

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

“Validación de la Guía de manejo eficiente de materiales de construcción”

Eida María Arce Anchía

CARTAGO, noviembre, 2017



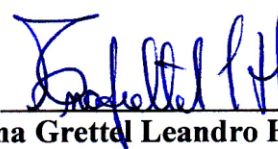
“Validación de la Guía de manejo eficiente de materiales de construcción”

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



PhD. Lilliana Abarca Guerrero
Directora



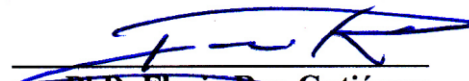
MSCE. Ana Grettel Leandro Hernández
Lectora 1



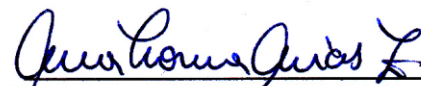
Ing. Ana Cristina Pérez Ramírez
Lectora 2



MS. Eng. Diana A. Zambrano
Coordinadora COTRAFIG



PhD. Floria Roa Gutiérrez
Directora Escuela de Química



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

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a mis papás Pastor y Vilma, mis hermanos y hermana, mi esposo David Miranda Alpizar y mis hijos José Ignacio y Emiliano.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que escribiendo recto en líneas torcidas me trajo hasta acá.

A mis socios Irene y Carlos, y a doña Giselle que son responsables también de que FYSIF ASESORES exista, lo que me ha dado el chance de poder culminar este logro.

A la Municipalidad de Curridabat e Irene García que me facilitaron los primeros contactos de proyectos constructivos para realizar el trabajo.

A toda mi familia que de todas las formas me ayudaron a estar aquí.

A todos mis profesores y profesoras del TEC, especialmente a Lilliana Abarca, mi directora de este proyecto, que ha tenido la paciencia y persistencia para que yo no abandonara, a pesar de los retrasos.

A todas las personas que participaron directa e indirectamente en este Proyecto, mil gracias por su tiempo y conocimiento.

Tabla de contenido

Resumen	13
Abstract	15
1 introducción	17
1.1 <i>Objetivos</i>	19
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	19
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	19
2 Revisión de literatura	21
2.1 <i>Legislación</i>	21
2.2 <i>Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción</i>	23
2.3 <i>Barreras y beneficios de la aplicación de la Guía</i>	26
2.4 <i>Aspectos de pedagogía y didáctica</i>	28
3 METODOLOGÍA	29
3.1 <i>Estrategia metodológica</i>	29
3.2 <i>Participantes</i>	30
3.3 <i>Procedimiento y técnicas para la recolección de la información</i>	33
3.3.1 <i>Lista de chequeo</i>	33
3.3.2 <i>Entrevistas</i>	33
3.3.3 <i>Observación y fotografías</i>	35
3.4 <i>Análisis de la información</i>	37
3.5 <i>Criterios de confiabilidad y validez</i>	39
3.5.1 <i>La confiabilidad externa del estudio</i>	39
3.5.2 <i>Validez</i>	39
4 Resultados	41
4.1 <i>Contextualización de los Proyectos participantes</i>	41
4.2 <i>Línea base de implementación de buenas prácticas de la Guía</i>	42
4.3 <i>Acciones implementadas como parte de la Investigación Acción Participación –IAP-</i>	46
4.4 <i>Sobre la capacitación en residuos</i>	48
4.5 <i>Valoración de la Guía por parte de los encargados de cada Proyecto</i>	49

4.6	<i>Anotaciones adicionales tras el proceso de investigación</i>	52
5	Discusión	55
6	Conclusiones y recomendaciones	58
7	Referencias	59
	Anexos	62
8	Anexo 1: Lista de chequeo	63
9	Anexo 2: Guía de entrevistas	70
10	Anexo 3: Estrategia de capacitación propuesta	72

LISTA DE FIGURAS

	<i>Figura 1. Diagrama del diseño de investigación</i>	31
	<i>Figura 2. Fotografías de las mejoras implementadas en Proyecto A</i>	47
	<i>Figura 3. Fotografías de las mejoras implementadas en Proyecto B</i>	48

LISTA DE CUADROS

	<i>Cuadro 1. Causas de generación de residuos en los procesos constructivos (Abarca Guerrero, 2014)</i>	24
	<i>Cuadro 2. Lista de variables para medir la efectividad en el manejo de residuos de la construcción según Hongping, 2013</i>	27
	<i>Cuadro 3. Resumen de posibles categorías para la observación</i>	36
	<i>Cuadro 4. Cantidad de buenas prácticas por apartado</i>	37
	<i>Cuadro 5. Características de cada Proyecto participante</i>	41
	<i>Cuadro 6. Distribución del nivel de implementación de las buenas prácticas de la Guía para el Proyecto A</i> ...	43
	<i>Cuadro 7. Distribución del nivel de implementación de las buenas prácticas de la Guía para la Construcción B</i>	43
	<i>Cuadro 8. Puntuación línea base de Proyecto A</i>	44
	<i>Cuadro 9. Puntuación línea base de Proyecto B</i>	44
	<i>Cuadro 10. Buenas prácticas destacables de cada Proyecto</i>	45
	<i>Cuadro 11. Resumen de resultados de entrevista a Jazmín Feliu</i>	49
	<i>Cuadro 12. Resumen de resultados de entrevista Proyecto A</i>	50
	<i>Cuadro 13. Resumen de resultados de entrevista Proyecto B</i>	51

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CCC	Cámara Costarricense de la Construcción
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos
IAP	Investigación acción participativa
PBAE	Programa Bandera Azul Ecológica.
PMIR	Programa de manejo integral de residuos
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales
UOCRA	Unión de obreros de la construcción de la República de Argentina

RESUMEN

Costa Rica genera una gran cantidad de residuos de la construcción, y aunque el país ha desarrollado un marco regulatorio y herramientas para la gestión integral de residuos, cuenta con pocos mecanismos para fiscalizar y mejorar la gestión de los materiales de este sector y reducir la generación de residuos (Abarca Guerrero, 2014). En otros países, por el contrario, sí existen criterios y controles para una gestión sostenible de residuos, que garantizan una mayor eficiencia y eficacia en el uso de materiales y una menor generación de residuos de la construcción (Mora, 2007).

El Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Cámara Costarricense de la Construcción han desarrollado una Guía para el manejo eficiente de los materiales de la construcción que pretende promover un cambio en la gestión de los materiales en el sector de la construcción en Costa Rica. La presente investigación tiene como objetivo principal validar la aplicación de esta Guía mediante el estudio de caso de dos proyectos constructivos en desarrollo. Se aplicará la metodología de la investigación-acción- participativa, utilizando una lista de chequeo, varias entrevistas y la observación. Específicamente pretende: Establecer la línea base de cada proceso constructivo en estudio, identificar los factores que afectan positiva o negativamente la implementación de la Guía, describir los beneficios percibidos por los usuarios con la implementación de la Guía en cada caso, identificar oportunidades de mejora para el uso y asimilación de la Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción y brindar pautas para facilitar la implementación de un Programa de Gestión de Residuos en un proyecto constructivo. El estudio concluye que para implementar la Guía es necesario contar previamente con un sistema de administración básico para la obra, personal capacitado en el tema y contratistas comprometidos. Como beneficios percibidos se menciona la mejora en el orden y limpieza y la maximización en el uso de recursos que reduce el desperdicio y sobrantes. Las principales recomendaciones son simplificar la Guía, ilustrarla, aprovechar la tecnología para crear herramientas a partir de la Guía y capacitar a los usuarios para aplicarlas.

Palabras clave: residuos, construcción, manejo eficiente de materiales de construcción, gestión integral de residuos, investigación acción participativa, residuos de la construcción, plan de manejo de residuos de construcción.

ABSTRACT

Costa Rica generates high amounts of construction waste. This country has enough legislation and tools for sustainable waste management but lacks of good mechanisms to monitor and improve construction materials management in order to reduce construction waste generation (Abarca Guerrero, 2014). In other countries, however, they have criteria and controls for construction waste management with the goal to ensure better efficiency and effectiveness in the use of materials to reduce construction waste.

The Instituto Tecnológico de Costa Rica and the Cámara Costarricense de la Construcción have developed a guide for the efficient management of construction materials which aims to promote a positive change in the construction sector. This study has the objective to validate the application of this guide through the analysis of two construction projects under development. The methodology of Participatory action-research (PAR) will be applied, using check list, interviews and observation. Specifically, this research aims: To frame each project for establishing a baseline on the efficient management of materials, to identify factors affecting guide implementation, to identify limitations and opportunities for improvement the Guide use and assimilation, to establish the perceptions of employees about the benefits of having applied this guide in its construction projects, to suggest guidelines for improvement Construction Waste Management Plan in Costa Rica. The study concludes: In order to implement the guide it is necessary, previously, to have a basic management system, trained personnel and committed stakeholders and contractors. Perceived benefits includes improvement in order and cleanliness project site, and maximization in the use of resources that reduces waste and leftovers. The main recommendations are to simplify and to illustrate the Guide, to take advantage of the technology to create tools from the guide and training the users to apply them.

Key words:

Waste, construction, efficient management of construction materials, waste management, participatory action research, construction and demolition waste, construction waste management plan.

1 INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción en Costa Rica, aporta valor a la economía del país, *las estadísticas demuestran que la construcción representa un potenciador de la economía nacional. Los encadenamientos productivos que existen alrededor de la industria de la construcción, son uno de los principales factores en esa dinamización* (Banco Central de Costa Rica , 2017, pág. 5). De acuerdo con el informe sobre Construcción Privada del II Trimestre de 2017, del Banco Central de Costa Rica (Banco Central de Costa Rica , 2017), el sector ha mostrado un crecimiento a una tasa interanual del 0,7%. Específicamente, las edificaciones no residenciales, crecieron a una tasa del 14,6%, impulsada principalmente por la construcción de naves industriales.

Por otra parte, de acuerdo con el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), en el año 2016 se construyeron 10 388 384 m² (CFIA, 2017), lo que significó para ese año un crecimiento del 13% interanual. Basándose en estos datos y suponiendo que el sector construcción tiene una tasa de generación de residuos de 24,1 kg/m² (Abarca Guerrero, 2014), entonces, este sector pudo haber generado en el año 2016, 250 360 toneladas de residuos. ¿Cómo se regula, gestiona y dispone esa gran cantidad de residuos?

En Costa Rica, aunque se cuenta con un marco regulatorio específico sobre la Gestión Integral de Residuos, todavía no se cuenta con el reglamento específico que regule la gestión de residuos de la construcción. Estudios recientes evidencian que el sector de la construcción, tiene una tasa de generación de residuos por metro cuadrado, mucho mayor que en otras regiones (Abarca Guerrero, 2014) y no posee estrategias o mecanismos que promuevan una mejora en la gestión de los materiales que favorezca, a su vez, una reducción en la generación de residuos. En Estados Unidos y Europa, por el contrario, existen criterios y regulaciones para una gestión sostenible de los procesos constructivos que favorecen una mayor eficiencia y eficacia en el uso de materiales y por ende una menor generación de residuos (Mora, 2007).

Los factores que intervienen en la generación de los residuos en un proceso constructivo, ya han sido identificados en múltiples investigaciones, entre los mencionados están: las políticas

de administración del proyecto, la capacitación y calidad de la mano de obra, las políticas de proveeduría y manejo de materiales, el tamaño y complejidad del proyecto, la modulación de los espacios en el diseño y la tecnología (Mora, 2007), cada factor puede desglosarse en múltiples causas de desperdicio de materiales en cada una de las etapas de un proyecto constructivo (Abarca Guerrero, 2014).

La PhD Lilliana Abarca Guerrero y la MSCE. Ana Grettel Leandro Hernández, con el apoyo del sector construcción a través de la Cámara Costarricense de la Construcción han venido recopilando buenas prácticas para contrarrestar todas las causas de generación de residuos relacionadas con estos factores. Producto del estudio han desarrollado una Guía para el manejo eficiente de materiales con el objetivo de iniciar un cambio en la forma que las empresas constructoras pequeñas y medianas administran sus materiales, incluyendo la gestión de los residuos que se generan (Abarca Guerrero & Leandro Hernández, 2016). Como parte del proceso de validación de esta Guía y su utilidad, es necesario revisar si es manejable, clara y beneficiosa para los futuros usuarios que desarrollan edificaciones.

