

PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA INCLUSIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Proyecto Final de Graduación: “Propuesta de Metodología para la inclusión de la economía circular en el sector de la construcción en Costa Rica”

Estudiante:

Melissa M. Santana Sáenz

Universidad para la Cooperación Internacional

Director: Luis Dumani

Maestría en Liderazgo y Gerencia Ambiental

Costa Rica

Noviembre 2021

Miembros del Comité Asesor

Olivier Chassot

Tutor

Rosa Melina Armijo Campos

Lector

Ramiro Fonseca

Lector

Melissa Santana Sáenz

Estudiante

Derechos de Propiedad Intelectual

Fecha: noviembre 2021

La suscrita, Melissa María Santana Sáenz, cédula 1-1382-0155, estudiante de la carrera de Maestría en Liderazgo y Gerencia Ambiental de la Universidad para la Cooperación Internacional, manifiesta que es autor (a) del Proyecto Final de Graduación Metodología para la inclusión de la economía circular en el gremio de la construcción en Costa Rica, bajo la asesoría de Olivier Chassot, PhD., quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de este proyecto.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad para la Cooperación Internacional, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis futuros hijos, que espero algún día sigan mis pasos en el respeto y protección de nuestro planeta.

Agradecimientos

Agradezco a mi asesor Olivier Chassot por su disponibilidad para guiarme en este proyecto y aclarar mis dudas.

Agradezco a mi familia por apoyarme en este camino y motivarme a superarme.

Agradezco a mis compañeros de maestría que fueron una red de apoyo en esta carrera y ser una fuente de apoyo para culminar esta ardua etapa.

Agradezco a todas las personas que, aunque no mencione fueron parte de este proceso.

Epígrafe

“Una vez que comprendes la destrucción que está ocurriendo, a menos que hagas algo para cambiarla, incluso si nunca tuviste la intención de causar tal destrucción, te involucras en una estrategia de tragedia. Puedes seguir participando en esa estrategia de tragedia, o puedes diseñar e implementar una estrategia de cambio”

- Michael Braungart, Willian McDonough

Resumen

El sector de la construcción es fundamental para el desarrollo de Costa Rica. Genera reactivación económica, encadenamientos y empleo. Este puede ser visto desde la óptica de inversión en infraestructura de orden público, representado en obras de pequeña y gran escala, o bien, en el sector de construcción del sector privado, desarrollado por capital nacional y/o extranjero representado en distintas escalas. El sector de construcción es la industria que tiene el mayor valor bruto de producción del país con un 9.9% del total (Cámara Costarricense de Construcción, 2019). Por cada CRC100 de demanda en el sector construcción se generan CRC168 en la economía (Cámara Costarricense de Construcción, 2019).

El actual modelo constructivo de "comprar, producir, desperdiciar" está llegando al límite de su capacidad física, ya nos estamos quedando sin espacio en donde desechar materia no orgánica, y esta materia está afectando negativamente nuestro ambiente. La economía circular es una alternativa atractiva que busca redefinir qué es el crecimiento comercial, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad, no solo la empresa. Este proyecto surge de la combinación de la necesidad de generar trabajo, reactivar la economía, e incrementar la utilidad de las actividades constructivas, al igual que dejar una huella positiva de cualquier construcción con la economía circular que involucre la comunidad. Se necesita disociar la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los residuos del sistema desde el diseño y la ejecución. Respaldada por una transición a fuentes renovables de energía, el modelo circular crea capital económico, natural y social basada en tres principios: eliminar residuos y contaminación desde el diseño, mantener productos y materiales en uso, y regenerar sistemas naturales.

Un incorrecto tratamiento de los materiales o remanentes de los mismos implica la imposibilidad de reciclarlos o reutilizarlos para reincorporarlos a la cadena. Debido a esto, durante los procesos de construcción de infraestructuras, se debe tener especial cuidado en la correcta separación del sobrante. Una gestión adecuada de estos residuos (incluyendo los residuos peligrosos) beneficia la sostenibilidad y la calidad de vida, al igual que genera un espacio laboral seguro en la construcción.

Para la elaboración de este proyecto se tomaron experiencias y metodologías aplicadas a nivel mundial desde 1990 al 2021 como son la metodología BIM y Construcción LEAN. Se utilizaron otros estudios y artículos encontrados en internet en relación con estas metodologías,

métodos y opciones de reciclaje, historia de la construcción y la economía circular. La tecnología disponible es la gran limitante de qué se puede reciclar en cada país adecuadamente.

Entendemos que la meta principal de esta propuesta metodológica que elaboré producto de esta investigación, es que se maximice el aprovechamiento de los recursos y estos mantengan el proceso durante el mayor tiempo posible, luego de terminado el proceso que continúen su vida y si ciclo en otro proceso diferente. Además, esta busca concientizar y tomar acciones dentro de cada proceso constructivo. Si bien se puede aplicar a un proyecto completo, su incorporación también puede ser gradual. La importancia siempre es buscar una mejora, y poco a poco ir haciendo el cambio.

Abstract

The construction sector is essential for the development of Costa Rica. It generates economic reactivation, chains and employment. This can be seen from the perspective of investment in public order infrastructure, represented in small and large-scale works, or the construction of the private sector, developed by national and / or foreign capital represented at different scales. The construction sector is the industry that has the highest gross production value in the country with 9.9% of the total (Costa Rican Construction Chamber, 2019). For every CRC100 of demand in the construction sector, CRC168 is generated in the economy (Costa Rican Chamber of Construction, 2019).

The current constructive model of "buy, produce, waste" is reaching the limit of its physical capacity; we are already running out of space to dispose of non-organic matter and this matter is affecting negatively our environment. The circular economy is an attractive alternative that seeks to redefine what business growth is, with an emphasis on benefits for the entire society, not just the company. This project arises from the combination of the need to generate work, reactivate the economy, and increase the usefulness of construction activities, as well as leaving a positive footprint of any construction with the circular economy that involves the community. It is necessary to dissociate economic activity from the consumption of finite resources and eliminate waste from the system from design and implementation. Backed by a transition to renewable energy sources, the circular model creates economic, natural and social capital based on three principles: eliminate waste and pollution from design, keep products and materials in use, and regenerate natural systems.

An incorrect treatment of the materials or remnants of the same implies the impossibility of recycling or reusing them to reincorporate them to the chain. Due to this, during the infrastructure construction processes, special care must be taken in the correct separation of the excess. Proper management of this waste (including hazardous waste) benefits sustainability and quality of life, as well as creating a safe workplace in construction.

