarrollar la gestión de los residuos (contenedores, entre otros).</li> <li>• Incluir en el presupuesto los costos detallados de las estrategias del plan de gestión de residuos, incluyendo la contratación de un encargado para su gestión.</li> <li>• Crear registros de control de residuos en el sitio que documenten información de cantidades y causas que los producen.</li> <li>• Analizar los registros de control de residuos y establecer buenas prácticas para lograr disminuir la generación de residuos en actividades posteriores.</li> <li>• Organizar una jerarquía para la administración de los residuos donde todos los participantes (cliente, arquitecto, ingeniero, maestro de obras, trabajadores) estén involucrados en la implementación del plan de gestión de los residuos.</li> <li>• Dar a conocer al personal sus responsabilidades acerca de la manipulación de los residuos en la obra.</li> <li>• Revisar y discutir con los trabajadores las metas de la gestión de los residuos como parte de las reuniones de avance del proyecto.</li> <li>• Reportar en el Plan de gestión de residuos los materiales que están siendo reusados en el sitio o fuera de él, así como los entregados para el reciclaje.</li> <li>• Crear un formulario donde se describen los residuos que van a ser transportados y vertidos, para controlar su hoja de ruta, desde donde se generan hasta su destino final.</li> <li>• Disponer de un directorio de compradores/vendedores potenciales de materiales usados o reciclados cercanos a la ubicación de la obra.</li> <li>• Identificar la oferta de centros de acopio para el reciclaje disponibles y hablar con ellos para establecer alianzas para un posible servicio.</li> <li>• Verificar que los vehículos encargados del transporte y la disposición de los residuos sean los apropiados dependiendo del volumen de carga a ser transportada en su totalidad.</li> </ul>

Continuación cuadro 3.5.6

Causas	Buenas prácticas
Ausencia de planes de manejo de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar programas de educación para ayudar al cliente y a los interesados a apreciar los beneficios de la reducción de residuos y las estrategias en el proyecto para alcanzar las metas fijadas e incluir a las compañías gestoras de residuos como parte de la cadena de materiales.</li> </ul>
Pérdidas por vandalismo o por robo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer mecanismos de seguridad y control en las bodegas y entradas y salidas del proyecto (cámaras, alarma).</li> </ul>
Condiciones naturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer estrategias para el almacenamiento y protección de aquellos materiales que se deterioran con el contacto con la lluvia, viento, sismo, erupciones volcánicas. Se recomienda colocarlos en tarimas y taparlos con plástico o lonas.</li> <li>Contar con fichas técnicas de cómo proceder en caso de erupciones volcánicas.</li> <li>Proteger los taludes para evitar desastres.</li> </ul>

Al aplicar las buenas prácticas en el proceso de construcción se alcanza la minimización de residuos, generando un buen sentido económico y comercial. Al mismo tiempo, la minimización de residuos puede mejorar la eficiencia de producción, las ganancias, la participación de los empleados, la calidad del producto y el desempeño ambiental (Begum, Siwar, Pereira, & Jaafar, 2006). No obstante, en el país existen barreras al momento de implementar estas prácticas, las cuales se resumen en el Cuadro 3.5.7.

**Cuadro 3.5.7 Barreras para implementar la reducción de desechos de construcción. (Tomado de Abarca-Guerrero et al., 2017)**

Sector	Barreras
Financiero/Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de un mercado de reciclaje de desechos bien desarrollado.</li> <li>• Renuencia a la gestión de residuos de construcción debido a la intensa competitividad con el resultado de mayores costos del proyecto.</li> <li>• Contratistas que carecen de métodos de penalización económica para la gestión de residuos.</li> <li>• Percepción de que las actividades de reducción de desechos no son rentables, eficientes, prácticas o compatibles con actividades básicas de construcción.</li> <li>• Renuencia a segregar para reciclar y reutilizar materiales de bajo valor económico o difíciles de reutilizar.</li> <li>• Los beneficios financieros de la reducción de desperdicios están distribuidos inequitativamente, proveyendo pocos incentivos para los operativos.</li> <li>• El precio de construcción no refleja el costo ambiental.</li> <li>• La primera prioridad es el beneficio financiero y no los problemas ambientales.</li> <li>• Énfasis en el costo de la inversión, no en el bajo costo a largo plazo.</li> </ul>
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inconsistencias entre diferentes agencias gubernamentales.</li> <li>• Falta de coordinación entre las divisiones.</li> <li>• La reducción de desechos no recibe suficiente atención en la planificación y el diseño del edificio.</li> <li>• Procedimientos de gestión de residuos no disponibles.</li> <li>• Falta de compromiso administrativo y apoyo para la cuestión de los desechos.</li> <li>• Ausencia de normas de la industria o normas de funcionamiento para la gestión de los desechos.</li> <li>• Falta de integración de la experiencia y experiencia de los operarios en el proceso de gestión de residuos.</li> <li>• Las responsabilidades individuales para el manejo de desechos están mal definidas, son comunicadas inadecuadamente y percibidas como irrelevantes para los operativos.</li> <li>• Los usuarios del edificio no participan en el proceso de planificación y diseño.</li> <li>• Falta de tiempo para desarrollar planes de reducción de desechos.</li> </ul>

Continuación del Cuadro 3.5.7

Sector	Barreras
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de educación en construcción sostenible a nivel universitario.</li> <li>• Capacitación inadecuada de los trabajadores de la construcción en cuestiones de manejo de desechos.</li> <li>• Falta de conciencia de los clientes sobre la vivienda sostenible.</li> <li>• Conciencia ambiental insuficiente por parte de la industria, los tomadores de decisiones políticas y clientes.</li> <li>• La atención del gobierno y el sector privado al déficit de vivienda, más que a los problemas ambientales.</li> <li>• Ausencia de formación en asistencia sanitaria y tratamiento de residuos para los trabajadores.</li> </ul>
Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento insuficiente sobre cómo implementar ecotecnologías.</li> <li>• La gestión de residuos de construcción no puede llevarse a cabo de manera efectiva debido a la limitación de espacio.</li> <li>• Habilidades deficientes de los operarios en las prácticas de construcción en el sitio.</li> </ul>
Sociocultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja demanda de los clientes por edificios sostenibles.</li> <li>• Cultura y comportamiento de la construcción tradicional.</li> <li>• Dificultades para cambiar las prácticas laborales de la fuerza de trabajo.</li> <li>• Insuficiente reconocimiento de la diversidad de género por parte del sector.</li> <li>• La creencia de que los esfuerzos de reducción de desechos nunca serán suficientes para eliminar por completo el desperdicio.</li> </ul>
Legal/Político	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo normativo insuficiente.</li> <li>• Las regulaciones existentes son difíciles de operar en la práctica.</li> <li>• Falta de aplicación de las políticas y planes de gestión de la construcción y los residuos.</li> <li>• Deficiencia de las regulaciones ambientales.</li> <li>• Falta de información disponible con respecto a los requisitos de las normas ambientales.</li> </ul>

A pesar de las barreras existentes, las empresas constructoras y el país como tal, pueden obtener diferentes beneficios al aplicar las buenas prácticas, de acuerdo con el área donde se implementen, como se muestra a continuación:

### **3.5.1 Beneficios para la empresa**

La minimización de residuos en el sector construcción es económicamente factible y también juega un papel importante en la mejora de la gestión ambiental de la constructora, obteniendo un beneficio neto a partir de la reutilización y el reciclado de materiales de desecho, pues se estima que los ahorros pueden ser hasta un 2.5% del presupuesto total del proyecto. Lo anterior permite que la industria de la construcción pueda ahorrar dinero (Begum et al, 2006).

También se pueden obtener grandes beneficios al poner en práctica el método de las 4R, el cual consiste en rechazar materiales que se encuentren en malas condiciones, reducir en gran cantidad la generación de residuos, reutilizar materiales en otras obras y reciclar los residuos valorizables, con el fin de evitar la compra innecesaria de nuevos materiales de construcción al utilizar materiales reutilizados o reciclados, lo cual disminuye los costos o evita costos adicionales. Además, generar menos desperdicios en los proyectos de construcción disminuye los costos de disposición y los cargos por relleno de tierra, lo que eventualmente reduce los costos totales del proyecto (Hwang & Bao Yeo, 2011).

### **3.5.2 Beneficios para el país**

Según Jain (2012), el gobierno puede influir directamente en la reducción de los residuos de la construcción a través de la implementación de técnicas o incentivos dirigidos a las empresas, como lo son el impuesto sobre el vertido de residuos para fomentar su disminución, lo que promueve el ascenso de la jerarquía de residuos, la imposición de un subsidio para productos de construcción reciclados o la implementación de créditos fiscales para las construcciones que usen productos reciclados.

### **3.5.3 Beneficios para el cliente**

Según Osmani, Glass, & Price (2008), al determinar el nivel de detalle que el cliente requiere para tomar la decisión de proceder durante la evaluación breve inicial y el valor estudios de gestión o costo beneficio se puede obtener un ahorro del 3% de los costos de construcción sin un gasto de inversión significativo.





## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de los datos se llevó a cabo a través de visitas de campo, información de fuentes secundarias (encuestas a maestros de obra), estudios de caso y entrevistas al personal. En el caso de las visitas de campo, se realizaron a dos sitios de construcción, con el fin de conocer mejor los procesos que se llevan a cabo en la construcción de la obra, así como para la identificación, medición de cantidad de los residuos sólidos generados y la aplicación de las buenas prácticas establecidas en la Guía Manejo Eficiente de Materiales de Construcción.

Inicialmente, con la colaboración de estudiantes de Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Producción Industrial e Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica (TEC), se aplicaron 279 encuestas estructuradas a maestros de obras/en diferentes partes del país, pero principalmente en la Gran Área Metropolitana.

Estas encuestas fueron previamente validadas por PhD. Lilliana Abarca Guerrero y MSCE Ana Grettel Leandro Hernández, para determinar la claridad y comprensión por parte de los encuestados. Estas solicitaban información referente a los procesos constructivos y las principales causas de la generación de los residuos, así como requerían datos y registros de los materiales utilizados y la generación de residuos en la obra.

Para el análisis de resultados se realizó la prueba de significancia estadística *t* Student. Lo anterior permitió priorizar las causas de generación de residuos identificadas en las encuestas. Además, se aplicaron los estudios necesarios para determinar la variación en el efecto significativo de las distintas causas.

Así mismo, se trabajó en dos casos de estudio donde se aplicaron las buenas prácticas propuestas por Abarca Guerrero y Leandro Hernández (2016), donde se realizaron mediciones de cantidad y observaciones sobre las causas de los residuos sólidos generados. Para ambos casos se trató de obtener la información necesaria para relacionar el impacto económico por la aplicación de las buenas prácticas. Esto se logró únicamente para el Caso de estudio 2. Durante las visitas de campo se realizaron entrevistas semiestructuradas al

maestro de obra, el encargado de realizar las compras y adquisiciones de los materiales, el dueño de la obra en construcción y los encargados de los materiales que se encuentran en la bodega.