Este proyecto de investigación tiene como eje central la validación de la Guía propuesta. Se pretende poner en práctica la Guía en al menos dos proyectos constructivos de menos de 1000 m² de construcción, contando con el apoyo del equipo desarrollador del proyecto. De esta forma se intenta identificar los factores que favorecen o dificultan su utilización así como los beneficios que tiene la Guía según la percepción de los usuarios.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Validar la Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción durante la ejecución de un proceso constructivo.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Establecer las condiciones iniciales de cada proceso constructivo en estudio.
2. Identificar los factores que afectan positiva o negativamente la implementación de la Guía.
3. Describir los beneficios percibidos por los usuarios con la implementación de la Guía en cada caso
4. Identificar oportunidades de mejora para la Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción, específicamente para facilitar su asimilación y uso para sus futuros usuarios.
5. Brindar pautas para facilitar la implementación de un Programa de Gestión de Residuos en un proyecto constructivo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LEGISLACIÓN

Costa Rica cuenta con un marco regulatorio específico para la Gestión Integral de Residuos, la Ley 8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos (Asamblea Legislativa, 2010) o Ley GIRS. Adicionalmente, sus reglamentos conexos establecen que la gestión integral de residuos debe hacerse de acuerdo con el siguiente orden jerárquico:

- a) Evitar la generación de residuos en su origen como un medio para prevenir la proliferación de vectores relacionados con las enfermedades infecciosas y la contaminación ambiental.*
- b) Reducir al máximo la generación de residuos en su origen.*
- c) Reutilizar los residuos generados ya sea en la misma cadena de producción o en otros procesos.*
- d) Valorizar los residuos por medio del reciclaje, el co-procesamiento, el resamblaje u otro procedimiento técnico que permita la recuperación del material y su aprovechamiento energético. Se debe dar prioridad a la recuperación de materiales sobre el aprovechamiento energético, según criterios de técnicos.*
- e) Tratar los residuos generados antes de enviarlos a disposición final.*
- f) Disponer la menor cantidad de residuos, de manera sanitaria, así como ecológicamente adecuada (art.4).*

La aplicación de esa jerarquía se concreta en las obligaciones establecidas para los generadores o poseedores de residuos:

- a) Reducir la generación de residuos y cuando esta generación no pueda ser evitada, minimizar la cantidad y toxicidad de los residuos a ser generados.*
- b) Separar los residuos desde la fuente, clasificarlos y entregarlos a un gestor autorizado o a un sistema municipal, de conformidad con el Reglamento de esta Ley y el reglamento municipal que le corresponda, con el fin de facilitar su valorización.*

- c) Entregar los residuos sujetos a disposición final y vigilar para que sean gestionados en forma ambiental y sanitariamente segura por medio de un gestor autorizado.*
- d) Gestionar los residuos en forma tal que estos no pongan en peligro la salud o el ambiente, o signifiquen una molestia por malos olores, ruido o impactos visuales, entre otros.*
- e) Gestionar sus residuos únicamente con gestores autorizados para brindar servicios de gestión de residuos.*
- f) Mantener un registro actualizado de la generación y forma de gestión de cada residuo.*
- g) Reportar a las autoridades competentes sobre su gestión en materia de residuos, según se establezca en esta Ley y en los reglamentos que de ella deriven.*
- h) Fomentar el uso de alternativa de producción más limpia y de manejo de residuos en forma integral (art.38).*

El cumplimiento de esta normativa ha requerido el desarrollo de una serie de herramientas para guiar el proceso. Algunas de ellas establecidas también en la misma Ley GIRS como, por ejemplo, los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos (PMGIRS), los Programas de Manejo Integral de Residuos, los Programas de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) y los programas de Compras Verdes.

Sin embargo, la utilidad y aplicación de estas herramientas ha mostrado un mayor avance en el sector público y en el industrial, mientras que otros sectores como el residencial, el municipal y el de construcción, evidencian mayores dificultades y limitaciones. El sector de la construcción, que se estima genera al menos el 40% del total de los residuos de un país (Mora, 2007), cuenta, por ejemplo, con guías de buenas prácticas (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales -UICN-, 2011) (Secretaría Técnica Nacional Ambiental, 2008), pero éstas solo mencionan pautas generales para el manejo de residuos y además, no son obligatorias ni cuentan con mecanismos de supervisión o control por parte de terceros.

La UICN indicó que en Costa Rica, en el 2011 “se producen unas 1.800 toneladas diarias de residuos y escombros de construcción, de los cuales un alto porcentaje es potencialmente reciclable”. Por otra parte, Mora (2007) demostró que la ausencia de procedimientos para

controlar y manejar la generación de residuos sólidos de construcción provoca que se produzca más del triple de residuos en comparación con países desarrollados.

Otra de las limitaciones que tiene el sector es que la información sobre la cantidad y composición de los residuos es escasa e inconsistente. Así por ejemplo, el indicador de generación de residuos, varía significativamente entre estudios (Abarca Guerrero, 2008), con valores desde 11-25 kg/m² (Villalobos , 1995), 115 kg/m² (Leandro Hernández, 2008) hasta 300-700 kg/m² (Ramírez, 1995). Autores como Gavilán interpretan que con información más precisa podrían encontrarse estrategias concretas para reducir los residuos, que es la forma más económica de gestionarlos (Gavilán & Bernold, 1994). Entre las causas de inconsistencia en el indicador se pueden mencionar, la imposibilidad de comparar diferentes sistemas constructivos, el uso de diferentes metodologías de cuantificación y la aplicación en diferentes tipos de construcción (Abarca Guerrero & Leandro Hernández, 2016).

2.2 GUÍA PARA EL MANEJO EFICIENTE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Con la premisa de promover la reducción y adecuada gestión de los residuos de la construcción, en coordinación con la Cámara Costarricense de la Construcción-CCC- (Abarca Guerrero & Leandro Hernández, 2016) se ha desarrollado en el país una Guía para el manejo eficiente de materiales para este sector.

Esta Guía es el resultado de una investigación en varias etapas (Abarca Guerrero, 2014) (Abarca Guerrero, 2008).

En una primera etapa se identificaron las posibles causas de generación de residuos en los procesos constructivos, dividiendo el proceso en 5 grandes fases, previamente validadas en la literatura y con la Comisión Verde de la CCC (Rojas Brenes, 2016):

- 1) Diseño
- 2) Gestión de compras y adquisiciones
- 3) Gestión de los materiales

- 4) Ejecución de la obra
- 5) Residuos
- 6) Otras Actividades

La síntesis de las causas identificadas se presenta en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Causas de generación de residuos en los procesos constructivos (Abarca Guerrero, 2014)

Proceso	Causas
Diseño	No considerar el producto y sus unidades de venta (pulgadas, pies, metros, varas) a la hora de generar el diseño.
	No considerar productos fabricados bajo el concepto de la coordinación modular (bloques de concreto, techo laminado y marcos de puertas y ventanas)
	No tomar en cuenta el largo de la varilla en el diseño
	No tomar en cuenta las dimensiones de las láminas de material de techo en el diseño.
	No tomar en cuenta las dimensiones de las láminas de los sistemas de paredes livianas (gypson densglass, otros) a la hora del diseño.
	No tomar en cuenta las dimensiones de bloques de concreto a la hora del diseño.
	En diseños de acero, no considerar la longitud de venta del producto
	El ancho del lote no se presta para poner productos modulares completos, teniendo que cortarse material
	No se toma en cuenta las dimensiones de los productos utilizados en el sistema electromecánico a la hora de diseñar.
	Falta de participación temprana de los interesados y/o falta de participación temprana de un contratista desde el día 0 de la concepción del proyecto.
	Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo
	Falta de conocimiento de la existencia de piezas estandarizadas existentes en el mercado
	Falta de información en los planos y especificaciones técnicas
	Complejidad del diseño y del detalle
	Errores en los detalles del diseño y construcción
Selección de productos de baja calidad	
Gestión de compras y adquisiciones	Errores en la orden de compra provocando que lo que llega a la obra sea más material o menos material de lo requerido
	Imposibilidad de ordenar o comprar cantidades menores de materiales y los remanentes quedan como residuos
	Errores en el envío y en la compra por parte del proveedor
	Uso de material erróneo, necesitando reemplazo
	Los materiales adquiridos no cumplen con las especificaciones técnicas

Proceso	Causas
Gestión de los materiales	Daños durante el transporte
	Los materiales llegan muy mal empacados
	Almacenamiento inapropiado que genera daños y deterioro
	Descuido durante la manipulación de los materiales por parte del grupo de trabajo
	Falta de cultura ambiental de los trabajadores
	Falta de dirección técnica a las cuadrillas
	Expiración de algún material durante el proceso de construcción
Ejecución de la obra	Cambios de diseño durante la construcción
	Diseño del sitio constructivo inadecuado
	Uso del material incorrecto
	Ausencia de control de materiales en el sitio
	Daños en la infraestructura ya colocada provocado por un proveedor de otros servicios (por ejemplo, rotura de marcos de madera ya colocados por instaladores de vidrios)
	Cantidades requeridas poco claras debido a fallas en la planificación de la obra
	Retrasos en facilitar al contratista las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar
	Accidentes en el sitio de la construcción
	Errores de proveedores o de operarios
	Mal funcionamiento del equipo provocando daños
	Materiales y productos sin usar
	Aptitudes deficientes por parte de la mano de obra
	Presión del tiempo
	Fallas en el uso de equipos
	Selección incorrecta de equipo
Residuos	Residuos generados en el proceso mismo de construcción
	Material de empaque
	Demoliciones pre-existentes
Otras actividades	Perdidas por vandalismo o por robo
	Condiciones naturales
	Mal clima
	Ausencia de planes de manejo de residuos

Las buenas prácticas para contrarrestar estas causas fueron recopiladas tanto de la literatura como de la información suministrada por empresas y expertos del sector. La recopilación lograda finalmente fue validada con otros grupos de expertos, para depurar y complementar tanto los factores causales como las buenas prácticas. El resultado final fue la **Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción** (Abarca Guerrero & Leandro Hernández, 2016), que se someterá a una nueva validación en este Proyecto.

2.3 BARRERAS Y BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA

Es importante tomar en cuenta que la aplicación de la Guía es sólo uno de los factores que interactúan al tratar de mejorar la gestión de residuos en un proceso constructivo. Tal y como la Guía sugiere, se requiere de un diseño constructivo adecuado, un equipo de trabajo capacitado y comprometido para prevenir la generación de residuos, compromiso que debe extenderse a proveedores y subcontratistas, y de una organización que facilite la adecuada supervisión y documentación de los procesos ((Udawatta, Zuo, Chiveralls, & Zillante, 2015); (Elizar, Wibowo, M, & Koestalam, 2015)). Además, se requiere que el gobierno y cada compañía asuma sus responsabilidad en el desarrollo de guías estratégicas que faciliten la implementación de un plan de manejo de residuos, incluyendo la incorporación del análisis del ciclo de vida para mejorar el desempeño (Udawatta, Zuo, Chiveralls, & Zillante, 2015).

Por otra parte se debe considerar, que la aplicación de una Guía como ésta, puede tener que superar barreras para su aplicación, entre ellas: la dificultad de cambiar la cultura del personal en cuanto al manejo de sus tareas y los residuos producidos, las pocas opciones que tiene el país para el tratamiento de los residuos de construcción y el que la aplicación de estas prácticas no es una prioridad en las empresas a menos que conlleven una reducción en los costos, lo que no ocurre en este caso, más bien lo común es que la inversión en mejoras ambientales sea alta, tanto en dinero como por el incremento en horas de trabajo dentro de la empresa (Rojas Brenes, 2016).