For the elaboration of this project, experiences and methodologies applied worldwide from 1990 to 2021 were taken, such as the BIM methodology and LEAN Construction. Other studies and articles found on the internet were used in relation to these construction methods,

recycling methodologies, construction history and the circular economy. The available technology is the great limitation of what can be recycled in each country adequately.

We understand that the main goal of this methodology proposal that I developed as a result of this research is that the use of resources is maximized and they are maintained in the process for as long as possible, after the process is finished, they continue their life and cycle in a different process . In addition, it seeks to raise awareness and take actions within each constructive process. Although it can be applied to an entire project, its incorporation can also be gradual. The importance is always to look for an improvement, and little by little to make the change.

Índice

Derechos de Propiedad Intelectual.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos	iv
Epígrafe.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	viii
Índice.....	x
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Cuadros	xiv
Introducción	1
Antecedentes.....	4
Problema	5
Justificación	6
Objetivos.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos	7
Marco teórico	8
Tipos de residuos en la construcción	8

Trabajos preliminares y movimiento de tierras.....	8
Estructura principal.....	8
Acabados.....	9
Obras por subcontratos	10
Otros residuos	10
Impactos de la construcción debido a sus residuos.....	10
Alternativas existentes para los residuos de la construcción.	17
Metodologías constructivas actuales.....	20
<i>Lean Construction</i>	21
Metodología BIM.....	22
Economía lineal	24
Economía circular	25
Actividades comerciales de interés para valorizar residuos	27
Evolución de la Construcción	31
Marco metodológico	35
Tipo de la investigación	35
Diseño de la investigación	35
Métodos y técnicas de recolección de información	36
Métodos y técnicas de recolección de información	36
Procedimiento de la investigación	37

Resultados	38
Propuesta de metodología para la economía circular en la construcción	38
Paso 1: Matriz de roles.....	39
Paso 2: Identificación, valorización y cuantificación de residuos	40
Paso 3: Manejo de residuos.....	41
Paso 4: Optimización de recursos	42
Paso 5: Identificación del ciclo de vida del proyecto	42
Paso 6: Elección de proveedores.....	43
Paso 7: Ejecución y control del proyecto.....	44
Paso 8: Informe de cierre	46
Paso 9: Plan operativo.....	47
Conclusiones	48
Recomendaciones	51
Bibliografía	52
Anexos	55
Lugares de acopio para diferentes residuos	55
Carta de Aceptación tutor.....	62
Charter del proyecto.....	63

Índice de Figuras

Figura 1 Proporción del consumo global de energía final por sector, 2016:	11
Figura 3: Tipo de edificaciones y su consumo energético	11
Figura 4: Tipo de edificaciones y su consumo energético	12
Figura 5: Tipos de construcciones en Costa Rica en el 2014 por metros cuadrados	12
Figura 6: Residuos de la construcción en Costa Rica	15
Figura 7: Cono de jerarquía de disposición de los residuos.....	20
Figura 8: Tipos de residuos segun LEAN Construction.	21
Figura 9: Flujograma de análisis de procesos en la economía circular.....	27
Figura 10: Centros de acopio San José	56
Figura 11: Centros de acopio San José (2).....	56
Figura 12: Centros de acopio San José y Alajuela.....	57
Figura 13: Centros de acopio Cartago y Heredia.....	58
Figura 14: Centros de acopio Heredia, Guanacaste y Puntarenas	59
Figura 15: Centros de acopio Puntarenas y Limón.....	60

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Composición de la basura en viviendas	2
Cuadro 2 Composición de los escombros	2
Cuadro 3: Materiales más importantes utilizados en el sector de la construcción en Costa Rica	13
Cuadro 4: Variables que causan la generación de residuos en la construcción	16
Cuadro 5: Diseño de la investigación	35
Cuadro 6: Matriz de roles	39
Cuadro 7: Residuos del proyecto	40
Cuadro 8: Manejo de Residuos	41
Cuadro 9: Optimización de recursos	42
Cuadro 10 Niveles de aplicación	43
Cuadro 11: Evaluación y control	44

Introducción

En una economía circular se busca que los recursos aporten el máximo valor y que se mantengan en el proceso durante el mayor tiempo posible (Rovira, 2021). Pasar de una economía lineal (un “usar y botar”) a una economía circular es un gran reto debido a que en Costa Rica y otros países no existe una guía práctica sobre el tema.

En una sociedad que consume los recursos del planeta a una velocidad superior de la que este los produce, la reutilización y la disminución de la generación de residuos en una economía circular se tornan básicos. La economía circular busca la sostenibilidad. Aplicarla a la construcción es una meta ambiciosa que puede crear resistencia y trabas de algunas de las partes interesadas. El sector constructivo presenta uno de los consumos de recursos más importantes y, a su vez, es uno de los sectores que más residuos genera (Cámara Costarricense de la Construcción, 2017). Productos como la madera, el cemento usado, los empaques y residuos de plástico, el papel, o la chatarra, son ejemplos de la gran cantidad de residuos producidos en el sector construcción (Leandro, 2007).

Según la Cámara Costarricense de la Construcción al 2017, los residuos de construcción y demolición (RCD por sus siglas) suponen una gran parte de los residuos totales generados en el país, destacando hormigón, ladrillos, block, yeso, madera, vidrio, metales, plásticos, cartón, papel, químicos, y materiales de escombros y tierra excavada; siendo los químicos, el yeso, los plásticos y metales los más contaminantes. La composición de estos residuos varía según el tipo de proyecto constructivo. Para viviendas se presentan los siguientes porcentajes:

Cuadro 1 Composición de la basura en viviendas

MATERIAL	% en Volumen Viviendas
Papel	25
Cartón	10
Acero refuerzo	0.5
Alambre	0.5
Madera (mezclada con basura)	20
Plásticos	10
Pedazos de Tubos	2
Pedazos láminas	3
Pedazos de bloques	1
Estereofón	3
Tierra	5
Otros: zapatos, cascos, tarros de pintura., comida, etc.	20
Total	100%

Fuente: Leandro, 2007

Cuadro 2 Composición de los escombros

Material	% en Volumen Vivienda
Rebasas de concreto	20
Tierra contaminada (mezclada con otros materiales)	40
Sobrantes de concreto	5
Ladrillos (pedazos pequeños)	25
Pedazos de bloques	5
Otros	5

Fuente: Leandro, 2007

El cuadro 1 habla de residuos en general, es decir basura común, y el cuadro 2 de escombros, es decir de materiales de construcción, el cuadro 1 incluye residuos que se especifican en el cuadro 2, pero no vice versa. Esto nos revela cuál es la importancia real de aplicar una economía circular en la construcción y avanzar hacia una mayor sostenibilidad.