Estos resultados fueron presentados al maestro de obra y encargados del proyecto, pues una vez priorizadas las causas, se discutió extensivamente con el arquitecto las buenas prácticas a ser aplicadas en el proyecto y se analizó el impacto financiero/tiempo desde su perspectiva.

## 4.2 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS

Los datos obtenidos en las encuestas fueron sometidos a un proceso de edición para detectar posibles errores y omisiones. La edición se hizo con el fin de asegurar que los datos sean precisos y consistentes con los otros factores obtenidos. La información se analizó utilizando el software estadístico Minitab, el cual se empleó para calcular la media ponderada, desviación estándar ponderada y la prueba de significancia  $t$  (t Student) con un nivel de confianza del 95%.

El grado o nivel de importancia de cada factor se calculó utilizando la escala de Likert de cinco puntos, donde 1 representa “no significativo” y 5 “el más significativo”. El promedio de importancia ( $\alpha$ ) de un factor en esa escala se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{1(n1) + 2(n2) + 3(n3) + 4(n4) + 5(n5)}{(n1 + n2 + n3 + n4 + n5)}$$

Los valores  $n1$ ,  $n2$ ,  $n3$ ,  $n4$  y  $n5$ , representan el número de personas que mencionaron los factores 1, 2, 3, 4 y 5 de la escala de Likert, respectivamente. Este análisis se realizó directamente con macros del software Minitab con el comando %STAT, el cual muestra también la desviación estándar ponderada.

Después de calcular los promedios y las desviaciones estándar, el siguiente paso fue evaluar el grado de importancia que los maestros de obras costarricenses le dieron a cada factor. Se realizó una prueba de significancia estadística al promedio de cada factor para comprobar si la población lo considera significativo. Se probó la hipótesis nula  $H_0: \mu \leq \mu_0$

contra la hipótesis alternativa  $H_1: \mu > \mu_0$ , donde  $\mu$  es el promedio de la población. La decisión de rechazar  $H_0$  se determina mediante el cálculo del valor de  $t$ , considerando si es mayor o igual a  $t(n-1, \alpha)$ .

$$t_{(n-1,\alpha)} = \frac{\alpha - \mu_0}{S_x/\sqrt{n}}$$

La variable  $t(n-1, \alpha)$  sigue una distribución de  $t$  ( $t$  Student) con  $n-1$  grados de libertad,  $\alpha$  corresponde al promedio de la muestra,  $S_x$  a la desviación estándar de la muestra,  $n$  el tamaño de muestra y  $\mu_0$  el valor crítico para el cual el factor es considerado como el más significativo. Para este estudio  $\mu_0$  se fija en 2 debido a que por definición, valores superiores a 2 representan los factores “significativo” y ‘el más significativo’ de la escala, ya que al realizarse el estudio, con un valor de 3 no daban significativos.

#### 4.3 ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS

Como se mencionó anteriormente, se realizaron dos casos de estudio en dos obras de construcción de casas familiares, la primera ubicada en Santa Ana, San José, Costa Rica, con un área de 353 m<sup>2</sup>, y la segunda en San Carlos, Alajuela, Costa Rica, con un área de 88 m<sup>2</sup>. En cada caso se cuantificaron los residuos producidos en las etapas de obra gris y acabados, utilizando la lista de chequeo presente en la Guía Manejo Eficiente de Materiales de Construcción adecuada al contexto de las obras, donde los residuos se dividen en peligrosos y no peligrosos, tal como se establece en el Cuadro 4.3.1

**Cuadro 4.3.1. Materiales producidos como residuos en proyectos de construcción en Costa Rica.**

<b>No peligrosos</b>	
Acero (tuberías)	Latón y bronce
Aluminio (marcos y cielo raso)	Madera
Bolsas de cemento	Material aislante
Bolsas de repello	Material vegetal
Cable eléctrico	Mortero de pega
Cartón corrugado	Papel
Cartón (tetrapak, tetrabrik)	Plástico de alta densidad
Cerámica	Plástico de baja densidad
Cobre (tuberías)	PVC

Continuación del cuadro 4.3.1.

<b>No peligrosos</b>	
Concreto	Residuos de piedras naturales
Concreto armado	Residuos de yeso
Estereofón	Residuos ordinarios
Fragua	Residuos orgánicos
Herramientas	Vestuario
Hierro (tubos, perling)	Vidrio
Láminas corrugadas	
<b>Peligrosos</b>	
Ácidos, disolventes, detergentes	Pared liviana
Aditivos para el concreto	Pintura
Combustibles	Residuos de asbestos
Desencofrantes	Residuos de asfalto
Envases de aceites	Residuos de fibra de vidrio
Envases metálicos de pintura	Residuos de soldadura
Envases plásticos de pintura	Silicón y otros selladores
Líquidos de frenos	Suelo contaminado
Madera tratada con compuestos químicos	Tubos fluorescentes
Lubricantes	Trapos, brochas y otros utensilios con productos químicos

- **Caso de estudio 1: Casa familiar en Santa Ana, San José, Costa Rica**

La construcción del proyecto tuvo una duración de 12 meses y fue realizada por una pequeña empresa de 8 trabajadores como promedio. La obra se encuentra conformada por un sistema de marco de losa de viga de columna convencional, con bloques sagrados como encofrado. Los desechos generados en la construcción se evaluaron de acuerdo con los materiales presentados en el Cuadro 4.3.1, donde se inspeccionó el sitio y se pesaron los residuos dispuestos en un lugar específico utilizando una balanza con incertidumbre de ( $\pm 0,01$ ). Los datos se recopilieron mediante varias visitas y mediciones durante todo el proceso de construcción de la obra, donde se contó con ayuda de estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental del Tecnológico de Costa Rica y la investigadora PhD. Liliana Abarca

Guerrero. La tasa de generación de desechos se definió como la cantidad de residuos generados dividida por el área plana bruta de construcción.

- **Caso de estudio 2: Casa familiar en San Carlos, Alajuela, Costa Rica**

La construcción del proyecto tuvo una duración de 4 meses y fue realizada por una empresa constructora que subcontrata a un maestro de obras, encargado de contratar y dirigir a 6 trabajadores como promedio durante toda la obra. Esta edificación se encuentra conformada por un sistema constructivo mixto de mampostería integral (Sistema Masterblock) y paredes internas livianas (láminas de fibrocemento tipo gypsum en estructura metálica de hierro galvanizado).

Al igual que el proyecto anterior, los residuos generados en la construcción se evaluaron de acuerdo con los materiales presentados en el Cuadro 4.3.1, donde se inspeccionó el sitio y se pesaron los residuos dispuestos en un lugar específico utilizando una balanza con incertidumbre de ( $\pm 0,01$ ). Los datos se recopilaron durante varias visitas y mediciones semanales o quincenales de acuerdo con la cantidad generada y a la etapa en la que se encontraba la obra. La tasa de generación de desechos se definió exactamente igual que en la primera construcción, como la cantidad de residuos generados dividida por el área plana bruta de construcción.

Por último, se realizó una entrevista al arquitecto encargado de la obra, con el fin de conocer su punto de vista sobre la aplicación de la Guía Manejo Eficiente de Materiales de Construcción elaborada por Abarca Guerrero y Leandro Hernández (2016), y si genera beneficio económico para el proyecto. Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

- A. ¿Qué le pareció la aplicación de la Guía?
- B. ¿Cumple las expectativas esperadas?
- C. Existen barreras al aplicar la guía, ¿De qué magnitud son?
- D. ¿Las barreras están afectando al correcto desarrollo de la guía? ¿Cómo?
- E. ¿Es necesario hacer adaptaciones?
- F. ¿Los participantes están satisfechos con la implementación de los procedimientos de la guía?
- G. ¿Seguirá poniendo en práctica las buenas prácticas?

H. ¿Recomienda a otras empresas de construcción para que apliquen la guía?

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 NIVEL DE IMPORTANCIA DE LAS CAUSAS DE GENERACION DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

A partir de la información obtenida de las encuestas y de acuerdo con el análisis estadístico realizado, los factores con mayor prioridad corresponden a aquellos que presentan un valor  $t$  mayor a 1,6449, tal como se muestra en el Cuadro 5.1.1.

En la clasificación “Ejecución de la obra”, existen trece factores que inciden en la generación de residuos, los que presentan una priorización de acuerdo con el valor de  $t$ , se enumeran a continuación:

1. Cambios de diseño durante la construcción.
2. Presión del tiempo.
3. Cantidades requeridas poco claras debido a fallas en la planificación de la obra.
4. Errores de proveedores o de operarios.
5. Diseño inadecuado del sitio constructivo.
6. Ausencia de control de materiales en el sitio.
7. Retrasos al contratista por no facilitar las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar.

Por otro lado, en un estudio previo realizado por Abarca Guerrero (2014), se encontró lo siguiente:

1. Cantidad de material requerida poco clara debido a falta de planeamiento
2. Uso de material incorrecto que requiere reemplazo
3. Daños provocados por un proveedor de otros servicios
4. Retrasos en información al contratista de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar
5. Errores de proveedores o de operarios

Respecto a la etapa de “Gestión de compras y adquisiciones”, en este caso no se reportaron causas que cumplan con un valor de t mayor a 1,6449 por lo que no se priorizaron, en el estudio realizado por Abarca se reportaron las siguientes:

1. Uso de materiales incorrectos que deben ser reemplazados
2. Incapacidad de comprar pequeñas cantidades
3. Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo
4. Errores de compra (mucho, poco)
5. Materiales recibidos no cumplen con las especificaciones

Bajo la clasificación “Gestión de materiales”, el único factor determinante en esta clasificación es falta de cultura ambiental de los trabajadores debido a que es algo que a ellos le interesa por lo que representa un gran impacto en la gestión de materiales y pueden generar gran cantidad de residuos.

En el otro estudio se priorizaron las siguientes causas:

1. Falta de conciencia ambiental de los trabajadores en el sitio de construcción
2. Almacenamiento inapropiado
3. Actitud poco amigable de trabajadores
4. Falta de dirección técnica a los trabajadores en el sitio
5. Daños durante el transporte

En esta etapa se coincide en la primera posición lo cual indica que es una causa muy importante en la generación de residuos.

En cuanto a la clasificación “Residuos”, se reportan tres factores, cuya prioridad coincide con la numeración dada:

1. Residuos debido al proceso de construcción.
2. Materiales de empaque.
3. Demoliciones preexistentes.

En la investigación realizada por Abarca se reportaron las siguientes causas:

1. Residuos debido al proceso de construcción
2. Demoliciones preexistentes
3. Materiales de empaque

En esta etapa solo se coincide en la primera posición, en la segunda y tercera posición no se reporta la misma priorización debido a que puede existir diferencias a la hora de la aplicación de las encuestas.