Específicamente sobre los programas o planes de manejo de residuos, otras investigaciones sugieren que las constructoras necesitan procedimientos dinámicos, fáciles y baratos (Gangoellés, Miquel, Forcada, & Macarulla, 2014). Requieren una herramienta amigable con el usuario y confiable, para estimar mejor la cantidad de residuos que se generan en cada proceso de la construcción, lo que se reflejaría en un mejor presupuesto para el manejo de residuos en sitio y en la adecuada justificación de costos para el propietario del Proyecto. Por otra parte, se requieren acciones para incrementar la conciencia ambiental de todos los involucrados, tanto proveedores como contratistas, lo que significa también programas de capacitación o entrenamiento para todas las partes (Gangoellés, Miquel, Forcada, & Macarulla, 2014). La Agencia Catalana (Gangoellés, Miquel, Forcada, & Macarulla, 2014), por ejemplo, tiene una herramienta web que permite simular la cantidad y tipo de residuos generados en sitio.

Los estudios incluyen diferentes variables relacionadas con un buen desempeño en el manejo de los residuos de construcción, algunos indican que se pueden resumir en 4 variables: los activos, los recursos humanos, el conocimiento y la tecnología (Elizar, Wibowo, M, & Koestalam, 2015). Otros aseguran que la efectividad se puede analizar correlacionando 30 variables distribuidas en cuatro dimensiones (Hongping, 2013) el manejo de residuos propiamente, el desempeño económico, el ambiental y el social (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Lista de variables para medir la efectividad en el manejo de residuos de la construcción según Hongping, 2013.

Manejo de residuos	Desempeño económico	Desempeño Ambiental	Desempeño social
Cambios en el diseño Consideración de reducción de residuos desde el diseño Inversión en el manejo de residuos Regulaciones en el manejo de residuos Espacio en el sitio para demostrar el manejo de residuos	Costo de separación y recolección en la fuente. Costo del reuso Costo del reciclaje Costo de transporte hasta disposición final Costo de la disposición Penalización por disposición ilegal Ingresos por venta de materiales	Área de disposición final Contaminación del agua Emisiones sónicas Contaminación del aire Impactos de la disposición inadecuada o ilegal.	Conciencia del manejo de residuos Oportunidades de trabajo Condiciones laborales Impactos en la salud a largo plazo Seguridad para los operarios a cargo del manejo de residuos. Satisfacción pública respecto al manejo de residuos.

Uso de tecnologías de baja generación de residuos Impacto de la reducción de costos de residuos Cultura de manejo de residuos en la organización.	Ahorro en transporte y disposición		Recursos públicos para regular disposición ilegal. Impacto en la imagen social de la disposición ilegal de residuos.
---	------------------------------------	--	---

En cuanto a los beneficios esperados de la aplicación de la Guía, relacionados con estas 30 variables, se pueden mencionar: 1) mejoras significativas en el orden, limpieza y seguridad de la obra, 2) reducción del impacto ambiental del Proyecto, 3) mejoras en la productividad y eficiencia de la obra, 4) reducción de pérdidas, consumo de agua y costos asociados al desperdicio. 5) mejora general en la imagen del proyecto (Rojas Brenes, 2016).

2.4 ASPECTOS DE PEDAGOGÍA Y DIDACTICA

En palabras de la UNESCO, la educación de calidad de personas adultas debe ser capaz de mantener el entusiasmo por aprender, considerando el contexto y las expectativas de los educandos. Además, cuando las personas educandas participan en la definición y diseño es más fácil mantener el interés, cuando es impuesto, el interés disminuye.

Las pedagogías deben partir de lo que las personas educandas ya saben y valoran, y los profesores deben comprender los contextos de estas personas y tomarlos en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Instituto de la Unesco para el aprendizaje a lo largo de la vida, 2010).

Por otra parte las investigaciones en capacitación para adultos en el sector construcción indican que los gráficos, imágenes y animaciones son la mejor opción para el aprendizaje de personas jóvenes y adultas. La mayoría de los trabajadores están dispuestos a utilizar su teléfono celular para capacitarse en tanto les beneficie en sus trabajos. En términos generales, el éxito de una capacitación para el personal en construcción, no depende de las

características demográficas de las personas trabajadoras, sino más bien de la calidad y adecuación de los materiales y la información (Serhan, 2014).

3 METODOLOGÍA

3.1 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Esta investigación es parte del proceso de validación de la Guía de manejo eficiente de materiales de construcción (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, 2016), una nueva herramienta de gestión en procesos constructivos.

En este estudio, se seleccionó un diseño y enfoque cualitativo (Figura 1), específicamente el estudio de casos y el panel de expertos, buscando contextualizar y describir la realidad de la aplicación de la Guía en un proceso constructivo, y detectar así oportunidades de mejora de la herramienta en su manejo “cotidiano”. El estudio de casos, permitió analizar al detalle la gestión de construcción de dos proyectos específicos, una casa de habitación y un edificio de dos niveles de uso mixto, ambos con áreas menores de 1000 metros cuadrados. El panel de expertos, le confirió a los gestores (ingenieros, desarrolladores, maestros de obra y operarios) la categoría de especialistas en las obras que estaban realizando, y como tales opinaron sobre la aplicación de la herramienta, sus beneficios y oportunidades de mejora.

Se prefirió el método denominado investigación-acción, porque permite acompañar e intervenir en el proceso de implementación de la Guía, en tanto en este modelo la persona investigadora puede generar o facilitar cambios hacia la resolución/superación de obstáculos en el proceso. “En la Investigación-Acción, por su esencia, ampliamente participativa, no existe una relación investigador frente a investigados sino que se trata más bien de una relación horizontal, de crecimiento mutuo y aprendizaje conjunto, donde se reconoce el aporte que puede dar cada persona dentro del proceso” (Soliz & Maldonado, 2012).

Cómo técnicas de recolección de datos, se escogieron la observación y la entrevista. Complementariamente, se estructuró una lista de chequeo para determinar la línea base en

cuanto al nivel de implementación de las buenas prácticas sugeridas en la Guía y para calificar el cumplimiento de dichas buenas prácticas al final del proceso constructivo.

3.2 PARTICIPANTES

La selección de los participantes se hizo de acuerdo a la oportunidad y conveniencia del estudio, estableciendo de previo los siguientes criterios de selección:

1. El proyecto constructivo se localiza en la Gran Área Metropolitana y cuenta con todos los permisos requeridos.
2. El proyecto tiene menos de 1000 m² de construcción.
3. Disponibilidad e interés del dueño de la obra, del maestro de obras y del personal a participar en el estudio y aplicar la Guía.
4. La obra debe estar en las fases iniciales del proceso.

Finalmente se trabajó con una casa de habitación en Santa Ana y un proyecto de uso mixto en la Uruca, San José. En el primero, se trabajó con la arquitecta diseñadora y directora técnica del Proyecto y con el maestro de obras. En el segundo caso, con el desarrollador también diseñador y administrador del Proyecto y con el maestro de obras.

Adicionalmente, se incluye en la investigación, la opinión de la especialista Jazmín Féliu, de la Fundación UOCRA (Unión de obreros de la construcción de la República de Argentina), sobre aspectos de fondo y forma de la Guía, según se describe más adelante.



Figura 1. Diagrama del diseño de investigación.

3.3 PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los instrumentos fueron revisados por el equipo asesor previo a su aplicación. Estos se elaboraron previo al inicio del acompañamiento del proceso constructivo. Las oportunidades de mejora en los instrumentos, detectadas durante su aplicación, también se incluyen en los resultados.

Los instrumentos elaborados fueron los siguientes:

3.3.1 Lista de chequeo

Para establecer una línea base en cuanto a la cantidad y calidad de buenas prácticas aplicadas en el Proyecto, se elaboró una lista de chequeo (Ver Anexo 1), donde se reagruparon las buenas prácticas de cada apartado listado en la Guía, en 3 subapartados: planificación del proyecto, ejecución del proyecto, y capacitación y comunicación. Además, se estableció una escala de calificación de 0 a 4 para establecer su nivel de implementación, los valores asignados a cada número se indican a continuación:

0. No se ha implementado del todo
1. Se cuenta con pautas básicas relacionadas con esa buena práctica
2. Se tiene un plan para implementar la buena práctica
3. Se cuenta con personal capacitado en el tema para implementarla
4. Se tiene evidencia de que la buena práctica está implementada

Esta lista de chequeo se revisó con cada uno de los expertos, y además se verificaron los resultados en sitio, mediante la observación.

3.3.2 Entrevistas

Se realizaron 3 entrevistas en el proceso de investigación, una inicial para contextualizar cada firma constructora y cada proyecto, una con la especialista argentina para obtener su valoración de la Guía y una de cierre con los encargados de cada proyecto para calificar la Guía sus beneficios y limitaciones.

Los ejes centrales de cada entrevista se describen a continuación (La guía de cada entrevista se puede revisar en el Anexo 2).

Entrevista inicial

- Datos generales de la firma constructora y sus encargados
- Descripción general de la empresa
- Conocimiento relacionado con la Guía y su aplicación.
- Políticas y planes implementados en la empresa relacionados con la Guía (capacitaciones, ambiente, proveedores, manejo de residuos, etc).

Entrevista final

- Opinión general sobre la Guía.
- Aplicación de los elementos que no tenían implementados (capacitaciones, registros, plan de manejo de residuos): ventajas o beneficios, limitaciones, barreras.
- Nuevos sistemas constructivos: beneficios o ventajas, dificultades, recomendaciones.
- Manejo de los contratistas y las buenas prácticas de la Guía.
- Oportunidades de mejora en cuanto al formato y presentación de la Guía, considerando que su población meta principalmente los maestros de obra a cargo de una construcción, detectó usted alguna oportunidad de mejora (Tipo de letra, diagramación del documento, Estructura de tablas, Inclusión de imágenes y gráficos).
- Oportunidades de mejora cuanto al contenido y fondo de la Guía, considerando que su población meta son los maestros de obra a cargo de una construcción.
- Oportunidades de mejora para facilitar el uso de la Guía entre los maestros de obra.

Entrevista al especialista

- Oportunidades de mejora en cuanto al formato y presentación de la Guía, considerando que su población meta principalmente los maestros de obra a cargo de una construcción (Tipo de letra, diagramación del documento, Estructura de tablas, Inclusión de imágenes y gráficos).
- Oportunidades de mejora en cuanto al contenido y fondo de la Guía, considerando que su población meta son los maestros de obra a cargo de una construcción:
 1. Lenguaje utilizado
 2. Temas desarrollados en cada capítulo
 3. Definiciones incluidas
 4. Organización y distribución por temas de las buenas prácticas
 5. Buenas prácticas incluidas

Formatos sugeridos en Anexos

6. Sugerencia de cambios en el texto o inclusión de temas adicionales
7. Mejoras desde el punto de vista didáctico, para facilitar su manejo por parte de los maestros de obras.

3.3.3 Observación y fotografías

La observación se realizó como complemento y validación de las entrevistas, se utilizó la misma lista de chequeo (Ver Anexo 1), simplificada para definir las categorías de observación. La observación se centró en las actividades de ejecución, y en la evidencia, si se observó, del resultado de buenas prácticas de planificación y capacitación-comunicación.

Cuadro 3. Resumen de posibles categorías para la observación.

	Diseño de construcción	Gestión de compras y adquisiciones	Gestión de materiales	Ejecución de la obra	Residuos	Otras actividades
Planificación	Sitio para bodega, centro de acopio, transporte. Política de proveedores.	Proveedores certificados. Controles para recibido de materiales. Tipo de materiales.	Bodega, transportistas, controles, procedimiento de almacenaje, descarga, empaque, uso de contratistas.	Diseño de sitio, detalles constructivos, inventario, información técnica de materiales, controles de entrada y salida de materiales, contrato con trabajadores, planificación con contratistas, mantenimiento de equipos.	Paneles para formaleta. Reuso de formaleta de madera. Incentivos, sanciones por mala práctica, devolución de sobrantes. Gestores autorizados y gestor en sitio.	Guarda, materiales protegidos, presupuestado manejo de residuos, plan de residuos, acopio separado con recipientes rotulados, formulario de trazabilidad de residuos.
Ejecución		Comunicación con proveedores y supervisión de uso.	Revisión de materiales, estibaje, empaque original, boletas, vencimiento, orden, control de sobrantes.	Definición de tareas, equipos y materiales. Supervisión, aplicación de fichas, muestras de materiales, equipos en buen estado, limpios, y solo activos cuando se requiere, área de trabajo solo con material necesario, recepción del trabajo de los contratistas, control sobre zonas ya entregadas. Se rotan materiales.	Registro y control de residuos. Reuso de descapote en rellenos. Reuso de materiales al máximo. Separación. Orden en acopio.	Revisión de bolsos, boletas para materiales, cascos etiquetados, control de vehículos.
Capacitación y comunicación		Uso correcto de materiales y escogencia de materiales con el cliente.	Salud Ocupacional, gestión de materiales, modulación, calidad, ambiente, sistema de comunicación.	Seguridad e higiene, buen uso de equipos, materiales y tareas. Comunicación con proveedores y contratistas.		