Las municipalidades que otorgan los permisos de construcción deberían de tener una participación más activa, aprovechando redes de contactos de comercios de la zona que puedan utilizar desechos de materias primas productos de la construcción, y exigiendo planes de acción como requisito del permiso de construcción a las empresas, ya sea un plan de gestión de residuos, o contratos de alianza comercial con otros negocios para la valorización de residuos. Esto es muy diferente a un estudio de impacto ambiental puesto que no se trata de medir los impactos y cuantificarlos, sino más bien de tomar acciones con diferentes aliados; adicionalmente no todas las obras requieren de estudio de impacto ambiental por parte de las municipalidades.

Antecedentes

Basado en mi investigación, en Costa Rica no existe mucha documentación propia con respecto a la economía circular en el sector construcción. Dentro de la investigación realizada, únicamente aparece una tesis de gerencia de proyectos del Tecnológico de Costa Rica (Alvarado, 2019). Esta tesis plantea la economía circular aplicada en dos partes: “la primera demuestra la amplitud del campo de aplicación de los conceptos de economía circular en los proyectos de construcción, los beneficios esperados en el desarrollo de los proyectos y el impacto conseguido de algunas empresas que se desarrollan en el país. La segunda parte busca identificar algunos procesos de las áreas de conocimiento del Project Management Institute (PMI) que se les pueda prestar especial atención para aplicar los principios de la economía circular” (Alvarado, 2019). Este documento está muy enfocado dentro del alcance de una economía circular en el marco de la administración de proyecto al estándar del PMBOK séptima edición (por sus siglas en inglés Project Management Body of Knowledge significando administración de proyectos y el organismo del conocimiento), una norma reconocida para la gerencia de proyectos en los Estados Unidos y el PMI una organización que asocia a profesionales relacionados con la Gestión de Proyectos.

En Europa existen varias iniciativas de aplicación de la economía circular para beneficiar a una construcción y a la comunidad como tal. Desde el 2015 se adoptó el primer plan de economía circular por parte de la Comisión Europea¹ que comprende diferentes estrategias conectadas, y el sector de la construcción cabe en la circularidad del proceso de producción en materia prima, utilización de material reciclado, construcción de elementos duraderos y adaptables a diferentes usos, promoviendo iniciativas para mantener terreno permeable, y obtener planes de manejos de residuos.

Por ejemplo, en España, la Fundación Conama, Green Building Council España (GBCe) y RCD Asociación generaron un documento de economía circular enfocada a la construcción como una herramienta hacia el Rumbo 2030. Estos principios de economía circular en la construcción se pueden plantear desde el diseño hasta la ejecución.

¹ [https:// ec.europa.eu](https://ec.europa.eu)

Problema

En los últimos años (2000 – 2021), la economía circular ha empezado a ser más conocida a nivel mundial. Esta consiste en un concepto relacionado con el aprovechamiento de los recursos, y sustituye lo que conocemos como la economía lineal, la cual plantea el aprovechamiento del recurso hasta el punto final de la producción o prestación del servicio. La economía circular busca reinsertar el residuo al ciclo productivo (Alvarado, 2019). A su vez, la construcción es fundamental para el desarrollo de cualquier país.; existen proyectos de infraestructura nacional como hospitales, aeropuertos, carreteras, puentes, edificios educacionales, oficinas administrativas, centros comunales, parques, y otros. En el ámbito privado, también existen proyectos de infraestructura residencial, comercial e industrial, viviendas, oficinas, comercios, hospitales, y diferentes centros recreativos. Indiferentemente si es privado o público, la construcción genera un encadenamiento de trabajo y empleo, incrementando el bienestar del país. A su vez, la construcción es una de las actividades que más impactos provoca al ambiente, tanto las construcciones nuevas como las demoliciones y remodelaciones de estructuras viejas. Los desechos generados por la actividad constructiva de mayor impacto son los que se generan en el entorno urbano y que no están clasificados por las municipalidades como residuos sólidos urbanos, como son los domiciliarios y comerciales. Son residuos inertes, principalmente tierra, áridos mezclados, piedras, escombros de concreto, cerámicas, porcelanatos, yeso, ladrillos, block, vidrios, empaques plásticos, acero, madera, tuberías plásticas y de metal, papel, cartones, químicos y solventes, etc. Actualmente en el 2021, y como es de costumbre, los desechos se deben disponer en un relleno sanitario. No obstante, en ocasiones son quemados en sitio o terminan en lotes baldíos o ríos. Por esto es importante una adecuada gestión de residuos, y lograr el cambio de cultura para un aprovechamiento máximo de los mismos en otras actividades comerciales.

Justificación

Se han realizado múltiples investigaciones a nivel mundial acerca de la capacidad de regeneración del planeta, y del crecimiento desmedido del comercio que ha acelerado el deterioro del ambiente. Esto se debe al modelo lineal de producción y consumo. La construcción se desarrolla luego de una considerable extracción de materias primas, y también es producto de una larga cadena de producción de materiales y acabados diferentes que a su vez ocasionan emisiones y generan su propia huella ecológica. El ciclo de vida de una construcción empieza desde el diseño, pasa por la ejecución, el uso, y la operación. La etapa constructiva representa aproximadamente doce veces más de la huella de carbono que genera la construcción en su etapa de operación (Alvarado, 2019). Por este motivo, aplicar la economía circular a la etapa constructiva es fundamental. Es necesario desarrollar estrategias y guías para los profesionales, clientes, gobierno e instituciones, sobre cómo aplicar la economía circular en la construcción.

Objetivos

Objetivo general

Crear una propuesta de metodología de construcción con economía circular para disminuir los residuos y el impacto ambiental generados por la construcción; dicha disminución siendo pro reciclaje o reutilización, principios de la economía circular.

Objetivos específicos

- Investigar los diferentes impactos ambientales de las actividades constructivas según los diferentes tipos de residuos.
- Investigar posibles usos de los residuos de la construcción en otras actividades comerciales.
- Analizar posibles alianzas entre los constructores y desarrolladores con otros públicos meta para un debido reciclaje o reutilización de residuos.
- Generar una propuesta de procedimiento básico detallado para la correcta aplicación de una economía circular en un proyecto constructivo.