Por último, en “Otras actividades” se presentan tres factores, cuyo orden de priorización corresponde a:

1. Ausencia de planes de manejo de residuos.
2. Condiciones naturales.
3. Pérdidas por vandalismo o por robo.

En el otro estudio el orden de priorización es el siguiente:

1. Falta de un plan de gestión de residuos
2. Falta de control de los materiales en el sitio

En esta parte de la encuesta coincide la primera posición, lo cual indica que puede ser una causa importante en la generación de residuos, las otras posiciones no coinciden debido a que se evaluaron diferentes causas entre ambas encuestas.

En general, las variaciones entre esas posiciones se pueden ver influenciadas al tiempo de la aplicación del presente estudio con el anterior y al conocimiento de que varias encuestas no fueron reportadas correctamente.



**Cuadro 5.1.1. Causas de residuos de construcción ( $t_{valor N=279} = 1.6449$ , N = Número de respuestas) ( $\alpha = 0.05$ ).**

Clasificación y factores	Números de respuestas (n)							Posición	Media ( $\alpha$ )	Desv. Est.	t student
	5	4	3	2	1	NR	N				
<b>Ejecución de la obra</b>											
Diseño inadecuado del sitio constructivo.	17	30	34	114	83	1	278	5	2,22302	1,30055	2,84
Cantidades requeridas poco claras debido a fallas en la planificación de la obra.	11	29	59	103	74	3	276	3	2,27536	1,21709	3,75
Uso del material incorrecto.	3	19	34	92	130	1	278	-	1,82374	1,07782	-2,71
Ausencia de control de materiales en el sitio.	17	27	46	86	98	5	274	6	2,19343	1,34196	2,39
Materiales y productos sin usar.	7	19	52	110	87	4	275	-	2,08727	1,11987	1,28
Daños en la infraestructura ya colocada provocados por un proveedor de otros servicios (por ejemplo, rotura de marcos de madera ya colocados por instaladores de vidrios).	9	18	32	118	99	3	276	-	1,98551	1,13401	-0,21
Retrasos al contratista por no facilitar las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar.	6	24	57	106	82	4	275	7	2,14909	1,13395	2,18
Errores de proveedores o de operarios.	5	20	64	128	58	4	275	4	2,22182	1,03016	3,57
Habilidades deficientes de la mano de obra.	4	26	45	117	83	4	275	-	2,09455	1,09864	1,43
Selección incorrecta del equipo.	4	11	34	100	127	3	276	-	1,78623	1,01704	-3,49
Fallas en el equipo.	1	24	46	134	72	2	277	-	2,09025	0,99807	1,5
Presión del tiempo.	48	34	51	92	49	5	274	2	2,78102	1,51161	8,57
Cambios de diseño durante la construcción.	33	48	62	93	39	4	275	1	2,79273	1,37706	9,55
<b>Gestión de compras y adquisiciones</b>											
Utilización de materiales erróneos, necesitando reemplazo.	3	10	28	121	115	2	277	-	1,79061	0,94491	-3,67
Imposibilidad de ordenar o comprar cantidades menores de materiales y los remanentes quedan como residuos.	5	28	47	104	94	1	278	-	2,08633	1,15352	1,24

Continuación del cuadro 5.1.1.

Clasificación y factores	Números de respuestas (n)							Posición	Media ( $\alpha$ )	Desv. Est.	t student
	5	4	3	2	1	NR	N				
Errores en la orden de compra provocando que lo que llega a la obra sea más o menos material del requerido.	4	14	39	127	93	2	277	-	1,94946	1,00381	-0,83
Los materiales adquiridos no cumplen con las especificaciones técnicas.	3	10	30	104	129	3	276	-	1,74638	0,97116	-4,33
Errores en el envío por parte del proveedor y en la compra por parte del comprador.	3	17	47	130	81	1	278	-	2,03237	1,00069	0,54
<b>Gestión de materiales</b>											
Descuido durante la manipulación de los materiales por parte del grupo de trabajo.	6	17	48	124	83	1	278	-	2,06115	1,06439	0,95
Almacenamiento inapropiado que genera daños y deterioro.	5	15	39	102	117	1	278	-	1,88129	1,07515	-1,83
Falta de cultura ambiental de los trabajadores.	20	54	53	79	71	2	277	1	2,54152	1,40713	6,38
Falta de dirección técnica a las cuadrillas.	7	18	38	86	129	1	278	-	1,87777	1,15725	-1,75
Daños durante el transporte.	4	13	48	124	89	1	278	-	1,98921	1,00576	-0,18
Los materiales llegan muy mal empacados.	1	10	28	108	131	1	278	-	1,71223	0,912	-5,23
Expiración de algún material durante el proceso de construcción.	2	4	20	75	177	1	278	-	1,48561	0,84138	-10,14
<b>Residuos</b>											
Residuos debidos al proceso de construcción.	70	42	59	83	24	1	278	1	3,18345	1,48682	13,2
Material de empaque.	51	39	55	77	52	5	274	2	2,85401	1,54341	9,18
Demoliciones preexistentes	26	38	58	115	38	4	275	3	2,63273	1,30018	8,07
<b>Otras actividades</b>											
Ausencia de planes de manejo de residuos.	26	37	50	68	96	2	277	1	2,38267	1,48311	4,28
Pérdidas por vandalismo o por robo.	12	28	39	124	74	2	277	3	2,20578	1,20407	2,83
Condiciones naturales.	15	19	55	128	58	4	275	2	2,29091	1,16916	4,13

## 5.2 APLICACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS PRESENTES EN LA GUÍA MANEJO EFICIENTE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

### 5.2.1 Caso de estudio 1: Casa familiar en Santa Ana, San José, Costa Rica

Durante las visitas de campo, se observó a lo largo de la construcción, el incorrecto almacenamiento de los residuos peligrosos, los cuales se mezclaron con otros residuos, lo cual sin importar la cantidad terminan siendo peligrosos todos (Pitchel,2005).

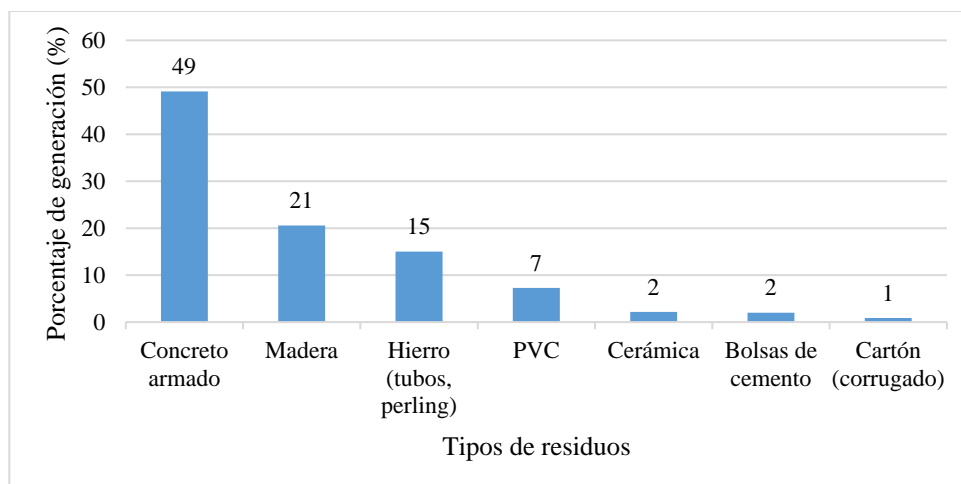
Los materiales no peligrosos más comunes en esta construcción incluyen concreto armado, madera limpia, materiales de hierro, PVC, cerámica, bolsas de cemento (papel kraft de dos capas más polipropileno) y cartón corrugado. Respecto a los peligrosos, los encontrados consistieron en residuos de pared liviana, recipientes de pintura metálicos y plásticos, residuos de pintura en recipientes de mezcla, textiles impregnados con solventes utilizados para limpiar superficies antes de pintar, brochas, silicón, selladores, ácidos, disolventes y otros recipientes con productos químicos.

Además, se determinó que en la construcción de la obra no se gestionan los residuos generados, pues tras conversar con los trabajadores, estos reconocieron que no implementan un plan de gestión de residuos sólidos, ya que no son conscientes de la peligrosidad de los materiales ni de su impacto ambiental. Este comportamiento puede traer consigo efectos negativos en el agua, aire y el suelo, especialmente si no se da una correcta disposición final de los desechos o un adecuado almacenamiento durante la ejecución del proyecto.

Del ejercicio de medición en el sitio, los residuos se pesaron y registraron en forma de inventario de acuerdo con una lista ya preestablecida. Las masas de los diferentes flujos se presentan en los cuadros 5.2.1.1 y 5.2.1.2, donde se eliminaron las categorías que no presentamos datos durante todas las mediciones para un mejor reporte de resultados. De esta forma, en las Figuras 5.2.1.1 y 5.2.1.2 se resume el porcentaje de generación de residuos no peligrosos y peligrosos en la obra.

**Cuadro 5.2.1.1 Principales residuos no peligrosos generados en la obra de Santa Ana.**

Material	Cantidad kg	Material	Cantidad kg
Concreto armado	6800,00	Vestuario	46,33
Madera	2846,21	Plástico de alta densidad	25,65
Hierro (tubos, perling)	2080,27	Bolsas repello	15,05
PVC	1005,80	Aluminio (marcos y cielo raso)	8,30
Cerámica	298,09	Estereofón	6,64
Bolsas de cemento	275,56	Residuos orgánicos	4,78
Cartón (corrugado)	122,01	Herramientas	4,20
Residuos ordinarios	92,86	Cartón (tetrapak, tetrabrik)	3,79
Cable eléctrico	81,38	Papel	1,22
Plástico de baja densidad (mecate, envolturas, bolsas)	62,24	Laminas corrugadas	0,12
Concreto	57,58	Vidrio	0,08
Total kg		13838,14	

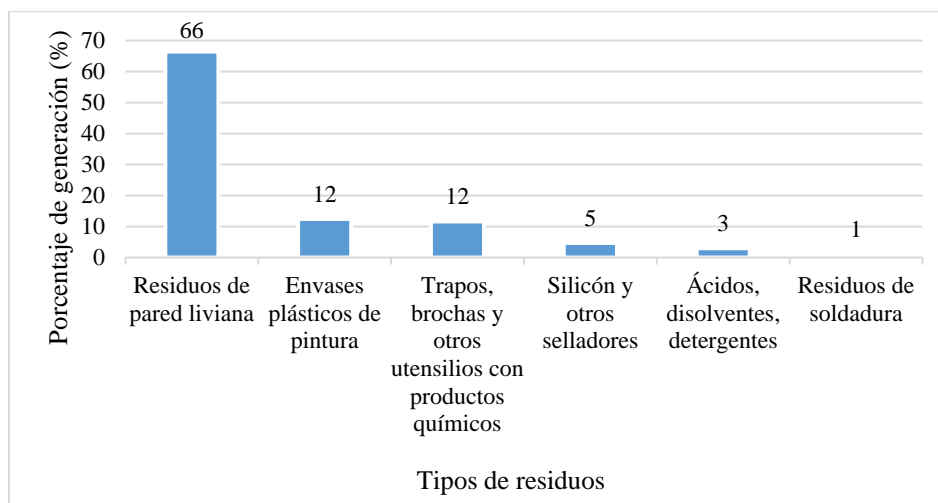


**Figura 5.2.1.1. Porcentaje de generación de residuos no peligrosos en la obra de Santa Ana.**

Como se observa, la mayor cantidad de residuos no peligrosos registrados corresponden a concreto armado (49%), sin posibilidades de reciclaje en el país. La madera limpia (21%) y el hierro (15%) también se producen en cantidades considerables. En el caso del hierro, se recolecta para la venta y reciclaje, pero la madera si no se manipula con cuidado, es difícil de reutilizar en nuevas obras o en otras actividades y no hay disponibles empresas que la reciclen.