Cuando en el proceso de recolección de datos se detectaron oportunidades de mejora, se trabajó con los participantes en un plan de acción para implementarlas.

3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis de la información se realizó principalmente con técnicas cualitativas, sin embargo, para cuantificar la percepción de logro para cada grupo de buenas prácticas se hizo un análisis numérico.

Para establecer la línea base de esta percepción, se contabilizaron las buenas prácticas de cada uno de los 6 apartados, y los 3 subapartados de la Guía (Ver Cuadro 4), para luego contabilizar para cada proyecto la cantidad de buenas prácticas implementadas en cada nivel, obteniéndose un puntaje inicial. Luego se estableció la relación entre los valores de implementación obtenidos por apartado y subapartado y la cantidad de buenas prácticas, para demostrar las áreas fuertes y débiles de cada proyecto y establecer un perfil.

Cuadro 4. Cantidad de buenas prácticas por apartado.

	Diseño de construcción	Gestión de compras y adquisiciones	Gestión de materiales	Ejecución de la obra	Residuos	Otras actividades
Planificación	5	6	13	22	16	12
Ejecución	1	3	10	12	17	4
Capacitación y comunicación	0	2	8	5		1
Total	6	11	31	39	33	17

A partir de este perfil, se convino con los participantes las áreas que se mejorarían en la ejecución del proyecto constructivo, como parte de esta investigación.

Se aclara que los apartados de residuos y el programa de residuos se contabilizaron como un solo apartado, en esta investigación, pues corresponden a un mismo tema. En la discusión y recomendaciones se retoma este aspecto.

Las categorías de análisis se establecieron de acuerdo con los objetivos de investigación, y fueron consideradas para diseñar los instrumentos de recolección de datos y para el posterior análisis de los resultados. En el proceso de investigación-acción y de acuerdo con los resultados obtenidos se incluyeron categorías adicionales. Todas las categorías y su operacionalización se describen a continuación:

- Factores positivos: Aspectos de la Guía que los participantes o la investigadora identificaron como puntos fuertes o buenos del documento y su aplicación.
- Factores negativos: Aspectos que los participantes o la investigadora identifican como puntos débiles de la Guía, aspectos que pueden mejorarse para su aplicación.
- Beneficios o ventajas: Resultados calificados como positivos que se obtuvieron o se pueden obtener al aplicar la Guía y que significan mejoras en el proyecto (beneficios económicos, organizacionales, imagen, entre otros).
- Limitaciones: Aspectos que quedaron por fuera de la Guía y que los participantes consideran deberían haberse incluido para mejorar su aplicabilidad.
- Barreras: condiciones externas a la Guía que pueden dificultar su implementación.
- Recomendaciones: Sugerencias dadas por los participantes para mejorar o corregir los aspectos negativos, limitaciones o dificultades y barreras de la Guía.
- Programa de manejo integral de residuos –PMIR- o Plan de manejo de residuos: Es uno de los apartados de las buenas prácticas de la Guía, y es además una obligación legal para todos los proyectos constructivos. Se incluyen en esta categoría las sugerencias específicas sobre el tema que se mencionaron en las entrevistas y las observaciones.

Estas categorías permiten organizar la información recopilada, de forma tal que todos los aportes de los participantes y los resultados obtenidos se distribuyen en las categorías para su análisis y discusión.

3.5 CRITERIOS DE CONFIABILIDAD Y VALIDEZ

3.5.1 La confiabilidad externa del estudio

La confiabilidad externa se construyó a partir de la claridad y especificación de:

- Los criterios de selección de los participantes y su respectiva justificación (definidos anteriormente).
- Cada una de las técnicas y procedimientos de recolección y análisis de la información: cada una de ellas será definida, evaluada y aprobada por el grupo asesor.

3.5.2 Validez

Para obtener la validez del estudio se propone la triangulación de los instrumentos de recolección de información, y de la información obtenida (sometiendo los datos al análisis de investigadores especializados en el tema, y del grupo asesor).

Por lo tanto, se plantea como premisa de trabajo, el uso de una dialéctica triangulada, entendiéndose ésta como un proceso de interacción entre la investigadora, los participantes y un grupo asesor.

Para ello se implementa la teorización, como un medio para ordenar los datos obtenidos. Como proceso cognitivo consiste en “descubrir o manipular categorías abstractas y relaciones entre ellas” (Goetz y LeComte, 1988, p. 174). Para ello, las tareas por realizar son: percepción del fenómeno, comparación, contrastación, agregación y ordenación; establecimiento de vínculos y relaciones y especulación (Goetz y LeComte, 1988).

En este caso particular, se pretende seguir el siguiente proceso:

1. Realizar una ordenación y categorización de datos durante cada revisión de la información recogida y cada revisión con el grupo asesor, a la luz del marco teórico.
2. Modificar las categorías de análisis si fuera el caso.

3. Una vez finalizada la etapa de recolección de datos, organizar toda la información ya categorizada para contrastarla una con otra.

Utilizando la teorización el procesamiento y análisis de los datos, se va realizando en diferentes momentos de la recolección de la información, lo que permite mayor rigurosidad en la manipulación de los mismos.

4 RESULTADOS

4.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS PARTICIPANTES

Los Proyectos participantes demuestran 2 niveles distintos de desarrollo o complejidad en cuanto a estructura de las firmas a cargo de las obras. El Proyecto A, tiene una estructura básica de microempresa donde el ingeniero a cargo de la obra, funge también como administrador con el apoyo de un presupuestista y un asistente. En sitio, el maestro de obras es el contacto del ingeniero, organiza la cuadrilla y supervisa los contratistas, la compra y gestión de materiales se coordina entre ambos y el dueño, la mayoría de los controles son orales. El Proyecto B tiene una estructura administrativa más compleja, de pequeña empresa y controles documentados (cronograma de obra, contratos tanto con el personal como con los contratistas, pagos contra verificación de entrega a satisfacción). Ninguna de las dos firmas cuenta con la estructura o recursos (humanos o financieros) para contar con certificaciones, ni con políticas específicas de Calidad, Ambiente, Salud Ocupacional o específicas del sector construcción. Ambas obras gestionaron sus residuos con gestores autorizados, ninguna de las dos tenía un plan de manejo de residuos. El resumen de la entrevista inicial se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Características de cada Proyecto participante

	Proyecto A	Proyecto B
Tipo de construcción	Casa de habitación	Locales de uso mixto
Equipo constructor	Arquitecta e ingeniero estructural son administradores de la obra en coordinación con la dueña. Maestro de obras y cuadrilla principal que varía según trabajos. Subcontratos: vidrios, cerámica, pintura.	Arquitecto diseñador es también socio de la firma a cargo de la administración de la obra. Maestro de obras y cuadrilla principal de 4 a 6 personas. Subcontratos: Estructura metálica, paredes livianas, electromecánico, pintura, paisajista.
Experiencia del equipo	3 años de experiencia como equipo	10 años de experiencia como equipo

	Proyecto A	Proyecto B
Personal del equipo	4 maestros de obra 1 presupuestista	8 administrativos, 6 cuadrillas con 12 personas fijas (5 maestros de obra y 7 operarios calificados).
Tipo de obras que desarrolla la empresa	Casas y remodelaciones locales comerciales en centros comerciales	Menos de 3000 m ² : oficinas, apartamentos, casas de habitación, locales comerciales.
Conocimiento sobre Guía	No	No
Plan de manejo eficiente de materiales	En diseño, modulación de materiales	En diseño, modulación de materiales
Política ambiental	No	No
Política con proveedores y contratistas	Presupuesto detallado Opción de devolución	Existe un contrato estricto pero no incluye residuos
Plan de capacitación	No	No por escrito
Plan de manejo de residuos	No	No
Certificaciones	Ninguna	Ninguna

4.2 LÍNEA BASE DE IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE LA GUÍA

Para establecer el perfil inicial o línea base de cada Proyecto, se analizaron los resultados de la aplicación de la Lista de chequeo (Anexo 1). Se realizaron 2 tabulaciones distintas, primero se contabilizó el nivel de implementación de cada buena práctica para cada subapartado y apartado de la Guía. De esta forma se determinó que el Proyecto A contaba con un nivel bajo de implementación (calificación de 0 a 1) de las buenas prácticas de la Guía (Ver Cuadro 6), mientras que el Proyecto B en su mayoría tenía personal capacitado (calificación 3) para la implementación en la mayoría de las buenas prácticas (Cuadro 7). Ambas empresas realizan la capacitación de forma oral y sin respaldo documental. En consecuencia ninguno de los dos alcanzó el nivel 4 de implementación.

Cuadro 6. Distribución del nivel de implementación de las buenas prácticas de la Guía para el Proyecto A.

Apartado	Subapartados	Nivel de implementación				
		0	1	2	3	4
Diseño de construcción	Planificación	5	0	0	0	0
	Especificaciones en obra	0	1	0	0	0
	Capacitación y comunicación	0	0	0	0	0
Gestión de compras	Planificación	2	3	1	0	0
	Especificaciones en obra	1	2	0	0	0
	Capacitación y comunicación	1	1	0	0	0
Gestión de materiales	Planificación	8	5	0	0	0
	Especificaciones en obra	5	5	0	0	0
	Capacitación y comunicación	7	1	0	0	0
Ejecución de la obra	Planificación	13	9	0	0	0
	Especificaciones en obra	4	8	0	0	0
	Capacitación y comunicación	1	4	0	0	0
Residuos	Planificación	13	3	0	0	0
	Especificaciones en obra	8	9	0	0	0
	Capacitación y comunicación	0	0	0	0	0
Otras actividades	Planificación	10	2	0	0	0
	Especificaciones en obra	4	0	0	0	0
	Capacitación y comunicación	1	0	0	0	0
	Total	83	53	1	0	0

Cuadro 7. Distribución del nivel de implementación de las buenas prácticas de la Guía para la Construcción B.

Apartado	Subapartados	Nivel de implementación				
		0	1	2	3	4
Diseño de construcción	Planificación	0	3	0	2	0
	Especificaciones en obra	0	1	0	0	0
	Capacitación y comunicación	0	0	0	0	0
Gestión de compras	Planificación	0	0	0	6	0
	Especificaciones en obra	0	0	0	3	0
	Capacitación y comunicación	0	0	0	2	0
Gestión de materiales	Planificación	0	0	0	13	0
	Especificaciones en obra	0	0	1	9	0
	Capacitación y comunicación	0	0	0	8	0
Ejecución de la obra	Planificación	0	1	1	20	0
	Especificaciones en obra	0	1	0	11	0
	Capacitación y comunicación	0	0	0	5	0

Residuos	Planificación	0	3	0	13	0
	Especificaciones en obra	0	17	0	0	0
	Capacitación y comunicación	0	0	0	0	0
Otras actividades	Planificación	0	0	0	12	0
	Especificaciones en obra	0	4	0	0	0
	Capacitación y comunicación	0	1	0	0	0
	Total	0	31	2	104	0

En cuanto a la relación entre los valores de implementación obtenidos por apartado y subapartado y la cantidad de buenas prácticas, para identificar áreas fuertes y débiles de cada proyecto, el Cuadro 8, evidencia que el Proyecto A no alcanzó a puntuar por encima de 1 en ningún subapartado. Para este proyecto los puntajes más bajos corresponden a las buenas prácticas en residuos y otras actividades.