Marco teórico

Tipos de residuos en la construcción

La construcción es un proceso complejo el cual podemos dividir en 4 grupos principales, para efectos de identificar los diferentes desechos. Estas divisiones se hacen según experiencia propia, pero no se limita a nivel nacional ya que son residuos generados propiamente por la actividad. Las actividades principales de las cuales se obtienen estas clasificaciones son las construcciones de vivienda, urbanización, calles y edificios. La proporción de dichos residuos depende de la actividad constructiva a desarrollar, por lo tanto no se detalla, los cuadros 1 y 2 previamente se limitaban a vivienda, y esta clasificación no se limita a vivienda. Cabe aclarar que en este apartado se clasifican los tipos de desechos en 4 fases diferentes, no el ciclo de vida de una construcción.

Trabajos preliminares y movimiento de tierras

Esta etapa consiste en la preparación del sitio para iniciar las labores constructivas, con creación de instalaciones temporales y remoción de capa vegetal al igual que nivelado y conformación del terreno y accesos. En esta etapa de la obra se identifican los siguientes desechos:

- Madera
- Plásticos
- Tierra
- Escombros vegetales
- Escombros de concreto
- Emisiones de gas
- Llantas
- Aceite y lubricantes

Estructura principal

Esta etapa consiste en la construcción de la obra a nivel de obra gris y electromecánica con tubería y cableado. Es decir, se construyen los cimientos, las columnas, vigas, paredes, techos y tuberías necesarias para el futuro funcionamiento del inmueble. En esta etapa se identifican los siguientes desechos:

- Acero de refuerzo
- Acero estructural
- Madera
- Concreto
- Bolsas de papel
- Pedazos de bloques y ladrillos
- Plásticos, tanto reciclables como no reciclables
- Estereofón
- Agregados (arena y piedra)
- Metal (material de cubierta)
- Productos químicos

Acabados

Esta etapa consiste en la colocación de pisos, pintura, cielos, y accesorios como son losa sanitaria, placas eléctricas, lámparas, y otros elementos decorativos de la construcción. En esta etapa se identifican los siguientes desechos:

- Tarros de pintura
- Pintura
- Solventes
- Productos químicos
- Madera de acabados
- Plásticos
- Gypsum
- Estructura de hierro galvanizado (HG)
- Cerámica
- Cartón
- Papel
- Escombros

Obras por subcontratos

Esta etapa consiste en el acceso de diferentes proveedores para colocación de otros tipos de acabados o estructuras ajenas a los que colocan la constructora. En esta etapa se identifican los siguientes desechos:

- Pedazos de metal
- Tubos
- Cables
- Gypsum
- Hierro galvanizado
- Plásticos
- Tarros de pintura
- Pedazos de vidrio
- Pedazos de cerámica
- Cartón y papel

Otros residuos

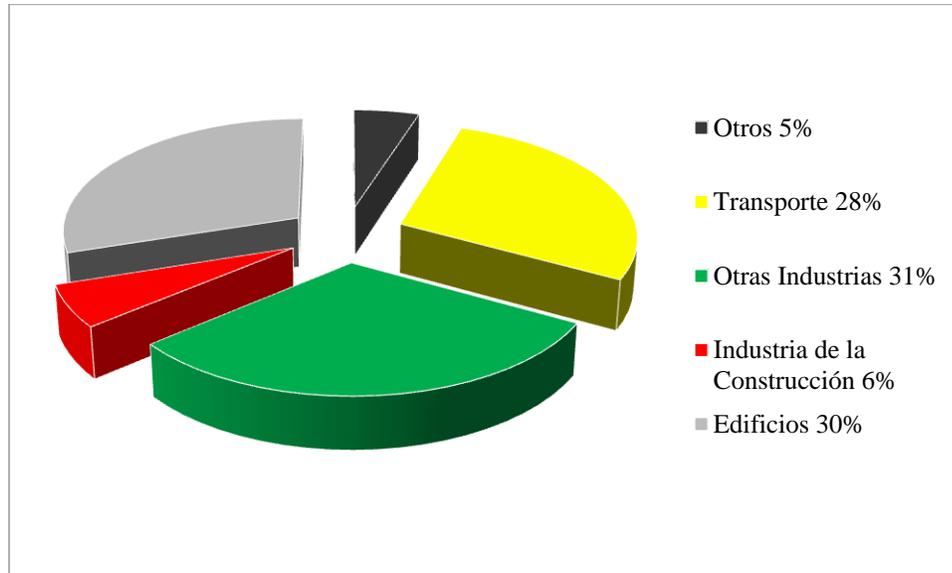
Otros residuos generales de la construcción son:

- Cascos
- Herramientas y repuestos
- Zapatos
- Ropa
- Comida
- Empaques
- Tetrabrick
- Colillas de cigarro

Impactos de la construcción debido a sus residuos

Los proyectos de construcción activan la economía de un país. Según la IEA (Agencia Internacional de Energía) en el 2016 el sector de edificios globales consumió cerca del 30% del uso de energía final para el 2016 (Figura 1). La construcción y fabricación de materiales como el acero y cemento representó el 6% del uso final de energía global estimada.

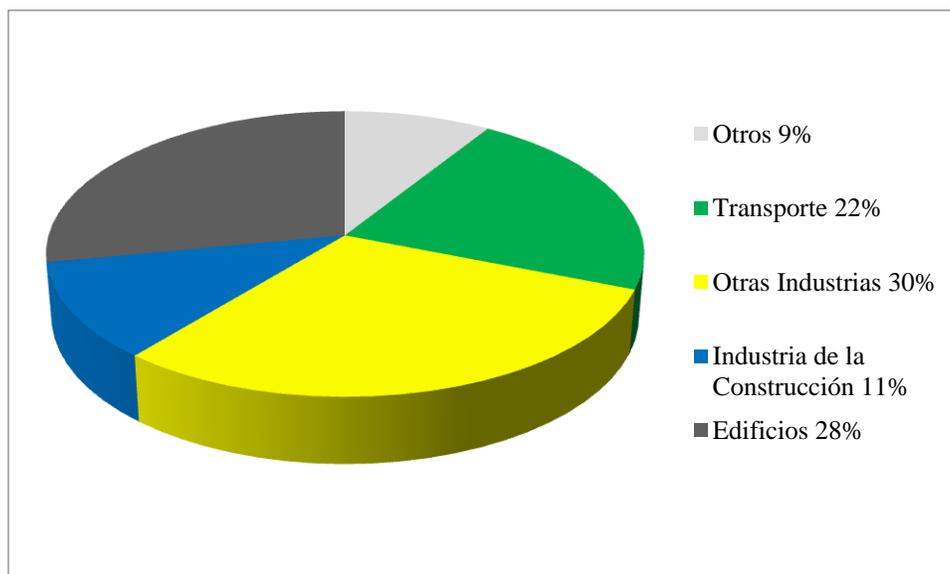
Figura 1 Proporción del consumo global de energía final por sector, 2016:



Fuente: derivado de IEA (2017), Estadísticas y balances energéticos mundiales, IEA / OCDE, París, www.iea.org/estadisticas.