**Cuadro 5.2.1.2 Principales residuos peligrosos generados en la obra de Santa Ana.**

Material	Cantidad kg	Material	Cantidad kg
Residuos de pared liviana	254,76	Ácidos, disolventes, detergentes	11,56
Envases plásticos de pintura	47,78	Residuos de soldadura	4,85
Trapos, brochas y otros utensilios con productos químicos	44,69	Envases metálicos de pintura	0,87
Silicón y otros selladores	18,13	Lubricantes	0,72
Total kg		383,34	



**Figura 5.2.1.2. Porcentaje de generación de residuos peligrosos en la obra de Santa Ana.**

Por otra parte, los materiales peligrosos reportados en mayor porcentaje son los residuos de pared liviana (66%), los recipientes de pintura (12%) y los utensilios con solventes y productos químicos utilizados para limpiar superficies metálicas antes de ser pintados (12%). Estos desechos no son tratados de la mejor manera en las construcciones, ya que suelen ser enviados a un relleno sanitario, con el fin de disminuir costos, pues el tratamiento necesario es más costoso. Otro de los residuos peligrosos generados son pedacitos restantes de soldadura, los cuales quedan en el suelo del lugar y no gestionan adecuadamente.

En este proyecto de construcción, los residuos generados, se debieron a cambios de diseño una vez iniciada la obra. Adicionalmente, la dirección de la obra no tuvo interés en cumplir con las buenas prácticas, los trabajadores no se comprometieron con hacer las actividades de manera distinta a la que estaban acostumbrados, se solicitaron mayor cantidad

de materiales de los requeridos, no se reutilizaron materiales como la madera, se desaparecieron materiales, entre otros.

Finalmente, el índice de generación reportado en esa construcción es de 40.3kg/m<sup>2</sup>. Este se puede considerar alto comparado con otros resultados reportados para casos de estudio en Costa Rica, como por ejemplo 24,1 kg/m<sup>2</sup> para modelo dúplex de 190 m<sup>2</sup> (Abarca-Guerrero, 2014) o 25 kg/m<sup>2</sup> (Villalobos, 1995). La comparación entre índices es difícil ya que los métodos constructivos han sido distintos.

### **5.2.2 Caso de estudio 2: Casa familiar en San Carlos, Alajuela, Costa Rica**

Antes de iniciar la obra se realizó una visita al sitio donde el proyecto iba a ser construido. Durante esta se explicó la guía de manera detallada y el cronograma de visitas semanales durante la ejecución del proyecto. Durante estas se hacían observaciones y se recordaban las buenas prácticas a los trabajadores.

Durante las visitas de campo, se observó que la construcción generó poca cantidad de residuos peligrosos, los cuales fueron almacenados de manera correcta. No obstante, las puntas de soldadura no fueron tratadas o almacenadas de la mejor manera, pues se depositaron en el suelo.

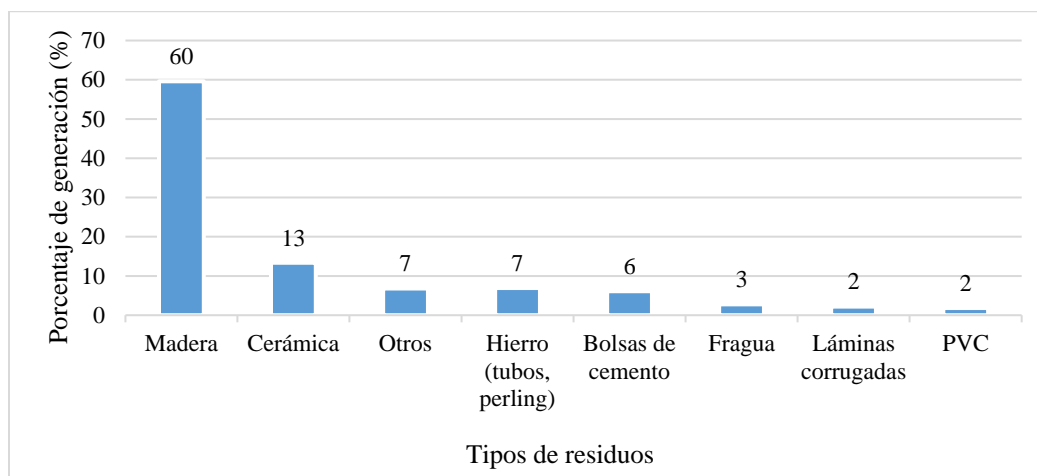
Los materiales no peligrosos más comunes en el proyecto constituyen madera limpia, cerámica, hierro, bolsas de cemento (papel kraft de dos capas más polipropileno), fragua, láminas corrugadas y PVC. Los materiales peligrosos más importantes corresponden a residuos de pared liviana, recipientes de pintura metálicos y plásticos, residuos de pintura en recipientes de mezcla, brochas y aditivos para el concreto.

Además, se determinó que en esta construcción el encargado de gestionar los residuos generados es el arquitecto que dirige la obra, y no los trabajadores ni el maestro de obras. Ellos reconocieron que no son conscientes de la peligrosidad de los materiales y su impacto al medio ambiente, sino que lo ven como un residuo ordinario. El proyecto no contaba con un plan de gestión de residuos, por lo que se informó a los trabajadores sobre la manera adecuada de separar y almacenar los residuos al inicio de la construcción. Posteriormente cuando se observaban malas prácticas se les recordaba la manera correcta de hacerlo.

Del ejercicio de medición de residuos en el sitio, estos se pesaron y registraron en forma de inventario de acuerdo con una lista ya preestablecida, tal y como se hizo en el caso de estudio 1. Las masas de los diferentes flujos se presentan en los cuadros 5.2.2.1 y 5.2.2.2, donde se eliminaron las categorías que no presentaron datos durante todas las mediciones para un mejor reporte de resultados. Las Figuras 5.2.2.1 y 5.2.2.2 muestran el porcentaje de generación de residuos no peligrosos y peligrosos de la obra de San Carlos.

**Cuadro 5.2.2.1 Principales residuos no peligrosos generados en la obra de San Carlos.**

Material	Cantidad kg	Material	Cantidad kg
Madera	538,13	Aluminio (marcos y cielo raso)	14,25
Cerámica	120,57	Bolsas repello	11,24
Hierro (tubos, perling)	62,35	Vestuario	7,75
Bolsas de cemento	55,31	Residuos ordinarios	7,61
Fragua	24,84	Cable eléctrico	5,78
Laminas corrugadas	19,99	Plástico de baja densidad (mecate, envolturas, bolsas)	2,05
PVC	16,55	Herramientas	0,65
Cartón (corrugado)	15,52	Plástico de alta densidad	0,19
Total kg		902,78	



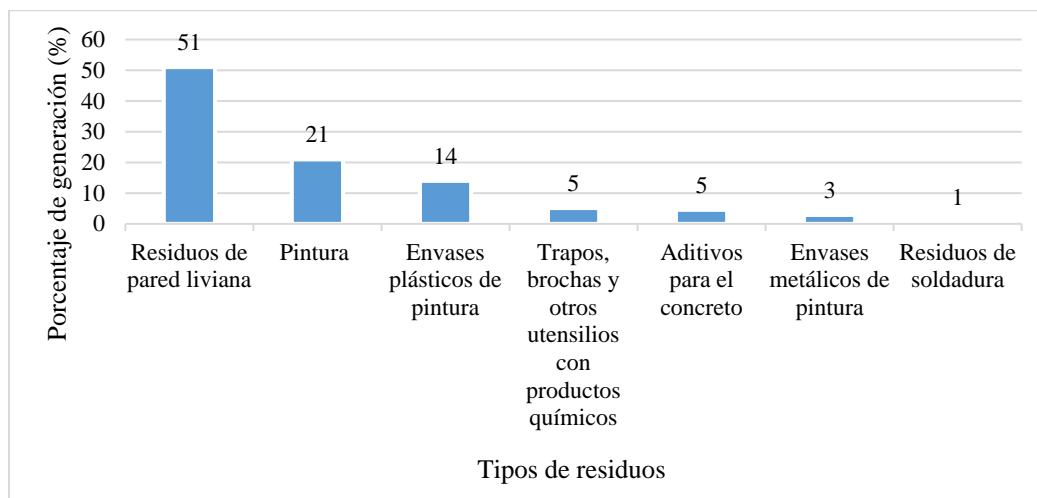
**Figura 5.2.2.1. Porcentaje de generación de residuos no peligrosos en la obra de San Carlos.**

Respecto a los residuos no peligrosos, la mayor cantidad es representada por la madera, que representa un 60% con un peso total de 231,7 kg, la cual se reutilizó en otra obra ubicada frente a la analizada. La madera a la que no se le pudo dar otro uso se dispuso correctamente.

La cerámica (13%) y el hierro (7%) también se producen en cantidades considerables, este último se recolecta para la venta y reciclaje.

**Cuadro 5.2.2.2 Principales residuos peligrosos generados en la obra de San Carlos.**

Material	Cantidad kg	Material	Cantidad kg
Residuos de pared liviana	48,11	Envases metálicos de pintura	2,71
Pintura	19,77	Residuos de soldadura	0,57
Envases plásticos de pintura	13,2	Ácidos, disolventes, detergentes	0,42
Trapos, brochas y otros utensilios con productos químicos	4,83	Silicón y otros selladores	0,4
Aditivos para el concreto	4,31		
Total kg		94,32	



**Figura 5.2.2.2. Porcentaje de generación de residuos peligrosos en la obra de San Carlos.**

En cuanto a los materiales peligrosos, se reporta en mayor porcentaje los residuos de pared liviana (51%), pintura (21%) y los recipientes de pintura (metálicos y plásticos) (14%). Los trabajadores indicaron que la pintura sobrante no es desechada, sino reutilizada en otras obras. El resto de residuos peligrosos generados se disponen en un relleno sanitario.