Cuadro 8. Puntuación línea base de Proyecto A.

	Diseño de construcción	Gestión de compras y adquisiciones	Gestión de materiales	Ejecución de la obra	Residuos	Otras actividades
Planificación	0.5	1.0	0.4	0.4	0.2	0.3
Ejecución	0.0	0.7	0.5	0.7	0.5	0.0
Capacitación y comunicación	0.0	1.0	0.1	0.8	0.0	0.0

El Cuadro 9, muestra que el Proyecto B tuvo una mejor puntuación, alcanzando incluso los 3 puntos por subapartado. El tema con menor puntaje también fue el de residuos.

Cuadro 9. Puntuación línea base de Proyecto B.

	Diseño de construcción	Gestión de compras y adquisiciones	Gestión de materiales	Ejecución de la obra	Residuos	Otras actividades
Planificación	1.3	3.0	3.0	2.6	1.7	1.8
Ejecución	0.0	3.0	3.0	2.8	1.4	2.3
Capacitación y comunicación	0.0	3.0	2.5	3.0	0.0	3.0

Desde el punto de vista cualitativo, se debe rescatar que ambos proyectos tienen iniciativas valiosas para hacer más eficiente el manejo de materiales, no obstante, en el Proyecto A esas iniciativas son desarrolladas en cada proyecto de forma independiente y según las condiciones del Proyecto y su dueño. En el caso B aunque sí se han sistematizado los esfuerzos, la información es transmitida oralmente y los criterios dependen de cada administrador de Proyecto, es decir, si el actual personal se va, no queda en la Empresa evidencia del sistema que utilizan.

En el Cuadro 10 se mencionan algunas de las buenas prácticas observadas en sitio.

Cuadro 10. Buenas prácticas destacables de cada Proyecto.

Proyecto A	Proyecto B
<p>Presupuesto detallado y política de devoluciones.</p> <p>Selección de materiales amigables con el ambiente.</p> <p>Diseño modulado y plan de modulación de materiales (medir antes de colocar para prevenir desperdicio).</p>	<p>Contrato detallado con subcontratistas que incluye entrega a satisfacción.</p> <p>Diseño modulado.</p> <p>Prueba de sistemas de construcción modernos que garantizan mayor eficiencia.</p> <p>Sistema de organización de bodega y materiales.</p> <p>Orden y limpieza en bodega y centro de acopio.</p> <p>Sistema de control en proveeduría.</p> <p>Sistema de poncheo de espacios finalizados para prevenir daños.</p>

En ambos casos, la capacitación al personal, se hace de acuerdo con los criterios de las jefaturas, no existe un documento o listado de estos criterios. Como ya se indicó, no se cuenta con documentación o con un programa de capacitación para el personal. Es decir, el maestro de obras recibe instrucciones del ingeniero o arquitecta, y los operarios y obreros reciben las instrucciones del maestro de obras y/o del ingeniero o arquitecta. Por lo tanto, la implementación de las buenas prácticas depende en parte del tiempo que los trabajadores forman parte del mismo equipo en cada constructora, de la experiencia de cada una de las partes y de lo que cada quien ha aprendido en la convivencia entre ellos.

En el tema de residuos, ambos Proyectos tienen un manejo muy básico, ambos son responsables en cuanto a disponerlos finalmente con un gestor (no verifican que esté

autorizado), pero en cuanto a la separación de materiales y su reutilización, las prácticas son superficiales.

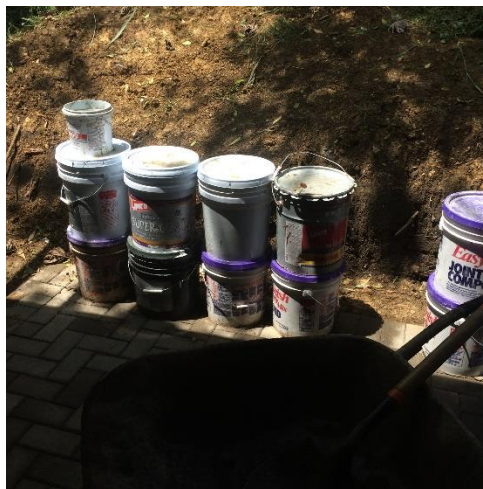
4.3 ACCIONES IMPLEMENTADAS COMO PARTE DE LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPACIÓN –IAP-

En ambos casos, se decidió desarrollar medidas para mejorar la implementación de buenas prácticas en el tema de residuos de acuerdo con la Guía. Específicamente se trabajó con el equipo de trabajo la conciencia sobre la importancia de controlar la generación de residuos, contar con un sitio adecuado para separarlos, reutilizar al máximo y valorizar, previo a su disposición final. Igualmente se requirió a cada constructora, el listado de materiales y sus cantidades, que según se indicó en ambos casos es parte del presupuesto, sin embargo, ninguno de los dos proyectos entregó dicho listado.

Además, se consideró con cada equipo, el mantener con los contratistas las mismas reglas de gestión, cada contratista debía separar sus residuos y gestionarlos adecuadamente.

La Figura 2 muestra el orden y separación de materiales realizado en el Proyecto A. Este Proyecto contaba con poco espacio techado, por lo que los residuos se almacenaban a la intemperie, la separación les permitió valorizar los metales, guardar algunos materiales para otros proyectos, reutilizar el embalaje en la protección de pisos, y reutilizar los trozos de materiales sobrantes en la misma obra. El maestro de obras y la arquitecta comentaron que continuarían adoptando estas buenas prácticas en futuros proyectos, en tanto, les permitieron aprovechar mejor los materiales, reducir la cantidad que debe disponerse y por ende reducir el desperdicio. Acotaron eso sí que para implementarlas es necesario contar con un tiempo de la jornada exclusivo para ordenar y acomodar.

Figura 2. Fotografías de las mejoras implementadas en Proyecto A



La Figura 3 muestra las herramientas de separación del Proyecto B, se construyeron cajones, reutilizando la formaleta, para colocar los residuos reutilizables o valorizables de la constructora y los contratistas. Durante el proceso constructivo, el equipo y el ingeniero a cargo destacaron que esta práctica favoreció el reuso de los sobrantes de materiales como varilla, formaleta, gypsum; y redujo las compras adicionales de material por causa del desperdicio. De hecho, se observó que a los trabajadores les resultó más fácil buscar entre los cabos la pieza que requerían que cortar una nueva. La implementación de esta práctica requirió reservar al menos 30 minutos de la jornada de trabajo para la limpieza y acomodo de residuos.

Figura 3. Fotografías de las mejoras implementadas en Proyecto B



Al finalizar el proceso de acompañamiento, se demostró, en la práctica, el valor de la separación de residuos y la importancia de la gestión integrada. Sin embargo, en cuanto a la capacitación y documentación complementaria, no fue posible mejorar los procesos, aunque al menos se sensibilizó al personal sobre sus obligaciones legales y la importancia de documentar la gestión de residuos.

4.4 SOBRE LA CAPACITACIÓN EN RESIDUOS

Como parte de la investigación, se participó en la visita de la especialista argentina Jazmín Féliu, de la Fundación UOCRA (Unión de obreros de la construcción de la República de

Argentina en convenio con el INA (Núcleo: Tecnología de Materiales, Subsector: Construcción Civil) y se le pidió su opinión sobre el manual. El Cuadro 11 resume las sugerencias y observaciones de la especialista. En su visita al Proyecto B, la señora Féliu destacó el orden, limpieza y buena gestión de residuos realizada por los trabajadores.

Cuadro 11. Resumen de resultados de entrevista a Jazmín Féliu

Formato y presentación de la Guía	Tiene muchísima información, por lo que su lectura deberá ser fuera del ambiente de la obra (un curso técnico por ejemplo) Recomendación: Versión de bolsillo de los gestores autorizados para consulta. Versión más gráfica o con imágenes visuales, de las opciones de gestión de los materiales.
Contenido y fondo de la Guía	Lenguaje: Es muy claro, hace falta reforzar el texto con las imágenes. Temas desarrollados: hace falta relacionar gestión de materiales y gestión de residuos, incluir un gráfico del ciclo de vida de los materiales, para reforzar la idea de economía circular y manejo eficiente. Definiciones faltantes: residuo, materiales y basura.
Buenas prácticas incluidas	Recomendaciones: Revisar los items de cada apartado pues algunos se repiten en otro apartado. En el apartado 3.3.5. hay algunos ítems que no tienen relación con gestión de materiales.
Cambios para mejorar la didáctica	Se debe aclarar en el texto que hay muchas decisiones que no pueden o deben tomar los maestros de obra. Muchas decisiones son del propietario, el ingeniero o arquitecto, o del contratista. Depende de la estructura organizacional de la empresa constructora, pues en algunos casos el maestro de obra funge como supervisor, pero el manejo y contrato de los contratistas lo hace directamente el ingeniero.

4.5 VALORACIÓN DE LA GUÍA POR PARTE DE LOS ENCARGADOS DE CADA PROYECTO

Al cierre de cada acompañamiento se aplicó una entrevista (Ver Anexo 2) a cada encargado del Proyecto, a continuación se presenta un resumen de cada una.

Cuadro 12. Resumen de resultados de entrevista Proyecto A

Opinión general sobre la Guía	Es muy importante y necesaria. De ahora en adelante la va a utilizar en otros Proyectos.
Sobre aplicación de aspectos de la Guía en el Proyecto	Ventajas o beneficios: Mayor orden y limpieza, se hizo un máximo reuso de los materiales, la separación permite aprovechar más y mejor, inclusive los embalajes. Limitaciones: Requiere la participación de todos los involucrados e inversión de tiempo que el cliente puede ver como pérdida. Barreras: Los colaboradores tienen que involucrarse y el cliente también. El tema del tiempo y los costos también puede influir en contra cuando el cliente no está de acuerdo.
Nuevos sistemas constructivos	Ventajas o beneficios: Eficiencia en tiempo y materiales. Limitaciones: El cliente tiene que estar de acuerdo para aplicar muchas de las buenas prácticas. Recomendaciones: Venderle la idea al cliente.
Manejo de contratistas	Se requiere un proceso y práctica, la arquitecta llevó los contratos pero no pudo lograr que los contratistas firmaran. Algunos contratistas participan otros no.
Oportunidades de mejora en cuanto a formato y presentación de la Guía	Hace falta algo más sencillo o práctico, como los videos educativos de cómo hacer cada aspecto, pensando en una guía en formato digital que sea interactiva. Inclusive un app que se pueda descargar para ir aplicando las ideas en mi Proyecto. Otra sugerencia para motivar la aplicación de la Guía sería crear como una Bandera Azul de los proyectos constructivos, que no tenga costo pero sí un valor agregado ¹ .
Contenido y fondo de la Guía	Hace falta simplificarla para el uso en los proyectos, hacerlo todo más sencillo para que sea más fácil de asimilar y aplicar.
Buenas prácticas incluidas	Son repetitivas también pueden simplificarse.
Cambios para mejorar el uso por parte de los maestros de obra	Muchos de los maestros de obra y los que trabajan en este sector son de poco leer, más si tiene solo texto. Hacen falta gráficos, imágenes, videos, para hacer el tema más amigable y comprensible.

¹ Valga aclarar que al momento de la entrevista aún no se había anunciado la categoría de construcción sostenible del Programa Bandera Azul Ecológica, esta categoría fue anunciada en el mes de setiembre de 2017.