A nivel de emisiones globales de dióxido de carbono (CO²), los edificios representan un 28% y su construcción el 11% (ver Figura 3).

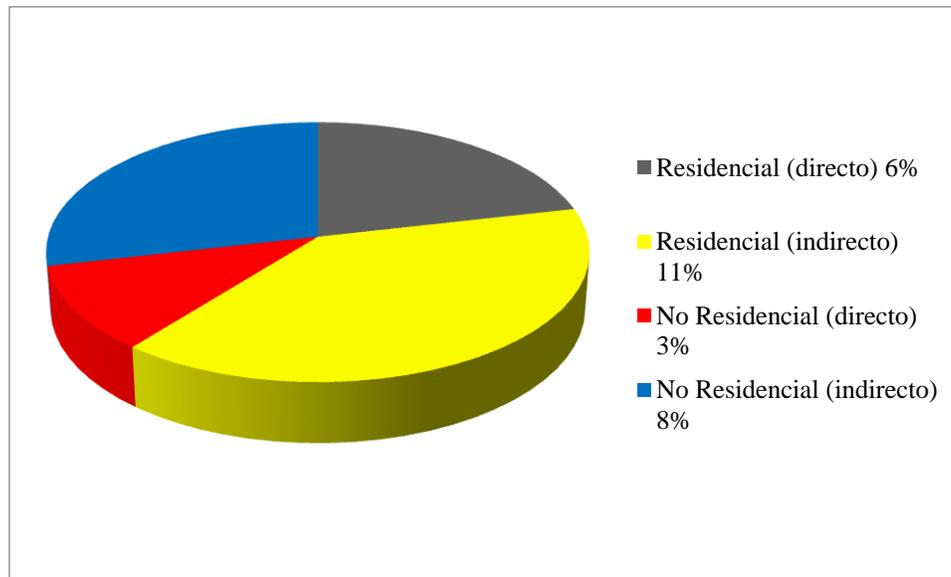
Figura 2: Tipo de edificaciones y su consumo energético



Fuente: derivado de IEA (2017), Estadísticas y balances energéticos mundiales, IEA / OCDE, París, www.iea.org/estadisticas.

Los edificios se dividen según la Figura 4 presentada a continuación:

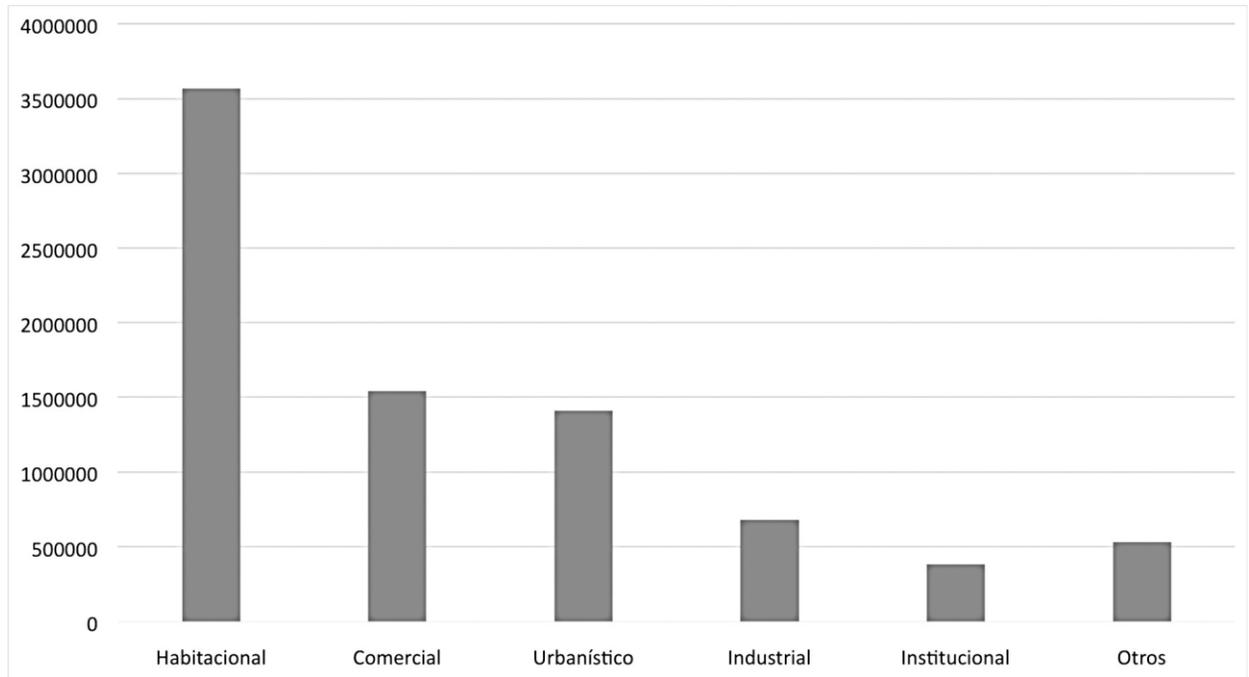
Figura 3: Tipo de edificaciones y su consumo energético



Fuente: derivado de IEA (2017), Estadísticas y balances energéticos mundiales, IEA / OCDE, París, www.iea.org/estadisticas.

Al 2021, a nivel nacional, los estudios de cantidad y tipo de residuos son escasos. La Figura 5 muestra los diferentes tipos de construcción realizados en 2014, excluyendo actividades de infraestructura como son puentes, calles, movimientos de tierra. En la variable “otros” se incluyen obras complementarias, turísticas, deportivas, sanitarias, salud, agroindustriales y religiosas (CFIA, 2014).