En este proyecto se generó poca cantidad de residuos, en comparación con el caso anterior, pues los trabajadores y el maestro de obras implementaron la mayoría las buenas



prácticas establecidas en la Guía de Manejo Eficiente de Materiales de Construcción. Los desechos generados fueron resultado de la compra de mayor cantidad materiales (pintura y azulejos) así como por habilidades deficientes de la mano de obra en el manejo del porcelanato.

El índice de generación reportado para esta construcción es de 11,3kg/m<sup>2</sup> si se consideran todos los residuos y de 8,7kg/m<sup>2</sup> si no se toman en cuenta los 231,7 kg de madera que se reutilizó en otra obra. Se puede observar que el índice de generación de residuos es bajo, el cual consideró el arquitecto de la obra se debe a las buenas prácticas presentes en la guía que se estaba evaluando.

### **5.2.3 Beneficio económico obtenido con la implementación de la Guía Manejo Eficiente de Materiales de Construcción.**

El presente análisis se realizó con el caso de estudio de la obra ubicada en San Carlos, ya que el estudio de caso 1 presentó la situación de no poder analizar, desde lo financiero, los ahorros obtenidos, en caso de que hubieran existido. Para el caso de estudio 2, se conversó desde el inicio del proyecto con la persona encargada del presupuesto y datos de compra de la construcción, con el fin de conocer el presupuesto inicial y los gastos finales y poder determinar el beneficio económico al aplicar esta guía. El resumen de los datos se demuestra en el Cuadro 5.2.3.1.

**Cuadro 5.2.3.1. Síntesis de los datos utilizados para el cálculo del ahorro económico en la construcción.**

	<b>Costo directo</b>	<b>Costo indirecto</b>	<b>Monto de construcción</b>
Presupuesto inicial	¢22.946.954,13	¢2.983.104,04	¢25.930.058,17
Costo final	¢20.906.535,85	¢2.717.849,66	¢23.624.385,51
Diferencia	¢2.040.418,29	¢265.254,38	¢2.305.672,66
Ahorro total		¢4 611 345,33	
Porcentaje ahorrado		9%	

Como lo menciona Begum et al (2006), con la implementación de las buenas prácticas, es posible obtener un beneficio económico del 2.5% del presupuesto total de la obra. En esta investigación se obtuvo un porcentaje de ahorro del 9%, el cual es en gran parte

como resultado de la aplicación de la Guía de Manejo Eficiente de Materiales de Construcción, lo cual representa un beneficio importante para la empresa que realizó el proyecto (Campos Díaz, 2019)

Este porcentaje también es resultado de los esfuerzos de recuperación y del reciclaje que la empresa ha implementado en otros proyectos, en los cuales han reutilizado hasta tres veces materiales en buen estado como madera para formaleta y utilizado la pintura en otras obras. Además, se realizó la venta de materiales metálicos como tubería, perling, aluminio y cobre de cable eléctrico, con un monto de venta de \$50/kg de cobre, \$50/kg de hierro, \$70/kg de aluminio y \$800 /kg de cable eléctrico.

Estos montos se obtuvieron debido a la valorización a los residuos, los cuales al ser vendidos y no dispuestos generan menos presión en los rellenos sanitarios. En el caso de la madera, es complejo calcular el beneficio económico que se obtiene al reutilizarla, pues la medida con la que venden ese material es la vara y los residuos han sido de diferentes dimensiones y tipos de madera, lo que imposibilita indicar el valor exacto recuperado. Lo que sí se puede afirmar es que se disminuyó aproximadamente un 40% la generación de residuos de madera, el cual es uno de los materiales que presenta mayor porcentaje de generación de los residuos no peligrosos producidos en las obras.

#### **5.2.4 Otros datos importantes**

A partir de la entrevista realizada al arquitecto encargado de la obra ubicada en San Carlos, se logró el abordaje de temas como los beneficios y la generación de conocimiento y aprendizaje de nuevas prácticas en el diseño, compra de materiales y ejecución de un proyecto de construcción. El entrevistado indicó que la Guía de Manejo Eficiente de Materiales de Construcción fue de utilidad, ya que es un documento que presenta paso a paso la aplicación de las buenas prácticas en las diferentes etapas del proceso de construcción y se valida con los resultados obtenidos en el caso de estudio. El arquitecto indicó que él esperaba resultados parecidos a los obtenidos ya que trató de aplicar las recomendaciones presentadas.

También, se logró determinar que el éxito en la aplicación de la guía es el compromiso por parte del maestro de obras y de los trabajadores, pues en algunos casos no muestran

interés y se debe hacer un recordatorio constante de que hagan uso de las prácticas establecidas, donde se incluye el almacenamiento correcto de los residuos generados. Durante el proceso de construcción se evidenciaron las debilidades en la educación ambiental del personal de la obra.

Adicionalmente, el arquitecto indica que no es necesario hacer adaptaciones a la guía, ya que se encuentra muy completa y no conoce de la existencia de otro documento en donde se comunique este tipo de información de esta manera. La empresa ACDC Constructora se muestra muy satisfecha con la implementación de la guía debido a los resultados positivos obtenidos, señalan que continuarán poniendo en práctica la mayoría de las buenas prácticas y que, con el paso del tiempo, aplicarán la totalidad de estas.

Por último, se le preguntó que, si recomendaría a otras empresas de construcción la aplicación de la guía, a lo cual establece que sí, y que todas las empresas, maestros de obras y trabajadores deberían de implementarla con el fin de disminuir el impacto al ambiente y obtener beneficios económicos al culminar las obras.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El establecimiento del nivel de importancia de las causas de la generación de residuos de la construcción permite visualizar cuáles procesos requieren de la implementación de buenas prácticas, esto con el fin de reducir la cantidad de residuos generados y con ello disminuir el impacto ambiental, así como propiciar beneficios económicos a las empresas constructoras.
- La principal causa de generación de residuos de la construcción durante la ejecución de la obra es debido a cambios mientras la construcción está en curso, ya sea solicitados por los clientes o por las decisiones tomadas por los diseñadores.
- La falta de cultura ambiental de los trabajadores es una causa importante en la generación de residuos, puede estar relacionada a su nivel de escolaridad y que presenta mayor importancia finalizar la obra en el menor tiempo posible.
- Las buenas prácticas establecidas en la guía manejo eficiente de materiales de la construcción poseen una aplicación sencilla. Además, el encargado de la obra en San Carlos donde se realizó el estudio indica que es el único documento que agrupa de manera clara y adecuada cómo se deben manejar los materiales de construcción de forma eficiente para disminuir los residuos generados.
- En los dos casos de estudio se obtuvieron Índices de Generación de residuos de 40,3 kg/m<sup>2</sup> y 11,3 kg/m<sup>2</sup> respectivamente. En el caso dos se aplicaron correctamente las buenas prácticas lo que puede haber influido en la disminución de residuos.
- La aplicación de buenas prácticas en las diferentes etapas del proceso de construcción ocasiona beneficios económicos a las empresas, ya que como se muestra en el caso dos, es posible alcanzar ahorros de hasta un 9% del presupuesto inicial de la obra.
- A nivel nacional, se cuenta con pocos estudios ejecutados en las universidades relacionados con las causas de generación de los residuos en el sector construcción. Así mismo, de la revisión de la literatura no se obtuvieron informes similares por parte de otras instituciones relacionadas con esta área, lo que demuestra el poco interés existente en buscar soluciones a los residuos generados por el sector.

## **Recomendaciones**

- Transmitir los resultados de esta investigación a la Asociación Costarricense de Maestros de Obras, a la Cámara Costarricense de la Construcción y al Colegio de Ingenieros y Arquitectos.
- Dar prioridad al beneficio ambiental al igual que el económico, con el fin de disminuir el impacto de la actividad en el suelo, agua y aire.
- Crear un reglamento para la gestión de los residuos de la construcción, con el objetivo de obligar a las empresas a su implementación para así lograr una buena gestión de los residuos.
- Promover a nivel de las universidades en las carreras relacionadas con la construcción, el desarrollo de un currículum orientado a la construcción sostenible.

## 7 REFERENCIAS

- Abarca-Guerrero, L. A construction waste generation model for developing countries. (2014). PhD dissertation, Eindhoven University of Technology, the Netherlands. Disponible en : <https://pure.tue.nl/ws/files/3871888/770952.pdf>.
- Abarca-Guerrero, L. (2017). Comunicación personal. Discusión sobre el sector construcción en Costa Rica.
- Abarca-Guerrero, L., & Leandro-Hernandez, A. G. (2016). *Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción*. Cámara Costarricense de la Construcción e Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. Recuperado de [http://archivo.construccion.co.cr/descargas/GUIA\\_MANEJO\\_MATERIALES\\_CONSTRUCCION.pdf](http://archivo.construccion.co.cr/descargas/GUIA_MANEJO_MATERIALES_CONSTRUCCION.pdf).
- Abarca-Guerrero, L., Leandro-Hernández, A. (2017). Una guía para el manejo adecuado de los materiales en la construcción. *Construcción*. Recuperado de <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/1637>.
- Abarca-Guerrero, L., Maas, G., & van Twillert, H. (2017). Barriers and Motivations for Construction Waste Reduction Practices in Costa Rica. *Resources*, 6(4), 69. <https://doi.org/10.3390/resources6040069>.
- ABG. (2017). Sector construcción. Recuperado de <http://abg.org.gt/web2014/wp-content/uploads/2017/07/SECTOR-4-CONSTRUCCIÓN-MARZO-2017.pdf>.
- Angulo, J. E. (Mayo de 2018). Contribución económica del sector construcción e impacto del exceso de trámites . Obtenido de Cámara Costarricense de la Construcción. Disponible en: <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/3931>.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2010). Ley N° 8839 para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Recuperado de [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024&strTipM=TC)
- Begum, R. A., Siwar, C., Pereira, J. J., & Jaafar, A. H. (2006). A benefit-cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimisation: The case of Malaysia. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.01.004>.
- Cámara Costarricense de la Construcción. (2017). Informe Económico del Sector

Construcción                      Octubre                      2017.                      Recuperado                      de  
<https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/2523>.

Cámara Costarricense de la Construcción. (2018). Contribución económica del sector construcción e impacto del exceso de trámites, 81. Recuperado de <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/3931>.