Cuadro 13. Resumen de resultados de entrevista Proyecto B

Opinión general sobre la Guía	La considera importante, es un tema que siempre le ha interesado y está convencido de las ventajas de un adecuado manejo.
Sobre aplicación de aspectos de la Guía en el Proyecto	<p>Ventajas o beneficios: Con la separación fue evidente el mayor aprovechamiento de la “cabería” (retazos sobrantes de varilla, formaleta, gypsum), no hubo que hacer compras adicionales. Se redujo el desperdicio y hubo más conciencia del uso de cada material.</p> <p>Limitaciones: Es difícil hacerla extensiva a los contratistas nuevos. Es necesario reservar un tiempo diario al acomodo de materiales, orden y limpieza, pero da resultados.</p> <p>En cuanto al PMRS se requiere una herramienta más amigable, tal vez en Excel. Como no es un proceso incorporado a la administración del proyecto, sacar el tiempo para hacerlo no es prioritario.</p> <p>Barreras: En este Proyecto lo pudo aplicar porque todas las decisiones dependen de él, cuando el cliente no está de acuerdo en el manejo, su implementación puede ser más difícil.</p> <p>El tema de las capacitaciones también requiere una valoración entre el tiempo que requiere el contar con un manual contra su valor agregado, y además se debe considerar lo que el cliente espera de cada proyecto.</p>
Nuevos sistemas constructivos	<p>Ventajas o beneficios: Resultaron en reducción de tiempo y costos, siempre que el contratista tenga la experiencia para instalarlo de forma efectiva.</p> <p>Limitaciones: Cada sistema requiere un contratista serio, con experiencia y con personal capacitado para cumplir con los estándares del sistema. En la parte electromecánica del Proyecto el contratista no cumplió y generó muchos retrasos y costos extra.</p> <p>Recomendaciones: Se requiere contratistas garantizados y un contrato que respalde en caso de incumplimientos.</p>
Manejo de contratistas	Aunque esta constructora se maneja con contratos, la relación con cada cual depende también de la organización interna de cada contratista, en algunos casos los trabajadores no estaban informados de las políticas que el contratista había convenido cumplir.
Oportunidades de mejora en cuanto a formato y presentación de la Guía	<p>Es necesario trabajar en un documento más práctico y aplicable. Puede incluir cortos de 5 minutos explicando la implementación de la buena práctica.</p> <p>Un documento estilo catálogo para consulta, en cuanto a gestores y formas de manejo, es un formato que los ingenieros y arquitectos están acostumbrados a consultar.</p> <p>En cuanto a la documentación, contar con formatos preestablecidos que se puedan descargar o comprar puede ser útil (los manuales de capacitación, por ejemplo) y en el caso del PMRS un archivo en Excel que facilite el llenado podría ser muy útil.</p>

Contenido y fondo de la Guía	El documento es muy largo y pesado para revisarlo por completo, puede simplificarse.
Buenas prácticas incluidas	Son repetitivas pueden revisarse, y en algunos casos es necesario explicar en qué consiste.
Cambios para mejorar el uso por parte de los maestros de obra	Convertirlo en cortos de 5 minutos para que el maestro de obras los revise, separar lo que corresponde a la administración de lo que se debe manejar propiamente en la obra. Hacer un documento más sencillo para tenerlo en las construcciones.

4.6 ANOTACIONES ADICIONALES TRAS EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Al ajustar la lista de buenas prácticas para la lista de chequeo, surgieron una serie de dudas, que a continuación se describen como oportunidades de mejora que deben valorarse:

4. El reordenamiento que se hace de la lista de buenas prácticas para la lista de chequeo, responde al esquema mental de la investigadora que identifica patrones o categorías para clasificar la información y facilitar su manejo o análisis. Durante la revisión inicial de los listados se observó que a lo interno de cada apartado, las buenas prácticas no seguían una secuencia, patrón u ordenamiento identificable. Los patrones o categorías facilitan el aprendizaje de la información por parte de las personas con menos experiencia en el tema, por lo que mejorar esta estructura puede ser fundamental.
5. Hay varias buenas prácticas que podrían eliminarse pues son reiterativas o bien, podrían agruparse varias en una idea más general, por ejemplo:
 - Se podría separar todo lo que tiene que ver con capacitaciones y entrenamientos del personal, hacer un solo listado al inicio o al final del apartado de buenas prácticas.
 - En el apartado de ejecución de la obra, se puede sintetizar en una buena práctica los insumos que deben revisarse con el dueño, administrador y maestro de obras.
 - Igualmente lo que debe coordinarse con los contratistas o los proveedores puede reunirse en una sola buena práctica por cada contraparte.
 - Lo que corresponde al apartado 3.3.4 residuos, y la mayoría de las buenas prácticas incluidas en el apartado 3.3.5 Otras actividades (los que corresponden a los números 107, 110, 111, 114-118, 122 y 123 en la lista de chequeo) deben reorganizarse como parte del apartado 4. Las restantes del apartado de otras actividades son parte de la ejecución de la obra.

6. Las buenas prácticas que se agruparon en los apartados de planificación y capacitación requieren un proceso previo a la etapa de ejecución de la obra. Ambas requieren una organización o estructura administrativa para poder desarrollarse. Es importante explicar esto en algún punto de la Guía.

Se sugiere que en el apartado 3.3. donde se presenten las buenas prácticas se explique la reorganización interna de cada apartado y se indique que estas buenas prácticas implican el mantener un mayor control y orden en cada etapa del proceso constructivo, con los contratistas y los proveedores. Para ello es necesario que el maestro de obras, la firma constructora, el equipo de trabajo establezcan pautas básicas de trabajo y capaciten al personal al respecto. En cada apartado de planificación se indica lo que el equipo constructor debe establecer de previo a desarrollar la obra. Igualmente se podría aclarar que si al momento de revisar la guía, el usuario tiene pocas buenas prácticas implementadas, puede escoger o priorizar algunas de ellas, para iniciar el proceso y mejorar su planificación.

7. Algunas buenas prácticas incluidas implican un proceso de toma de decisiones que es ajeno al maestro de obras. Muchas dependen de decisiones que debe tomar el ingeniero a cargo o el dueño del Proyecto. Este aspecto debería revisarse con maestros de obra para definir en cuáles pueden incidir directamente. Sería interesante crear un catálogo electrónico donde se puedan filtrar las buenas prácticas según la etapa del proceso en que se hace la consulta y de acuerdo a quienes participan en dicha buena práctica. Se propone, un programa de capacitación virtual donde cada buena práctica o grupo de ellas puedan incluir detalles, un video explicativo, una lista de chequeo, o un formato de control.

Observaciones adicionales al finalizar todo el proceso de recolección de datos:

1. De acuerdo con el artículo 14 de la Ley GIRS, todo generador de residuos, es decir cada Proyecto constructivo, debe elaborar un Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIRS), sin embargo, en la literatura y en el sector construcción se habla más bien de plan de manejo de residuos.
2. Al revisar la Guía con los participantes, se evidencia que para que la Guía sea aprovechada y aplicada de forma óptima, se requiere un proceso de capacitación y

concientización, del tema. En el Anexo 3, se sugieren los aspectos básicos de una eventual estrategia de capacitación aprovechando los canales digitales y redes sociales.

3. En los dos proyectos observados, hay poco conocimiento de las obligaciones legales en cuanto a residuos. El tema no parece ser prioritario en el sector. En ese sentido, es urgente la promulgación del decreto específico para la gestión de los residuos de la construcción y la creación de formatos digitales para mantener la fiscalización del cumplimiento en cada proyecto constructivo.
4. Durante el proceso de esta investigación se estableció una nueva categoría Bandera Azul para construcciones sostenibles (PBAE, 2017), donde uno de los ejes es el tema de residuos. Sería valioso que la Cámara de la Construcción pudiera conectar el proyecto de la Guía y este de Bandera Azul para que las acciones se complementen y enriquezcan.

5 DISCUSIÓN

Los dos Proyectos analizados demuestran que en la gestión de materiales y residuos es fundamental cumplir con un proceso de organización previa al inicio de las obras que incluye una serie de factores que deben resolverse: un buen diseño constructivo que optimice las características y medidas de los materiales y reduzca el desperdicio, un equipo de trabajo y de contratistas comprometidos y capacitados para la adecuada gestión y una organización o administración que facilite y promueva el proceso (Udawatta, Zuo, Chiveralls, & Zillante, 2015). Cada uno de estos factores tiene una relación dialéctica con la correcta implementación de la Guía, el grado de desarrollo de cada factor incide directamente en la capacidad de cada proceso constructivo para implementar la Guía, pero además implementar cada buena práctica contribuye a una mejora en alguno o todos los factores mencionados.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, los participantes reconocen la relevancia de contar con una Guía de manejo eficiente de materiales, e indican la necesidad que tiene el sector de lograr más conciencia y mejor desempeño ambiental en los proyectos constructivos. De hecho, aunque la intervención fue limitada, los participantes pudieron comprobar el valor agregado de la separación de los materiales, que incluye el orden y limpieza, mayor facilidad para la reutilización o valorización in situ, y la reducción de la cantidad de residuos que requiere disposición final, lo que además significa una reducción de costos. Es decir, la aplicación de buenas prácticas en el manejo de materiales, contenidas en la Guía le da un valor agregado a la actividad.

El reto es lograr que las empresas y los desarrolladores establezcan los espacios y condiciones para iniciar un cambio hacia un sistema de gestión eficiente de materiales, en tanto este cambio requiere inversión de tiempo, dinero y capacitación (Rojas Brenes, 2016). Como reto adicional está el formar cadenas de valor en el tema de gestión eficiente. En el estudio se pudo evidenciar la diferencia en la gestión cuando se tienen contratistas con el mismo compromiso, o cuando carecen de éste. Este aspecto debe resaltarse también en la Guía, la necesidad de seleccionar contratistas que demuestren su compromiso con el manejo eficiente de materiales y que además sean efectivos en la tarea para la cual se contratan.

Por otra parte, la CCC, el CFIA, el INA, las universidades y el Estado tienen que mejorar la concientización y capacitación que realizan sobre el tema, porque el de la gestión eficiente de materiales no es prioritario en el planteamiento de un proyecto. Por otra parte, no existe un ente que se encargue del control y supervisión de que la obligación legal de contar con un PMIR se cumpla, aunque según la Ley 8839 debería ser responsabilidad del Ministerio de Salud y de las Municipalidades.

Por lo tanto, la Guía como instrumento para informar y capacitar al sector resulta fundamental, y por ende, es trascendental desarrollar estrategias para reducir las barreras y limitaciones identificadas en este estudio y optimizar el documento y su aplicación. Las principales limitaciones detectadas fueron las siguientes:

1. El documento es muy extenso para la revisión y uso cotidiano de los maestros de obras (la especialista recomendó utilizarlo como libro de texto en algún curso específico), por lo que es necesario un formato más simple y didáctico, con más imágenes ilustrativas.
2. Mencionaron, los participantes, la posibilidad de utilizar las nuevas tecnologías mediante cortos audiovisuales o apps que expliquen cómo se aplica cada buena práctica y sus beneficios. Lo anterior, evidencia la necesidad de formación en el tema de manejo eficiente de materiales y gestión de residuos que tiene el sector.
3. Otro aspecto claro es la necesidad de validar los documentos que se preparan no solo en el fondo sino también en la forma. La Guía recoge contenidos relevantes, pero casi no tiene imágenes o gráficas que faciliten su lectura y asimilación.
4. En cuanto a la estructura, los anexos podrían convertirse en documentos independientes o desplegables para consulta en la obra. Mientras que las buenas prácticas podrían simplificarse y reorganizarse en un documento de Excel con varias opciones de filtros y con detalles adicionales.

Como recomendaciones relacionadas con los PMGIR, se incluyen, que las autoridades en el manejo de residuos establezcan un formato para desarrollarlos. Se observó que en otros países inclusive son formatos en línea, u hojas de Excel que facilitan el proceso. Los

participantes abogaron por contar con un formato simple. La obligación de contar con un plan de manejo de residuos se estableció desde 2010, en el artículo 14 de la Ley GIRS, pero no se ha establecido el hábito de cumplir con ello entre ingenieros y arquitectos, en tanto no existe ninguna autoridad que exija su presentación. Además, todavía se carece de un reglamento nacional sobre residuos de la construcción y hace falta capacitación y sensibilización del tema en el sector y en las universidades que forman a los profesionales y técnicos de la construcción.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los proyectos participantes tienen organizaciones de diferentes tamaños y capacidades lo que afecta su desempeño al implementar las buenas prácticas propuestas en la Guía. La aplicación de la Guía requiere que el proyecto cuente de previo con un sistema básico de administración de la obra, con personal capacitado (en los aspectos básicos que la Guía indica) y con contratistas efectivos que asuman también el compromiso de cumplir la Guía.