Figura 4: Tipos de construcciones en Costa Rica en el 2014 por metros cuadrados



Fuente: CFIA, 2014

De estas construcciones, según el estudio de Abarca y Leandro, 2016 se tienen los siguientes materiales como los más importantes y su procedencia:

Cuadro 3: Materiales más importantes utilizados en el sector de la construcción en Costa Rica

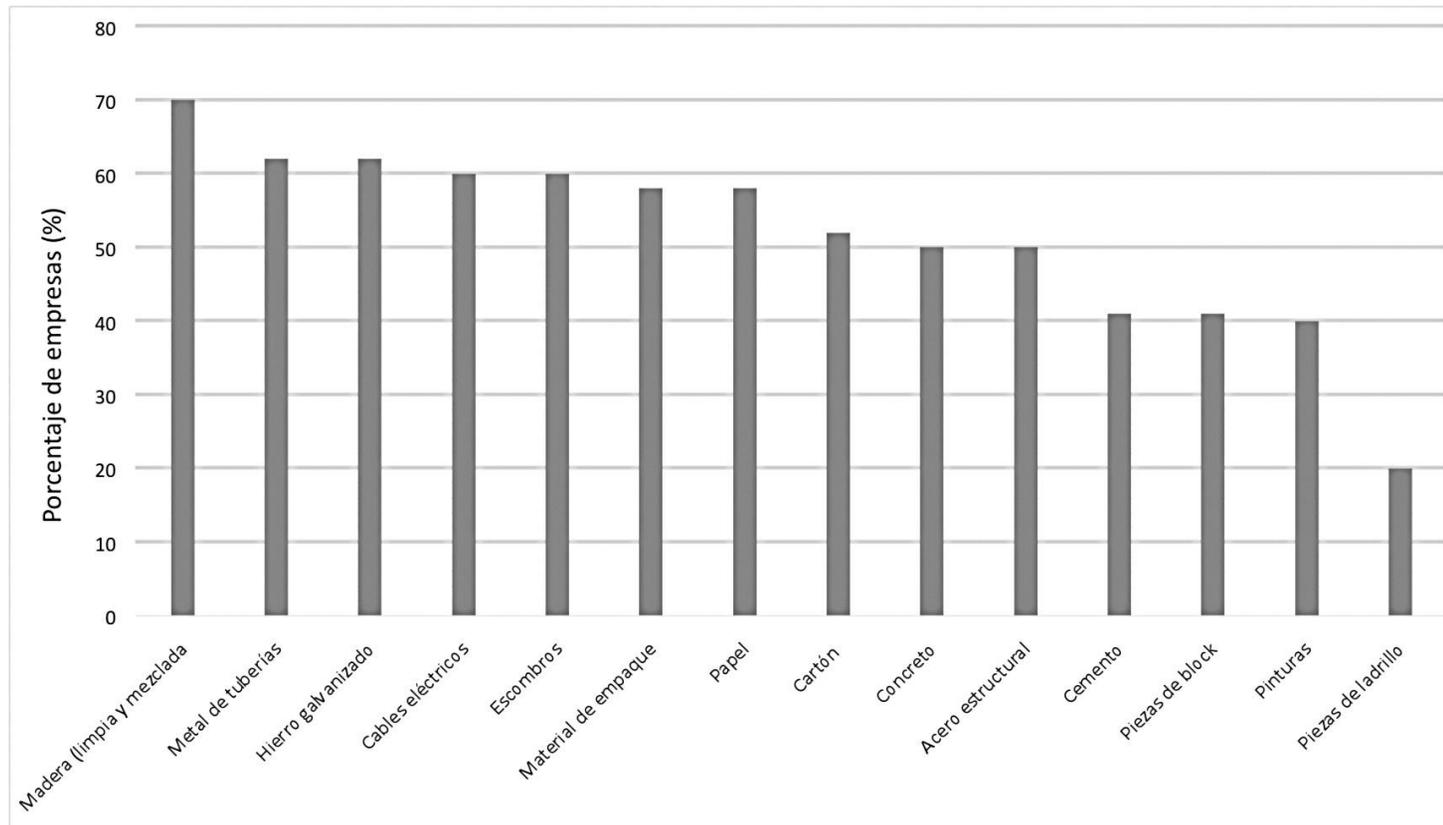
Material	Uso	Origen
Arena	Materia prima	Costa Rica
Cemento	Materia prima	Costa Rica
Piedra (1, 1,9, 2,5 y 3,7 cm)	Materia prima	Costa Rica
Concreto	Piso y paredes	Manufacturado en Costa Rica
Block	Paredes	Manufacturado en Costa Rica
Madera (aserrada)	Marcos, puertas estructuras en madera	Costa Rica
Acero/hierro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

Fuente: (van Twillert, 2007; Abarca-Guerrero et al., 2008a).

Según el estudio de Abarca y Leandro (2016), en primer lugar, los residuos consisten en madera sucia y limpia, utilizada como codales, formaletas para vigas y columnas, yuguetas para trazo, y equipo temporal como mesas de trabajo y estacas; la madera utilizada no es de una especie en particular, se utiliza madera suave que no tienen la calidad, tiempo de secado, y

dureza para ser utilizada en muebles o elementos estructurales. En Costa Rica se encuentran entre ellas cebo, fruta, pino costarricense, ceibo, cipres y otras. Luego el metal, producto de sobrantes de cubierta, y estructura de paredes y techos. Se desconoce el tamaño de dichos residuos ya que en el país no se lleva un control de este tipo. El estudio buscó obtener información cuantitativa sobre la cantidad de residuos que se producen en la actividad, desafortunadamente, las empresas no pudieron entregar valores confiables, ya que, en general, no disponen de esa información, puesto que no es obligatorio llevar tales controles.

Figura 5: Residuos de la construcción en Costa Rica



Fuente: Abarca y Leandro, 2016

El sector de la construcción tiene un alto potencial para realizar mejoras en sus procesos y lograr la sostenibilidad. Por este motivo considero se debe establecer alguna metodología para lograr un mejoramiento en la productividad del sector desde la perspectiva de gestión de materiales y del recurso humano. Existen premios como el Premio Construcción Sostenible de la Cámara Costarricense de la Construcción, no obstante no existe una metodología como tal para las obras en Costa Rica.

Se tiene el análisis de Abarca y Leandro de las variables que causan residuos, la cual se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Variables que causan la generación de residuos en la construcción

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

Fuente: Abarca y Leandro, 2016

Es importante notar que el valor promedio en el Cuadro 4 se calcula sumando los valores de la multiplicación de la frecuencia de respuestas de la variable correspondiente y el valor de cada opción (van Twillert, 2007; Abarca Guerrero, 2007; Abarca Guerrero et al., 2008a,b; 2009).