Campos Díaz. A (2019) Comunicación personal. Discusión sobre los beneficios económicos del uso de la aplicación de la Guía Manejo Eficiente de Materiales de la Construcción.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2018). Indicadores CFIA de la Construcción en Costa Rica ( en metros cuadrados ) Comportamiento del período : Enero – Diciembre. Recuperado de <http://cfia.or.cr/descargas2019/informes/estadisticas2018.pdf>.

EPA. (2007). Construction Waste Management. Recuperado de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-03/documents/017419.pdf>.

FIIC. (2017). Situación Actual y Perspectivas de la Industria de la Construcción en los Países Integrantes de la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción 2016-2017. Versión ejecutiva. Versión ejecutiva. Recuperado de <https://www.fiic.la/Documentos/10>. PRESENTACIÓN EJECUTIVA FIIC 2016-2017\_18\_09\_2017.pdf .

Gavilan, R. M., and Bernold, L. E. (1994): Source evaluation of solid waste in building construction. *J. Construction Engineering and Management*, ASCE, 120(3), 536-552.

Hwang, B.-G., & Bao Yeo, Z. (2011). *Perception on benefits of construction waste management in the Singapore construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management* (Vol. 18). <https://doi.org/10.1108/09699981111145835>.

IDITS. (s.f.). Informe Final Sector: Construcción Parte I. Recuperado de <https://docplayer.es/14463171-Informe-final-sector-construccion-parte-i.html>

Jain, M. (2012). Economic Aspects of Construction Waste Materials in terms of cost savings – A case of Indian construction Industry. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(1), 2250–3153. Recuperado de <http://www.ijsrp.org/research-paper-1012/ijsrp-p1041.pdf>.

Lau, H. H., Whyte, A., & Law, P. L. (2008). Composition and Characteristics of Construction Waste Generated by Residential Housing Project. *Int. J. Environ. Res*, 2(3), 261–268.

Recuperado de

[https://ijer.ut.ac.ir/article\\_202\\_3ce210d0bcd51f0b7ac583367988d4e3.pdf](https://ijer.ut.ac.ir/article_202_3ce210d0bcd51f0b7ac583367988d4e3.pdf).

- Mhaske, M., Darade, M., & Khare, P. (2017). Construction waste minimization. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2395–56. Recuperado de <https://www.irjet.net/archives/V4/i7/IRJET-V4I7219.pdf>
- Osmani, M. (2012). Construction Waste Minimization in the UK: Current Pressures for Change and Approaches. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.158>
- Osmani, M., Glass, J., & Price, A. D. F. (2008). Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.011>
- Pitchel, J. (2005). *Waste management practices: Municipal, hazardous and industrial* (Primera). New York.
- Ruggirello, H. (2011). *El Sector de la Construcción en perspectiva Internacionalización e impacto en el mercado de trabajo*. Recuperado de [http://www.clacso.org.ar/libreria\\_cm/archivos/pdf\\_465.pdf](http://www.clacso.org.ar/libreria_cm/archivos/pdf_465.pdf)
- Villalobos A.J.,1995. Estudio de Generación de Desechos en la Construcción de Viviendas de Mampostería. Lic. Dissertation, Universidad de Costa Rica.
- Wu Z, Yu ATW, Shen L, Liu G (2014) Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. *Waste Management* 34: 1683-1692 [doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.010](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.010).



## **8 APÉNDICES**

## 9 APÉNDICE 1: BUENAS PRÁCTICAS IMPLEMENTADAS POR EL ARQUITECTO EN LA OBRA DE SAN CARLOS.

**Cuadro A.1.1 Medidas utilizadas en la implementación de las buenas prácticas en la gestión de compras y adquisiciones.**

No.	Buena práctica	SI	NO	Medida
1	Hacer una buena planificación de la obra a construir	x		Elaborar cronograma y presupuesto de obra.
2	Revisar la orden de compra, por parte de personal capacitado, el material solicitado	x		Asignarle la responsabilidad al encargado de la obra en sitio.
3	Establecer controles en el momento de: realizar pedidos, recibir los materiales en el sitio y factura vs pedido	x		Definir protocolos internos cada proyecto específico.
4	Negociar flexibilidad del proveedor para proporcionar órdenes pequeñas de material	x		Tener un control actualizado del avance de obra y las actividades que se están realizando en el momento de los pedidos.
5	Negociar con el proveedor el recibo del material sobrante	x		Procurar comprar en comercios que ofrezcan este servicio.
6	Establecer buena comunicación y transferencia de información entre todas las partes, para dar un buen seguimiento a los productos solicitados y entregados por el proveedor	x		Elaborar informes generales del avance del proyecto donde se incluya la información de materiales y mano de obra, de forma semanal o bisemanal.
7	Capacitar, por áreas a los operarios sobre los materiales a utilizar	x		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
8	Solicitar material de origen local, extraídos o fabricados en zonas próximas a la obra (áridos, elementos cerámicos y otros) que cumplan con las especificaciones	x		Procurar hasta donde sea posible trabajar con los proveedores locales dentro del contexto inmediato de cada proyecto.
9	Encargar el tamaño del zinc que necesita	x		Aprovechar que ya existe en el mercado el servicio de fabricación de zinc y otros metales a medida.
10	Considerar los traslapes de acuerdo a la pendiente del techo en la compra del material	x		Elaborar un presupuesto detallado, un desglose detallado de los materiales en base al diseño propuesto.
11	Solicitar la compra del material a empresas que venden las longitudes que se necesitan (ejemplo techos de láminas galvanizadas)	x		Aprovechar que ya existe en el mercado el servicio de fabricación de zinc y otros metales a medida.

**Cuadro A.1.2 Medidas utilizadas en la implementación de las buenas prácticas en la gestión de materiales.**

No.	Buena práctica	SI	NO	Medida
1	Utilizar transportistas que garantizan el transporte de materiales (cemento, block, arena, piedra, etc.) de manera protegida y bien acomodada	x		Contratar los servicios de proveedores con experiencia y de primera calidad.
2	Solicitar a los transportistas la arena y piedra por separado	x		Procurar siempre que los agregados no se mezclen. En sitio se necesitan por separado para poder tener cantidades exactas para los concretos y mezclas.
3	Inspeccionar visualmente los materiales antes de la recepción	x		Asignar esta responsabilidad a algún miembro de la cuadrilla.
4	Establecer controles de calidad para aceptar los materiales	x		Definir controles y políticas internas.
5	Descargar los materiales con cuidado	x		Asignar esta responsabilidad a algún miembro de la cuadrilla.
6	Solicitar al proveedor empaclar los materiales de acuerdo a los requerimientos del proyecto y recomendación del proveedor	x		Contratar los servicios de proveedores con experiencia y de primera calidad.
7	Durante la planificación, considerar en el diseño de sitio un lugar para el almacenamiento y bodega de los materiales	x		Procurar y garantizar el orden, la movilidad y la seguridad a la hora de trabajar.
8	Establecer procedimientos para el almacenamiento en bodega de acuerdo a las normas de los fabricantes	x		Procurar una adecuada manipulación y almacenamiento de los materiales en obra, responsabilizar a algún miembro de la cuadrilla como encargado.
9	Estivar los materiales de manera que se eviten roturas en las bolsas, cajas o envases	x		Procurar una adecuada manipulación y almacenamiento de los materiales en obra, responsabilizar a algún miembro de la cuadrilla como encargado.
10	Almacenar los materiales con cuidado	x		Procurar una adecuada manipulación y almacenamiento de los materiales en obra, responsabilizar a algún miembro de la cuadrilla como encargado.
11	Mantener el empaquetado en los materiales hasta el último momento para prevenir daños	x		Procurar una adecuada manipulación y almacenamiento de los materiales en obra, responsabilizar a algún miembro de la cuadrilla como encargado.

12	Brindar capacitación al bodeguero sobre el uso y manejo de los materiales	x		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
13	Proponer a los trabajadores estivar los materiales de manera que se eviten roturas en las bolsas, cajas o envases			Procurar una adecuada manipulación y almacenamiento de los materiales en obra, responsabilizar a algún miembro de la cuadrilla como encargado.
14	Capacitar con posible certificación al personal para garantizar un estándar de calidad y conocimiento en diversos temas (por ejemplo volúmenes de mortero, cantidades de agua a agregar) o bien contratar a personal capacitado	x		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
15	Exigir a los contratistas, a que sean cuidadosos con los materiales. En caso de faltar algo, se les hace responsable y deben reemplazarlos	x		Establecer multas económicas en caso de daño de algún materiales por una mala manipulación, descuido o utilización.
16	Mantener ordenado el proyecto	x		Se debe establecer como una norma obligatoria.
17	Colocar cintas de seguridad o prevención en las áreas donde se transportarán los materiales dentro de la obra	x		Se debe establecer como una norma obligatoria.
18	Fomentar el conocimiento en el personal sobre la importancia de cuidar el ambiente y salud ocupacional	x		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
19	Capacitar al personal sobre la gestión de los materiales			Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
20	Acatar la Ley de Seguridad y Salud Ocupacional	x		Se debe acatar de forma obligatoria.
21	Rotular en sitios estratégicos del proyecto con información sobre el manejo de materiales	x		Se debe establecer como una norma obligatoria.
22	Contar con un sitio para comer para los trabajadores	x		Se debe establecer como una norma obligatoria.
23	Capacitar a las cuadrillas en temas de modulación de materiales tales como madera, acero de refuerzo, bodegaje, entre otros por medio de planos de taller	x		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
24	Proponer la compra de materiales verificando su fecha de vencimiento	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los encargados de proveeduría.
25	Llevar control de materiales en bodega y su fecha de vencimiento	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los encargados de proveeduría en coordinación con algún miembro de la cuadrilla encargado de llevar ese control en bodega.

26	Utilizar primero los materiales con vencimientos próximos	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
27	Evitar restos de materiales en los envases, asegurar que las latas de pintura y disolventes han quedado correctamente cerradas, tapar los bidones de disolventes, pinturas, barnices y otros una vez finalizado su uso; limpiar las brochas, pinceles, rodillos, espátulas y demás herramientas evitando que se seque la pintura; no preparar más pintura de la necesaria	x		Implementar las buenas prácticas en cada campo específico, ya sea pintura, soldadura, electricidad, etc., controlar en cada área específica la correcta manipulación y uso de los materiales y los residuos que estos mismos generan.
28	Utilizar formaletas reutilizables o ya usadas	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
29	Usar cualquier sobrante dentro de la misma construcción	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
30	Emplear el material usado para la construcción de la bodega provisional, en la medida de las posibilidades dentro del proyecto (ejemplo zinc, madera)	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
31	Reutilizar formaleta al chorrear el concreto y preferiblemente usar formaleta de paneles rentados para evitar el uso de madera	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
32	Motivar el reciclado y reuso de materiales de construcción mediante la elección del sistema estructural, tipos de componentes y sus conexiones, y a través de la elección de los materiales	x		Se debe establecer como una pauta de diseño para los profesionales encargados de desarrollar los proyectos, desde la etapa inicial del proyecto y hasta la etapa final de entrega.
33	Que los maestros de obras tengan sus unidades móviles (contenedores) para evitar los residuos de las obras preliminares	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.