Los trabajadores del proyecto requieren tiempo, capacitación y apoyo del desarrollador y del equipo que administra la obra para poder cumplir con la gestión eficiente, igualmente los trabajadores de los contratistas requieren esas mismas condiciones.

Los principales beneficios percibidos por los usuarios de la Guía con respecto a su implementación son la mejora en el orden y limpieza, con el consecuente aprovechamiento máximo de recursos, reducción del desperdicio y de sobrantes. También se evidencia una reducción en los costos por compra de adicionales de materiales y gastos por disposición final de residuos.

La Guía es un documento muy completo, pero su manejo e interpretación requiere un proceso de capacitación. Para ello se recomienda:

- La elaboración de videos cortos con la ejemplificación de las buenas prácticas. Es necesario relacionar los materiales con los residuos, e incluir otras definiciones. En el estudio se sugirió explicar el ciclo de vida de los materiales exponiendo que el manejo eficiente de los materiales favorece la gestión eficiente de los residuos.
- El orden y clasificación de las buenas prácticas puede reestructurarse para facilitar su revisión. Se propone que esta clasificación se valide con los maestros de obra.
- Se requiere para el uso en la obra un documento más simple, y resumido, con imágenes ilustrativas que faciliten la comprensión del texto.
- Los anexos pueden reorganizarse como documentos de consulta (estilo catálogo). También con formatos descargables que puedan comprarse para ejecutar una buena práctica. Lo mismo aplica para los manuales de capacitación.

- Sería muy valioso que los documentos que va elaborando la CCC se relacionen o complementen entre sí, y muy especialmente sean consistentes. La Guía de materiales podría vincularse con las construcciones sostenibles del PBAE.

Finalmente en cuanto a los PMIR, se recomienda:

- Es urgente el contar con un formato simple, preferiblemente digital, para elaborar el Programa y mantener un registro y seguimiento de cada proyecto constructivo, debería ser parte del Sistema de Información que está desarrollando el Ministerio de Salud. Se sugiere al menos una hoja de Excel que facilite su llenado.
- Es necesario sensibilizar y capacitar al sector construcción en el tema GIRS y a los profesionales y técnicos en formación para que establezcan el hábito y la prioridad de elaborar y ejecutar el PMIR.

7 REFERENCIAS

Abarca Guerrero, L. (2008). Construcción sostenible en Costa Rica: Hacia un enfoque de gestión de materiales para la reducción de desechos. *Congreso de Ingenieros Civiles*.
Obtenido de <http://repository.tue.nl/664543>

Abarca Guerrero, L. (2014). *A Construction Waste Model for Developing Countries*. Eindhoven University of Technology. Holanda: Tesis inédita de Doctorado.

Abarca Guerrero, L., & Leandro Hernández, A. G. (2016). *Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción*. Costa Rica: Cámara Costarricense de la Construcción e Instituto Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de http://www.construccion.co.cr/descargas/GUIA_MANEJO_MATERIALES_CONSTRUCCION.pdf

Asamblea Legislativa. (13 de Julio de 2010). Ley para la Gestión Integral de Residuos. *Diario Oficial La Gaceta*(35).

Banco Central de Costa Rica . (2017). *Construcción con destino privado* .

CFIA. (2017). Estadísticas: Registro de metros cuadrados crece un 13% en el 2016. *Revista CFIA*, 14-16. Obtenido de

<http://comunicacion.cfia.or.cr/Drupal/sites/default/files/revistasPDF/REVISTA%20268%20FINAL.pdf>

- Elizar, Wibowo, M., & Koestalam, P. (2015). Identification and analyze of influence level on waste construction management of performance. *Procedia Engineering*, 46-52. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2078/10.1016/j.proeng.2015.11.008>
- Gangoellés, M., Miquel, C., Forcada, N., & Macarulla, M. (2014). Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites. *Resources, conservation and recycling*(93), 99-111.
- Gavilán, R., & Bernold, L. (1994). Source evaluation of solid waste in building construction. *Journal of construction engineering and management*, 3(120), 536-552. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(1994)120:3(536)
- Hongping, Y. (2013). Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects. *Ecological indicators*(24), 476-484.
- Instituto de la Unesco para el aprendizaje a lo largo de la vida. (2010). *Tercer informe mundial sobre el aprendizaje y la educación de adultos*. Hamburg: UNESCO. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247556s.pdf>
- Leandro Hernández, A. G. (2008). Manejo de desechos de la construcción. *Tecnología en marcha*, 4(21), 60-63.
- Leandro Hernández, A. G. (2008). Mejoramiento de los procesos constructivos. *Tecnología en marcha*, 4(21), 64-68.
- Mora, G. (2007). Gestión y manejo de desechos de la construcción. *Revista del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica*(229), 20-21. Obtenido de <http://revista.cfia.or.cr/229/revista.pdf>
- PBAE. (01 de Octubre de 2017). *Programa Bandera Azul Ecológica*. Obtenido de <http://banderaazulecologica.org/construccion-sostenible/934>
- Ramírez, M. (1995). *Impacto físico y financiero de la generación de desechos sólidos en la construcción de dos proyectos hoteleros*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.
- Rojas Brenes, C. (2016). *Buenas prácticas para optimizar la gestión de los materiales de la construcción para proyectos menores a 1000 metros cuadrados*. Tesis inédita de licenciatura en Ingeniería Ambiental. Tecnológico de Costa Rica .

- Secretaría Técnica Nacional Ambiental. (2008). Resolución 1948-2008-SETENA Guía de Construcción.
- Serhan, K. (2014). *Effect of construction worker demographics on e-learning with hazard communication standard training*. Tesis de Maestría en Ingeniería Civil, Wayne State University.
- Soliz, F., & Maldonado, A. (2012). *Guía de metodologías comunitarias participativas*. Clínica Ambiental.
- Udawatta, N., Zuo, J., Chiveralls, K., & Zillante, G. (2015). Improving waste management in construction projects: An australian study. *REsources, conservation and Recycling*, 73-83. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2078/10.1016/j.resconrec.2015.05.003>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales -UICN-. (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción. Obtenido de http://cmsdata.iucn.org/downloads/guia_escombros_baja.pdf
- Villalobos , A. (1995). *Estudio de generación de desechos en la construcción de viviendas de mampostería*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

ANEXOS

8 ANEXO 1: LISTA DE CHEQUEO

Nivel de implementación de Buenas prácticas incluidas en la Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción

A continuación se presenta una lista de chequeo con las buenas prácticas contenidas en la **Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción** (Abarca Guerrero, L. & Leandro Hernández, A.G. 2016), con el objetivo de establecer el nivel de implementación que estas prácticas tienen en un proyecto específico. La lista de chequeo se calificará en conjunto con el equipo a cargo de las obras.

Se respeta la clasificación de etapas que presenta la Guía, pero se han reordenado las prácticas en 3 grandes áreas: 1. Planificación, 2. Especificaciones para la ejecución del proyecto y 3. Capacitación y comunicación.

Para cada buena práctica se establecen 5 niveles de implementación según se indica a continuación:

Escala de evaluación

0. No se ha implementado del todo

1. Se cuenta con pautas básicas relacionadas con esa buena práctica

2. Se tiene un plan para implementar la buena práctica

3. Se cuenta con personal capacitado en el tema para implementarla

4. Se tiene evidencia de que la buena práctica está implementada

Diseño de sitio de construcción

Actividades	Desarrollo				
	0	1	2	3	4
1. Se define de previo un sitio para ubicar materiales y bodegas.					
2. Se establecen políticas de manejo con proveedores para la gestión de materiales.					
3. Se define el sitio para el centro de acopio y los gestores de residuos.					
4. Se planifica el proceso de transporte interno de materiales.					
5. Se cuenta con una bodega para almacenar sobrantes de materiales de diferentes proyectos y se revisan existencias antes de nuevas compras.					

Gestión de compras y adquisiciones

Actividades	Desarrollo				
	0	1	2	3	4
Planificación de la obra					
6. Se utilizan proveedores certificados.					
7. Se cuenta con controles para realizar los pedidos y recibido de materiales (revisar factura vrs entrega por parte de personal capacitado).					
8. Describir cómo se hace:					
9. Se negocia con el proveedor la compra de cantidades reducidas y devolución de sobrantes. Todos __ Algunos __					
10. Se utilizan materiales certificados. Indicar cuales_					
11. Se utilizan materiales de origen local.					
12. Se decide comprar materiales a medida. Indicar cuales:					
Especificaciones durante la ejecución					
13. Se consideran los traslapes de acuerdo con la pendiente del techo para compra de materiales.					
14. Se mantiene una buena comunicación y transferencia de información entre todas las partes para la trazabilidad y revisión de los materiales solicitados.					
15. Se supervisan las labores en cuanto al correcto uso de materiales.					
Capacitación y comunicación					
16. Se convence al cliente de cambiar materiales de bajo rendimiento o mucho desperdicio.					
17. Se capacita a los trabajadores para el correcto uso de los materiales.					

Gestión de materiales

Actividades	Desarrollo				
	0	1	2	3	4
Planificación					
18. Se establece sitio para ubicación de bodega de materiales.					
19. Se utilizan transportistas que garanticen orden y protección de materiales.					
20. Se establece controles de calidad para aceptar materiales.					
21. Se establece un procedimiento para almacenaje en bodega considerando recomendaciones del fabricante.					
22. Se cuenta con un procedimiento para cuidados en descargas de materiales.					
23. Se solicita el empaque de materiales de acuerdo con requerimientos del Proyecto.					
24. Se coordina con contratistas en uso responsable de materiales, obligándolos a reponer cualquier daño o falta.					
25. Se cuenta con incentivos para promover cultura ambiental en los trabajadores.					

26. Se utiliza formaleta reutilizable, incluyendo material plástico para chorreas.					
27. Se promueve el reuso y reciclado de materiales: elección del sistema estructural, elección de materiales, componentes y conexiones.					
28. Se utilizan contenedores para evitar residuos de obras preliminares.					
29. Se pide la arena y piedra por separado para evitar mezclas.					
30. Se verifica la fecha de vencimiento de materiales previo a la compra.					
Especificaciones durante la ejecución del Proyecto					
31. Se realiza verificación visual de materiales antes de recibirlos.					
32. Se estivan los materiales protegiéndolos de roturas en embalajes.					
33. Se mantienen los materiales con su empaque original hasta su uso.					
34. Se utilizan boletas de retiro de material en bodegas indicando cantidades y responsable.					
35. Se tiene control sobre vencimiento de materiales en bodega para utilizar los más próximos a vencer.					
36. Se mantiene ordenado el sitio de construcción.					
37. Se etiquetan las zonas de trasiego de materiales.					
38. Se rotula el Proyecto con información sobre gestión de materiales.					
39. Se controla que no queden restos de materiales en envases o herramientas.					
40. Se reutilizan los sobrantes en la misma construcción.					
Capacitación y comunicación					
41. Se capacita al personal sobre gestión de materiales.					
42. Se capacita al personal sobre Salud y seguridad ocupacional.					
43. Se capacita al bodeguero sobre uso y manejo de materiales.					
44. Se capacita a las cuadrillas en temas de modulación de materiales.					
45. Se capacita al capataz en aspectos técnicos.					
46. Se capacita al personal (certificar) para cumplir un estándar de calidad en la realización de una tarea específica, especialmente en cuanto a preparación eficiente de mezclas.					
47. Se capacita al personal sobre la importancia de cuidar el ambiente					
48. Se establecen mecanismos claros de comunicación entre el personal, los jefes de cuadrillas y el maestro de obras.					

Ejecución de la obra

Actividades	Desarrollo				
	0	1	2	3	4
Planificación					
49. Se realiza un diseño de sitio planificado y funcional previo al inicio de obras.					
50. Se revisan exhaustivamente los planos para evitar indefiniciones durante la construcción.					
51. Se analiza con el cliente modelo en 3D para evitar cambios de última hora.					