Alternativas existentes para los residuos de la construcción.

De los residuos de la construcción en Costa Rica, un alto porcentaje es reciclable, existen empresas que reciben material de reciclaje por un monto monetario. No obstante, normalmente estos residuos terminan en botaderos clandestinos, provocando obstrucciones en ríos, terrenos, y vías públicas, provocando así riesgos a la salud humana.

En el 2021 en Costa Rica la separación en el origen de los residuos es inadecuada o inexistente en las obras residenciales ya que no existe un ente que lo regula, no es obligatorio. Es necesario verificar los residuos valorizables y rescatarlos. Los escombros pueden ser utilizados en rellenos sanitarios para la estabilización de suelos.

Como ejemplo de buenas prácticas, actualmente Holcim cuenta con una sub-empresa llamada Geocycle¹ que trata una amplia variedad de tipos de residuos de construcción incluyendo madera, escombros, concreto, hules, llantas, cartón, plásticos, equipo de protección personal en desuso, gypsum, asfaltos, material eléctrico, estereofón, trapos, textiles, metales y una amplia variedad de residuos peligrosos tales como tierras contaminadas, aceites, hidrocarburos, solventes, pinturas, aditivos cementicios, resinas, selladores, etc. Geocycle se presenta como una excelente aliada para el debido manejo de residuos.

El Ministerio de Salud y el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) facilitaron el Plan de Residuos Sólidos de Costa Rica (PRESOL, 2008). El Plan propone acciones que se orientan a la reducción de residuos, la recuperación de materiales, el aprovechamiento energético y el tratamiento de residuos. Las acciones de dicho plan fueron definidas con la participación de actores comunitarios, de instituciones públicas, académicas, organizaciones sociales y gobiernos locales.

A continuación se indican algunas alternativas para el uso del escombro como estabilizador de rellenos sanitarios o creación de caminos:

1. Relleno Sanitario Los Mangos, Alajuela.

2. Relleno Sanitario de Garabito
3. El Parque Técnico Ambiental de EBI

Estas alternativas son especialmente útiles en demoliciones, remodelaciones y reparaciones de calles.

Los materiales que se encuentran en los escombros y que pueden ser aprovechados en la fabricación de agregados reciclados pertenecen a dos grupos:

1. Materiales compuestos de cemento, cal, arena y piedra: concretos y bloques de concreto.
2. Materiales cerámicos: tejas, tubos, ladrillos, baldosas.

Un tercer grupo de residuos, no aprovechables en agregados reciclados, pero que pueden ser aprovechados en otras actividades son:

1. Tierra, yeso, metal, madera, papel, plástico, cartón, materia orgánica, hules, telas y vidrio.
2. Los envases de papel, cartón, vidrio y metal pueden ser recogidos para reuso, reciclaje o valorización por co-procesamiento, reciclaje simultáneo de materiales minerales y a la recuperación de energía dentro de un único proceso industrial: la fabricación de cemento (Geocycle, 2021).
3. Materiales o subproductos valorizables en buen estado que se pueden reusar. Por ejemplo, ventanas, puertas, electrodomésticos, accesorios y equipos de cocina y sanitarios
4. Asfalto: la mayor parte del pavimento reutilizado se procesa para formar una capa de base de carretera, pero hasta el 40% puede incluirse en nuevos pavimentos si se lleva a las plantas de asfalto. El pavimento de asfalto se procesa solo o con el hormigón y otros escombros. El tipo de Asfalto que se usa en Costa Rica es el AC-30 según el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) el cual es de alta viscosidad, lo que limita las posibilidades de usar otras técnicas de mantenimiento en las que se utilizan las emulsiones asfálticas.

¹ <https://www.geocycle.com/costa-rica>

5. Hormigón: se procesa para usarlo como capa de base de carreteras, áridos de pavimentos asfálticos y como sustituto de grava en el árido de hormigón nuevo.
6. Madera: los procesadores normalmente solo aceptan madera limpia, pero en la construcción la madera normalmente pasa llena de cemento y de otros componentes. Es por este motivo que lo mejor es llevarla a triturar, clasificar y separarla de metales férricos magnéticamente. Una vez esta ha sido procesada, se conocen varios usos, en los cuales el porcentaje de utilización depende de la capacidad de cada planta, sin orden en particular se enumeran:
 - a. En fábricas de pulpa y papel
 - b. Compostajes de fangos de plantas de tratamiento de aguas residuales
 - c. El aserrín y la burucha se utilizan en granjas y lugares que albergan animales.
7. Metales: se funden nuevamente para su aprovechamiento. Estas se pueden disponer en chatarrerías. En Costa Rica, al 2021 el precio de metales reciclados de derivados de la industria de la construcción oscila en 400 colones el kilo.
8. Pinturas: se pueden mezclar las pinturas compatibles para generar un volumen mayor de producto y donarlas a algún centro u hogar que necesite mantenimiento.

En resumen, existe el reciclaje, la recuperación, el reuso y la disposición final.

Si bien tratar de reutilizar baja el impacto ambiental de la actividad, es mejor aplicar el Cono de Jerarquización de la Producción más Limpia (Figura 7).

Figura 6: Cono de jerarquía de disposición de los residuos



Fuente: Cono de jerarquía de disposición de los residuos (Centro Nacional de Producción más Limpia (CNP+L) de Costa Rica, 2021)

Metodologías constructivas actuales

Como parte de la evolución de la industria de la construcción, cada año se implementan nuevas tecnologías y nacen nuevas metodologías que buscan ser más efectivas, por lo que más adelante en este documento se detallará esta evolución; por el momento podemos decir que la efectividad de la construcción se sigue midiendo en forma tradicional por la reducción de costos, la calidad del producto final, y el tiempo de ejecución.

Podemos definir una metodología como la serie de métodos y técnicas de rigor científico que se aplican sistemáticamente durante un proceso para alcanzar un resultado válido, funciona como el soporte conceptual que rige la manera en que aplicamos los procedimientos. A continuación se presentan dos metodologías constructivas que se conocen a nivel mundial: *Lean Construction*, y BIM. Ambas están consolidadas como metodologías en la construcción.

Lean Construction

El *Lean Construction* se define como la optimización de las actividades que agregan valor a un proyecto constructivo mientras se reducen o eliminan las que no lo hacen. Para ello, *Lean Construction* desarrolla herramientas específicas aplicadas a la ejecución de obra y a instaurar un sistema productivo que elimine o minimice los residuos. Se definen 8 categorías de desperdicios o residuos (Figura 8):

Figura 7: Tipos de residuos según LEAN Construction.