**Cuadro A.1.3 Medidas utilizadas en la implementación de las buenas prácticas en la ejecución de la obra.**

No.	Buena práctica	SI	NO	Medida
1	Realizar una reunión conjunta previa entre el maestro de obras, el cliente y el diseñador para analizar detalles constructivos	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
2	Analizar con el cliente modelo en 3D	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
3	Reutilizar el material que se pueda después de realizar la modificación	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
4	Realizar un diseño de sitio planificado y funcional previo a la construcción	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
5	Designar un lugar adecuado para almacenar residuos	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
6	Revisar el diseño del sitio conforme avance el proyecto	X		Seguimiento constante del avance del proyecto en todas sus etapas por parte de los profesionales responsables del proyecto y los maestros de obras o encargados del proyecto.
7	Supervisar a los operarios en las labores que realizan y los materiales empleados	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
8	Establecer controles y sancionar el mal uso de los materiales	X		Establecer multas económicas.
9	Supervisar constantemente a los operarios	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
10	Contar con información técnica de los materiales en el sitio de la construcción	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los encargados de proveeduría del proyecto.
11	Mantener solo el material necesario en el área de trabajo	X		Tener una buena logística y proveeduría para el proyecto. Muchas coordinación entre todas las partes.
12	Establecer controles de entrada de materiales en el sitio de construcción	X		Definir protocolos y controles para la recepción de materiales en sitio.
13	Establecer un sistema de control de fechas para los materiales	X		Definir protocolos y controles para el almacenamiento de materiales en sitio.
14	Establecer contrato con los proveedores de servicios donde se establecen las responsabilidades y costos por los daños a materiales o estructuras	X		Contratar los servicios de proveedores con experiencia, respaldo y de primera calidad.

15	Recibir el trabajo terminado para así sentar las responsabilidades del daño causado por otro contratista	X		Se debe establecer como una norma obligatoria en los controles del proyecto.
16	Realizar controles de acceso a lugares cuyo trabajo ya fue recibido	X		Se debe establecer como una norma obligatoria en los controles del proyecto.
17	Realizar reuniones con los subcontratistas antes de construir para planificar tiempos y procesos	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
18	Revisar exhaustivamente los planos para asegurar la ausencia de indefiniciones durante la construcción	X		Elaborar un presupuesto detallado en base a un desglose minucioso de los planos constructivos.
19	Revisar el presupuesto con detenimiento antes del inicio de la obra	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
20	Solicitar al cliente contar con internet en el sitio de la construcción	X		Aprovechar los beneficios de tener acceso a internet en el sitio.
21	Contar con la información completa y documentos del contrato antes del inicio de la obra	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
22	Mantener una comunicación constante con el profesional a cargo de la obra	X		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos a seguir para todos los proyectos.
23	Capacitar a los trabajadores en el uso de equipos, materiales, seguridad e higiene, entre otros	X		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
24	Mantener comunicación con los proveedores	X		Contratar los servicios de proveedores con excelente servicio al cliente, experiencia y de primera calidad.
25	Controlar que los operarios revisen las fichas técnicas de los materiales	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
26	Realizar muestras en el caso de las pinturas y otros	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
27	Establecer acuerdos verbales con los trabajadores sobre sanciones en caso de errores		x	Todo debe ser por escrito por cuestiones de orden, formalidad y profesionalismo.
28	Capacitar a los trabajadores el uso de los equipos a utilizar	X		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
29	Definir previamente las tareas a realizar y los materiales y equipo a utilizar	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
30	Coordinar con el contratista los equipos a utilizar y las etapas en las que se utilizan	X		Coordinación a través de protocolos y controles entre el encargado de proveeduría de la empresa y los proveedores que se centraran para el proyecto.

31	Capacitar a los trabajadores en el buen uso del equipo	X		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
32	Establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos	X		Asignar esta responsabilidad a alguno de los colaboradores en campo.
33	Requerir equipos en buen estado y establecer mecanismos de control	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para encargados de proveeduría del proyecto.
34	Mantener el equipo encendido únicamente cuando se esté utilizando	X		Incentivar las buenas prácticas en el uso y manipulación de los equipos y herramientas. Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
35	Limpiar los equipos luego de ser usados para evitar la formación de depósitos que requieren el consumo de mayores cantidades de disolventes o de agua para su remoción	X		Incentivar las buenas prácticas en el uso y manipulación de los equipos y herramientas. Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc. Establecer multas económicas cuando lo amerite.
36	Rotar en bodega los materiales colocándolos con la fecha de expiración visible para utilizar los que expiran primero	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
37	Establecer mecanismos para vender, ceder, intercambiar los materiales sobrantes con otros proyectos	X		Se debe establecer como una norma obligatoria el aprovechamiento de todos los materiales sobrantes de un proyecto en otro proyecto.
38	Convenir con los proveedores la devolución de materiales sobrantes, cuidando que éstos sean retirados y acopiados adecuadamente para que puedan tener una reutilización posterior	X		Procurar trabajar con proveedores que ofrezcan este servicio.
39	Capacitar a los operarios en diversos temas para promover las habilidades	X		Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc.
40	Capacitar “ <b>paso a paso</b> ” a los operarios que en la semana siguiente trabajarán en alguna actividad específica y compleja	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
41	Evitar la rotación de personal	X		Procurar la consolidación de un buen equipo de trabajo que se mantenga y sea constante.
42	Dar acompañamiento inicial a los trabajadores al ingresar a la empresa	X		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
43	Incentivar a los trabajadores para que propongan propuestas de mejora	X		Motivar en todo momento la participación activa de todos los miembros realizando aportes desde sus áreas específicas en pro del bienestar, superación y crecimiento del grupo o equipo de trabajo.
44	Revisar la programación de manera diaria y semanal	X		Se debe asignar a un encargado para dicha función.



45	Mandar a prefabricar las armaduras y otros elementos de ser posible	X		Desde la etapa de planeación y diseño se deberán tomar en cuenta dichas estrategias.
46	Utilizar de ser posible dispositivos móviles (iPads, teléfono celular u otros) para reducir el uso de papel para los planos y actualizar en tiempo real planos, inventarios, entre otros	X		Incentivar prácticas operativas que reduzcan la generación de residuos, desperdicios y contaminantes.

**Cuadro A.1.4 Medidas utilizadas en la implementación de las buenas prácticas en los residuos.**

No.	Buena práctica	SI	NO	Medida
1	Utilizar la cobertura vegetal, removida al inicio de la construcción, para labores de relleno de jardinería y zonas verdes, almacenándolo adecuadamente y tapándolo con una lona	x		Aprovechar todo los materiales y recursos disponibles en sitio en la ejecución del proyecto.
2	Reutilizar los materiales al máximo	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
3	Alquilar paneles como formaleta	x		Hasta donde sea posible y los presupuestos lo permitan sería una buena práctica a implementar.
4	Controlar las cantidades generadas y establecer un registro	x		Se debe asignar a un encargado para dicha función.
5	Separar los residuos en el sitio en el momento de su generación	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
6	Prevenir que los residuos se mezclen con suciedad	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
7	Realizar los trabajos de corte de ladrillos y de elementos cerámicos con equipos adecuados para favorecer el uso de ambas partes de las piezas	x		Incentivar las buenas prácticas en el uso y manipulación de los equipos y herramientas. Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc. Establecer multas económicas cuando lo amerite.
8	Mantener ordenada la zona de recepción y acopio de los materiales y transportarlos adecuadamente dentro de la obra	x		Se debe establecer como una norma obligatoria para los maestros de obras o encargados del proyecto.
9	Reutilizar los materiales residuales, producto de la obra gris, en labores de relleno	x		Aprovechar todo los materiales y recursos disponibles en sitio en la ejecución del proyecto.
10	Aplicar incentivos positivos para reducir los residuos	x		Incentivar las buenas prácticas en el uso y manipulación de los equipos y herramientas. Actualización constante del personal: charlas, capacitaciones, exposiciones, etc. Establecer reconocimiento económico o de cualquier otra forma como motivación para los colaboradores.
11	Aplicar sanciones verbales y por escrito las malas prácticas de gestión de los residuos		x	Establecer multas económicas cuando lo amerite.

12	Incentivar la minimización de residuos, que el beneficio económico sea distribuido a todo el equipo	x		Establecer reconocimiento económico o de cualquier otra forma como motivación para los colaboradores.
13	Convenir con proveedores la devolución de embalajes	x		Procurar trabajar con proveedores que ofrezcan este servicio.
14	Enviar el material a un gestor oficial de residuos	x		Se debe establecer como una norma obligatoria.
15	Reutilizar el escombros como lastre	x		Siempre y cuando cumpla con las condiciones mínimas para ser utilizado en una superficie rodante sin causar ningún peligro o riesgo a los usuarios.
16	Reutilizar la varilla y el perling	x		Aprovechar todo los materiales y recursos disponibles en sitio en la ejecución del proyecto.
17	Tratar de dismantelar antes de demoler y reutilizar lo posible			Aprovechar todo los materiales y recursos disponibles en sitio en la ejecución del proyecto.
18	Reciclar los materiales	x		Aprovechar todo los materiales y recursos disponibles en sitio en la ejecución del proyecto. Promover las buenas prácticas medioambientales para el manejo de residuos y contaminantes.

**Cuadro A.1.5 Medidas utilizadas en la implementación de las buenas prácticas en otras actividades.**

<b>No.</b>	<b>Buena práctica</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Medida</b>
1	Contratar un guarda para el proyecto	x		Es obligatorio para el resguardo de los materiales almacenados y para la obra misma en ejecución.
2	Colocar cámaras en la medida de las posibilidades	x		Hasta donde sea posible es una buena práctica para controlar el desempeño de la cuadrilla y el uso y manipulación de los materiales, equipos y herramientas.
3	Revisar de bolsos a los trabajadores a la salida de la jornada	x		Se debe establecer como medida para el control de los materiales, herramientas y equipos en sitio.
4	Entregar materiales y herramientas con vales	x		Se debe establecer como medida para el control de los materiales, herramientas y equipos en sitio.
5	Poner número a los empleados en el casco para que cuando solicitan un vale por materiales y herramientas coincida su nombre con el del casco	x		Se debe establecer como medida para el control de los materiales, herramientas y equipos en sitio.
6	Colocar los materiales que se deterioran con el agua bajo techo, en tarimas o estantes, con plástico en el piso y encima del material	x		Se debe establecer como norma para el almacenamiento adecuado y correcto de los materiales, herramientas y equipos en sitio. Evitar que se dañen o se deterioren antes de ser usados o durante el proceso.
7	Proteger los taludes para evitar desastres	x		Debe estar incluido en la planeación del proyecto, contemplado desde la etapa de estudio preliminares por el profesional responsable del diseño y la ejecución del proyecto.
8	Colocar mamparas contra vientos	x		En caso de ser necesario deberá estar incluido en el diseño arquitectónico del proyecto.
9	Desarrollar un plan de gestión de residuos que incluya: objetivos específicos con metas medibles ambientales/de residuos y claras responsabilidades dentro del proyecto para la administración ambiental	x		Se debe establecer como una norma obligatoria en todos los proyectos.
10	Colocar estañones o cajas de madera rotulados con los materiales de desecho que se deben colocar ahí	x		Se debe establecer como una norma obligatoria.
11	Incluir en el presupuesto los costos detallados del manejo de residuos, incluyendo a un responsable	x		Se debe establecer como una norma obligatoria.