52. Se realiza reunión conjunta entre maestro de obras, cliente y diseñador para analizar detalles constructivos.					
53. Se revisa cuidadosamente el presupuesto antes de iniciar las obras.					
54. Se revisa el diseño de sitio conforme avanza el proyecto.					
55. Se designa un lugar para almacenar residuos.					
56. Se establecen controles y sanciones para el uso de materiales.					
57. En caso de modificaciones, se busca reutilizar todo el material.					
58. Se elabora un inventario actualizado de materiales para control en la obra.					
59. Se cuenta con información técnica sobre los materiales en el sitio de construcción.					
60. Se cuenta con controles de entrada y salida de materiales en el sitio de construcción.					
61. Se establece un control de fechas para los materiales.					
62. Se coordina con proveedores la devolución de exceso de materiales.					
63. Se establece contrato con los contratistas sobre responsabilidades en caso de daño a materiales o estructuras.					
64. Se establece en el contrato sanciones para los trabajadores en caso de errores.					
65. Se reúnen con los contratistas para planificar tiempos y procesos.					
66. Se cuenta con los contratos e información completa antes del inicio de la obra.					
67. Se establece un plan de mantenimiento preventivo de equipos.					
68. Se cuenta con mecanismos para vender, ceder o intercambiar sobrantes con otros proyectos.					
69. Se evita rotación de personal.					
70. Se incentiva al personal para que promuevan propuestas de mejora.					
71. Se cuenta con internet en el sitio.					
72. Especificaciones durante la ejecución del Proyecto					
73. Se definen previamente las tareas a realizar, así como el equipo y materiales que se requieren.					
74. Se supervisa constantemente a los operarios.					
75. Se utilizan equipos en buen estado y mecanismos para mantenerlos así.					
76. Se mantiene en el área de trabajo solo el material necesario.					
77. Se recibe el trabajo terminado por cada contratista para sentar responsabilidades en caso de daños.					
78. Se mantiene control de acceso a sectores donde el trabajo ya fue recibido.					
79. Se verifica que los trabajadores conocen y aplican las fichas técnicas de los materiales.					
80. Se realizan muestras en el caso de las pinturas y otros materiales para evitar desperdicios.					
81. Se mantienen encendidos los equipos sólo cuando se están utilizando.					

82. Se limpian los equipos tras utilizarlos para evitar formación de depósitos.					
83. Se rotan los materiales en bodega según fecha de expiración.					
Capacitación y comunicación					
84. Se capacita al personal en el buen uso de equipos, materiales, seguridad e higiene entre otros.					
85. Se mantiene buena comunicación con proveedores y contratistas.					
86. Se mantiene una comunicación constante con el profesional a cargo de la obra.					
87. Se coordinar con el contratista los equipos y el momento en que se requieren.					
88. Se capacita al personal para cada tarea, estableciendo el paso a paso que requiere.					

Residuos

Actividades	Desarrollo				
	0	1	2	3	4
Planificación					
89. Se utilizan paneles como formaleta.					
90. Se reutiliza la formaleta de madera en otros proyectos.					
91. Se utiliza el material de obra gris no reciclable como relleno.					
92. Se aplican incentivos para reducir residuos, incluyendo la repartición del ahorro.					
93. Se aplican sanciones por malas prácticas en la gestión.					
94. Se coordina con proveedores la devolución de sobrantes y empaques.					
95. Se cuenta con gestores de residuos autorizados para cada tipo de material.					
96. Se cuenta con un encargado o gestor de residuos en la obra.					
Especificaciones durante la ejecución del Proyecto					
97. Se mantiene un registro y control de las cantidades de residuos generadas.					
98. Se utiliza el material de descapote para relleno de zonas verdes, almacenándolo tapado.					
99. Se reutilizan los materiales al máximo.					
100. Se separan los residuos al momento de la generación.					
101. Se previene que los residuos se mezclen con suciedad.					
102. Se utiliza equipo adecuado para que los cortes de ladrillo y cerámica favorezcan el uso de todas las piezas.					
103. Se mantiene ordenada la zona de recepción, acopio y transporte de materiales.					
104. Se reusa el escombro como lastre.					

105.	Se reusa la varilla y el perling.					
106.	Se procura desmantelar antes de demoler.					

Otras actividades

Actividades	Desarrollo				
	0	1	2	3	4
Planificación					
1. Se organiza una administración de residuos donde todas las partes estén involucradas en la coordinación.					
2. Se contrata un guarda para el Proyecto.					
3. Se colocan cámaras en la medida de las posibilidades.					
4. Se colocan los materiales que se deterioran con el agua, bajo techo, en tarimas o estantes, con plástico en el piso y encima.					
5. Se incluye en el presupuesto los costos detallados del manejo de residuos, incluyendo responsables.					
6. Se protegen los taludes para evitar erosión.					
7. Se colocan mamparas contra viento.					
8. Se desarrolla un plan de gestión de residuos que incluya: objetivos, metas medibles de residuos y claras responsabilidades dentro del Proyecto para la administración ambiental.					
9. Se colocan estañones o cajas de madera rotulados para colocar los materiales de desecho.					
10. Se revisan las metas de gestión de residuos como parte de las reuniones del avance del Proyecto.					
11. Se crea un formulario donde se describen los residuos, itinerario de gestión, punto de generación y disposición final.					
12. Se tiene una lista de gestores de residuos cercanos a la ubicación de la obra.					
Especificaciones durante la ejecución del Proyecto					
13. Se revisan los bolsos a los trabajadores a la salida de la jornada.					
14. Se entrega materiales y herramientas con boletas o vales.					
15. Se utilizan cascos con el nombre para que estas boletas coincidan con el nombre en el casco.					
16. Se controla que los vehículos que transportan los residuos vayan bien cubiertos.					
Capacitación y comunicación					
17. Se da a conocer al personal sobre sus responsabilidades acerca de la manipulación de los residuos en la obra.					

Programa de manejo de residuos

Actividades	Desarrollo				
	0	1	2	3	4
Planificación antes de las obras					

1. Se identifican la cantidad y volumen de los residuos que se producirán.					
2. Se le solicita a los subcontratados el plan de gestión de residuos.					
3. Se analiza el posible reuso o reciclaje en el sitio o fuera de sitio.					
4. Se especifica el gestor de residuos.					
5. Se analiza las buenas prácticas propuestas.					
6. Se desarrollan/aplican herramientas/actividades para implementar buenas prácticas.					
7. Se identifican los proveedores de materiales y establecen política de entrega de materiales.					
8. Se diseña un sitio apropiado para el acopio de residuos en el área de construcción.					
9. Especificaciones durante la ejecución del Proyecto					
10. Se diseña y colocan carteles indicando la forma correcta de manejar residuos.					
11. Se revisa semanalmente las buenas prácticas y se mejoran los procesos.					
12. Se lleva un control de la cantidad de materiales recuperados para el reciclaje.					
13. Cierre de proyecto					
14. Se elimina todos los residuos del sitio de construcción utilizando gestores autorizados.					
15. Se analiza la información incluida en el plan contra lo que en realidad se reusó, recicló y dispuso en un sitio oficial.					
16. Se determina la economía en materiales y en dinero obtenida producto de la aplicación de la Guía.					
17. Se reporta de manera voluntaria sus resultados a las autoras del documento.					

9 ANEXO 2: GUÍA DE ENTREVISTAS

Entrevista inicial abierta

Con el fin de contextualizar cada una de las empresas participantes, se utilizará la siguiente guía de preguntas abiertas.

1. Datos generales de la empresa y sus encargados.
2. Descripción general de la Empresa y los proyectos que desarrolla
3. ¿Habían escuchado de **Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción** (Abarca Guerrero, L. & Leandro Hernández, A.G. 2016), anteriormente?
4. ¿Actualmente aplican algún plan para el manejo eficiente de los materiales?
5. ¿Tienen una política ambiental?
6. ¿Tienen alguna política respecto a los proveedores y contratistas?
7. ¿Cuentan con algún plan de capacitación para sus trabajadores?
8. ¿Cuentan con un plan o programa de manejo de residuos?

Entrevista a especialista Argentina (vía correo electrónico)

A continuación se presenta una lista de preguntas relacionadas con el formato y contenido de la Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción (Abarca Guerrero, L. & Leandro Hernández, A.G. 2016), con el objetivo de recoger cualquier oportunidad de mejora del documento que usted considere importante.

1. En cuanto al formato y presentación de la guía, considerando que su población meta principalmente los maestros de obra a cargo de una construcción, detectó usted alguna oportunidad de mejora (Tipo de letra, diagramación del documento, Estructura de tablas, Inclusión de imágenes y gráficos).
2. En cuanto al contenido y fondo de la guía, considerando que su población meta son los maestros de obra a cargo de una construcción, detectó usted alguna oportunidad de mejora en cuanto a:
 - a. Lenguaje utilizado
 - b. Temas desarrollados en cada capítulo
 - c. Definiciones incluidas
 - d. Organización y distribución por temas de las buenas prácticas
 - e. Buenas prácticas incluidas
 - f. Formatos sugeridos en Anexos
3. ¿Considera usted que es necesario incluir algún tema o aspecto adicional?

4. ¿Cambiaría algún aspecto de la guía desde el punto de vista didáctico, para facilitar su manejo por parte de los maestros de obras?

¡Muchas gracias por sus aportes y opinión!

Entrevista de cierre

1. Después del proceso constructivo ¿cuál es su opinión general sobre la Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción (Abarca Guerrero, L. & Leandro Hernández, A.G. 2016)?
2. ¿Cómo les fue con la aplicación de los elementos que no tenían implementados (capacitaciones, registros, plan de manejo de residuos)?
 - a. ¿Qué temas fueron los más sencillos de implementar y cuales los más difíciles?
 - b. ¿Qué ventajas o beneficios percibió?
 - c. ¿Alguna limitación?
 - d. ¿Cuáles fueron las barreras para implementarlos?
3. En su caso, se utilizaron nuevos sistemas constructivos... cómo les fue con ellos?. Favor mencionar:
 - a. Beneficios/Ventajas
 - b. Dificultades
 - c. Recomendaciones
4. ¿Cómo les fue con el manejo de los contratistas y la guía? Se adaptaron al proceso?
5. En cuanto al formato y presentación de la guía, considerando que su población meta principalmente los maestros de obra a cargo de una construcción, detectó usted alguna oportunidad de mejora (Tipo de letra, diagramación del documento, Estructura de tablas, Inclusión de imágenes y gráficos).
6. En cuanto al contenido y fondo de la guía, considerando que su población meta son los maestros de obra a cargo de una construcción, detectó usted alguna oportunidad de mejora?

10 ANEXO 3: PLAN DE CAPACITACIÓN VINCULADO CON LA GUÍA

Objetivo	Población meta	Materiales	Medios de divulgación
Informar al sector construcción de la obligación de contar con un PMIR	Integrantes de la CCC Estudiantes del INA del sector construcción	Corto audiovisual de 10 minutos máximo que explique que todo Proyecto constructivo tiene que contar con un programa de gestión integral de residuos y describa en términos generales qué es un PMGIRS, invitando a conocer más al respecto en la página de la CCC.	Bases de datos para divulgar capacitaciones de la CCC y CFIA. Redes sociales de la CCC y CFIA. Web del INA para sector construcción. TEC Digital.
Explicar de forma simple los componentes y acciones de un PMIR	Estudiantes Integrantes CCC y CFIA	Corto audiovisual y archivo de Excel que describa los componentes del Plan y como llenarlo.	Bases de datos para divulgar capacitaciones de la CCC y CFIA. Redes sociales de la CCC y CFIA. Web del INA para sector construcción. TEC Digital.
Explicar la estructura y contenido de la guía, y cómo usarla.	Estudiantes TEC e INA Usuarios que visitan página de la CCC Integrantes CFIA y CCC Asociación de maestros de Obra	Corto o serie de cortos audiovisuales que presente la guía, y cada uno de sus apartados, haciendo énfasis en cómo leerse y cómo aplicarse.	TEC digital Bases de datos para divulgar capacitaciones de la CCC y CFIA. Página web de la CCC. Página web del INA. CD para la Asociación de maestros de obra.