12	Organizar una administración de los residuos donde todos los participantes (cliente, arquitecto, ingeniero, maestro de obras, trabajadores) están involucrados en la coordinación del plan de gestión de los residuos junto con la Municipalidad	x		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de la empresa y como parte de la responsabilidad social y ambiental que tiene la empresa con la sociedad.
13	Dar a conocer al personal sobre sus responsabilidades acerca de la manipulación de los residuos en la obra por sector o por área	x		Se debe establecer como una norma obligatoria dentro de los protocolos de la empresa.
14	Revisar y discutir las metas de la gestión de los residuos como parte de las reuniones de avance del proyecto	x		Los temas de reciclaje, reutilización de materiales, aprovechamiento de los recursos y buenas manipulación de equipos y herramientas deberá estar presente siempre en la agenda de las reuniones, sus costos, alcances, beneficios, etc.
15	Crear un formulario donde se describen los residuos que van a ser transportados y vertidos, para controlar su itinerario, desde donde se generan y hasta su destino final	x		Establecer controles que garanticen la adecuada manipulación de residuos para que no exista ningún riesgo ambiental o social debido a los procesos que se los apliquen cuando se desechan.
16	Tener una lista de compradores/vendedores de materiales usados o reciclados cercanos a la ubicación de la obra	x		Crear una base de datos con compradores y vendedores de la zona dedicados al trabajo con materiales usados y reciclados e implementar el uso de sus servicios dentro de la logística y planeamiento del proyecto.
17	Controlar que los vehículos encargados de transportar los residuos se los lleven bien tapados	x		Se debe asignar a un encargado para que ejecute y controle esta actividad.









## 11 APÉNDICE 3: ENCUESTA APLICADA A LOS MAESTROS DE OBRA, ARQUITECTOS E INGENIEROS CIVILES.

Lugar: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### **Encuesta para ingenieros civiles, en construcción y maestro de obras.**

El objetivo de esta encuesta es conocer su opinión sobre los residuos que se producen en las construcciones en Costa Rica. La información es confidencial y meramente con fines académicos. Agradecemos su participación en beneficio del sector construcción y del ambiente.

Información general de la empresa

Nombre de la empresa:

Número de empleados en el momento de la aplicación de la encuesta:

Número de proyectos aproximados que la empresa ha hecho en los últimos 2 años:

Área de construcción de los proyectos actuales:

Información personal

Nombre del entrevistado:

Posición en la empresa:

Años de experiencia:

Celular:

Las siguientes causas de generación de residuos durante los procesos de construcción han sido mencionadas anteriormente por parte de ingenieros civiles y en construcción y también por maestros de obras. No todas esas causas tienen el mismo nivel de importancia por lo que es de nuestro interés determinar cuáles son más importantes que otras.

Para eso hemos construido una escala que es: 1 = Nunca; 2 = Algunas veces; 3 = A menudo; 4 = Muy a menudo; 5 = Siempre. Favor marcar con X la que usted considera es correcta para los proyectos que desarrolla.

**Cuadro A.3.1 Encuesta para ingenieros civiles, en construcción y maestro de obras.**

Clasificación y factores	Números de respuestas (n)					
	5	4	3	2	1	NR
<b>Ejecución de la obra</b>						
Diseño inadecuado del sitio constructivo.						
Cantidades requeridas poco claras debido a fallas en la planificación de la obra.						
Uso del material incorrecto.						
Ausencia de control de materiales en el sitio.						
Materiales y productos sin usar.						
Daños en la infraestructura ya colocada provocados por un proveedor de otros servicios (por ejemplo, rotura de marcos de madera ya colocados por instaladores de vidrios).						
Retrasos al contratista por no facilitar las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar.						
Errores de proveedores o de operarios.						
Habilidades deficientes de la mano de obra.						
Selección incorrecta del equipo.						
Fallas en el equipo.						
Presión del tiempo.						
Cambios de diseño durante la construcción.						
<b>Gestión de compras y adquisiciones</b>						
Utilización de materiales erróneos, necesitando reemplazo.						
Imposibilidad de ordenar o comprar cantidades menores de materiales y los remanentes quedan como residuos.						
Errores en la orden de compra provocando que lo que llega a la obra sea más o menos material del requerido.						
Errores en el envío por parte del proveedor y en la compra por parte del comprador.						
<b>Gestión de materiales</b>						
Descuido durante la manipulación de los materiales por parte del grupo de trabajo.						
Almacenamiento inapropiado que genera daños y deterioro.						
Falta de cultura ambiental de los trabajadores.						
Falta de dirección técnica a las cuadrillas.						
Daños durante el transporte.						
Los materiales llegan muy mal empacados.						
Expiración de algún material durante el proceso de construcción.						
<b>Residuos</b>						
Residuos debidos al proceso de construcción.						
Material de empaque.						
Demoliciones preexistentes						
Otras actividades						

Ausencia de planes de manejo de residuos.						
Pérdidas por vandalismo o por robo.						
Condiciones naturales.						

## **12 ANEXOS**

## 13 ANEXO 1: RESULTADOS DEL ESTUDIO REALIZADO POR LILLIANA ABARCA EN EL 2014

**Cuadro A.1.1. Causas de residuos de construcción (t valor, N=75 = 1,665, N = Número de respuestas) ( $\alpha = 0.05$ ).**

Criterio y factores	Número de respuestas					$\alpha$	Posición	S	N	Valor t
	1	2	3	4	5					
<b>Diseño</b>										
H1.1 Productos en el mercado cuyas unidades no son estándares (pulgadas, centímetros, varas)	5	7	29	34	12	3,471	6	1,0212	87	4,3046
H1.2 Falta de coordinación modular de productos	4	10	22	31	20	3,609	3	1,1034	87	5,1495
H1.3 Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo	2	6	26	40	12	3,628	2	0,8950	86	6,5058
H1.4 Falta de conocimiento sobre tamaño de piezas disponibles en el mercado	5	12	23	30	17	3,483	5	1,1295	87	3,9865
H1.5 Diseñadores no familiarizados con productos disponibles en el mercado	6	7	27	34	13	3,471	6	1,0657	87	4,1245
H1.6 Complejidad en el detalle de los planos	6	16	22	30	12	3,302	8	1,1383	86	2,4630
H1.7 Falta de información en los planos	2	13	26	31	14	3,488	4	1,0145	86	4,4641
H1.8 Selección de materiales de baja calidad	2	10	24	30	20	3,651	1	1,0377	86	5,8191
<b>Proceso de construcción</b>										
H2.1 Errores de compra (mucho, poco)	4	10	23	38	11	3,488	4	1,0145	86	4,4641
H2.2 Uso de materiales incorrectos que deben ser reemplazados	3	4	23	35	21	3,779	1	0,9870	86	7,3200
H2.3 Incapacidad de comprar pequeñas cantidades	3	11	18	34	19	3,647	2	1,0769	85	5,5397
H2.4 Materiales recibidos no cumplen con las especificaciones	5	16	31	21	12	3,224	5	1,0952	85	1,8817
H2.5 Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo	1	10	16	41	7	3,573	3	0,8880	75	5,5917
<b>Gestión de materiales</b>										
H3.1 Los materiales llegan muy mal empacados	5	27	26	18	8	2,964		1,0805	84	-0,3030*
H3.2 Daños durante el transporte	2	17	32	29	5	3,212	5	0,9141	85	2,1358
H3.3 Almacenamiento inapropiado	2	8	19	42	14	3,682	2	0,9413	85	6,6835
H3.4 Actitud poco amigable de trabajadores	2	9	21	39	14	3,635	3	0,9617	85	6,0902
H3.5 Falta de conciencia ambiental de los trabajadores en el sitio de construcción	2	9	8	23	33	4,013	1	1,1330	75	7,7458
H3.6 Falta de dirección técnica a los trabajadores en el sitio	2	11	27	17	18	3,507	4	1,0951	75	4,0068
<b>Operación</b>										
H4.1 Uso de material incorrecto que requiere reemplazo	4	11	29	26	15	3,435	2	1,0740	85	3,7367
H4.2 Daños provocados por un proveedor de otros servicios	2	19	19	33	12	3,400	3	1,0601	85	3,4787
H4.3 Cantidad de material requerida poco clara debido a falta de planeamiento	3	11	25	30	16	3,529	1	1,0532	85	4,6344
H4.4 Retrasos en información al contratista de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar	4	20	17	28	15	3,357	4	1,1683	84	2,8018
H4.5 Accidentes en el sitio por negligencia	15	29	15	15	11	2,741		1,3016	85	-1,8333*
H4.6 Errores de proveedores o de operarios	4	14	32	28	7	3,235	5	0,9838	85	2,2051
H4.7 Mal funcionamiento del equipo	6	35	28	12	4	2,682		0,9662	85	-3,0309*
<b>Materiales residuales</b>										
H5.1 Residuos debido al proceso de construcción	0	3	22	33	27	3,988	1	0,8520	85	10,6927
H5.2 Materiales de empaque	0	10	23	29	23	3,765	3	0,9838	85	7,1666

H5.3 Demoliciones preexistentes	2	5	18	29	21	3,827	2	1,0050	75	7,1233
<b>Otras actividades</b>										
H6.1 Robo	16	26	25	11	6	2,583		1,1534	84	-3,3109*
H6.2 Falta de control de los materiales en el sitio	5	10	24	26	19	3,524	2	1,1457	84	4,1902
H6.3 Falta de un plan de gestión de residuos	4	11	13	18	39	3,906	1	1,249	85	6,6815
H6.4 Desastres naturales	29	21	14	8	12	2,440		1,4172	84	-3,6185*
H6.5 Mal clima	23	22	21	13	6	2,494		1,2404	85	-3,7600*

---