Fuente: www.practicorte.com

La metodología cuenta con varias herramientas que se pueden implementar de manera conjunta o individualmente. Estas herramientas son:

- *Lean Project Delivery System (LPDS²)*: LPDS es una metodología de trabajo propia de *Lean Construction* basada en un proceso de colaboración integral, requiere entender el proceso constructivo como proceso generador de valor en el

cual los diferentes agentes involucrados aparecen al comienzo de la concepción del proyecto.

- Ejecuciones Integradas al Proyecto (IPD³): EL IPD se entiende como el conjunto de acciones que tienen como objetivo la unificación de criterios en la gestión de sistemas, prácticas empresariales y personas involucradas.
- *Last Planner System*⁴: El *Last Planner System* es un método de control de producción diseñado para entregar un flujo de trabajo fiable y un aprendizaje rápido. Para ello, se integra en la programación la consideración sobre las prácticas ideales, las prácticas factibles, las prácticas que se llevarán a cabo, y las prácticas que ya se han llevado a cabo.
- Medición de Pérdidas: Según la metodología supone el estudio cuantitativo del tiempo de permanencia en obra de los trabajadores. A través del análisis de la distribución del tiempo de las cuadrillas se estima la productividad y se detectan las actividades a optimizar.

La metodología Lean motiva a las personas a eliminar los residuos, ya que son esfuerzos o recursos que no crean valor. No siempre es obvio ni fácil de identificar estos residuos no valorizables, y se sabe que el residuo no se puede eliminar fácilmente, pero se motiva a generar esfuerzos para minimizarlos.

Metodología BIM

La metodología BIM (modelado de información para la edificación) es una metodología de trabajo colaborativo, en donde se centra la información de interés de un proyecto y hay un intercambio fluido de esta información entre los diferentes participantes e interesados del proyecto. El concepto principal de centralizar la información en un solo lugar, es que esta sea

² <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/qu%C3%A9-es-el-sistema-lean-project-delivery-system>

³ <https://leanipd.com/>

⁴

https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/chapterpdf/israel/Last_Planner_System_Business_Process_Standard_and_Guidelines.pdf

revisable y corregible a través de diferentes plataformas o sistemas de apoyo tecnológicos (no institucionales), podemos tomar como ejemplo Chile que implementó PlanBIM con capacitaciones gratuitas. Para lograr esto, se utilizan formatos de interoperabilidad generados por los distintos programas que usan los participantes.

BIM⁵ es el proceso de generación y gestión de datos de un proyecto desde su diseño y conceptualización, planificación, construcción y operación, utilizando un software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real. A través de esta metodología se podemos obtener la información completa del edificio: geometría, relaciones espaciales, información geográfica, así como las cantidades y las características de sus componentes.

Una de las mayores ventajas a nivel de aplicación de la metodología BIM viene derivada del trabajo multidisciplinar, ya que se aplican métodos para la comprobación de interferencias de las diferentes disciplinas por medio de la tecnología. Otra gran ventaja para el cliente y el constructor es que existe una integración de los planos en dos dimensiones y el modelo en tres dimensiones, eliminando discrepancias entre una y la otra. Por último, se genera de forma efectiva toda la documentación del proyecto, como son presupuestos, planificación de estructuras, fichas técnicas, especificaciones, y demás documentación consiguiendo un aumento de la productividad y, por tanto, un ahorro de tiempo y costos.

Además, a través de BIM, podemos conocer el impacto energético de cada uno de los materiales que componen la obra. De este modo, se podrán crear edificios inteligentes⁶ cada vez más integrados con el entorno, sostenibles y eficientes.

El Plan BIM cuenta con 4 pilares fundamentales:

1. Estrategia: se debe identificar como BIM agrega valor al trabajo de las personas, y como aumenta la competitividad.
2. Personas: define la estructura organizacional y los roles y perfiles necesarios para desarrollar las acciones vinculadas a BIM y la difusión de la metodología.
3. Procesos: se debe entender cómo se realizan las actividades necesarias para crear o modificar productos y/o servicios, identificando los responsables y sus roles. Se

⁵<https://www.buildingsmart.org/>

busca una mejora continua, gestión, seguimiento y control efectivos para el buen uso de los recursos.

4. Tecnología: en donde se involucran los recursos tecnológicos de apoyo alineados a las necesidades identificadas.

Implementar BIM implica un cambio en la metodología de trabajo de la empresa consultora, constructora, proveedores y clientes. Todos deben estar alineados con la metodología y centralizar la información sobre la plataforma principal. En Chile con PlanBIM se han implementado mejoras de comunicación, identificación de interferencias de diferentes disciplinas previo a la construcción de la obra, resultando en la reducción de riesgos.

Los proyectos constructivos, por su naturaleza, son multidisciplinarios y colaborativos desde el inicio hasta su final ya que no solo los ejecuta una sola empresa o proveedor, por ejemplo se requiere de diferentes subcontratistas (muebleros, vidrieros, hojalateros) y diferentes proveedores, tanto ferreterías o distribuidores. Por lo tanto, los programas deben cumplir ciertas características para asegurar la interoperabilidad sin que se pierda información importante.

Gran parte de la metodología se basa en el modelo 3D, el cual debe ser coherente, donde la información 2D coincide con la 3D; esto permite generar programaciones temporales, control de costos, sostenibilidad y análisis energético, administración del inmueble, y muchas cosas más.

La mayor innovación en esta metodología BIM consiste en que es la primera vez que se aprovechan los avances tecnológicos a manera macro para todo el proceso constructivo, desde la etapa de diseño hasta la etapa operativa. Si reflexionamos, es la primera metodología que abarca todos los ámbitos cliente, profesional, proveedor centralizado en un solo sistema de gestión de información.

Economía lineal

La economía lineal se podría considerar como el resultado del proceso histórico de la revolución industrial (Toni, 2019). Este modelo económico se basa en que tanto la producción

⁶ En CR un edificio inteligente es considerado un edificio que genera ahorros energéticos. Uno de ellos es el Centro de Servicios y Distribución de la farmacéutica Roche para Centroamérica y el Caribe, situado en la zona franca Ultrapark, en La Aurora de Heredia y que tiene 5.000 metros cuadrados.

como la demanda son constantes, y los recursos naturales y energéticos infinitos. En muchos casos, los recursos son extraídos y transportados a lugares a mucha distancia de su origen.

La mayor limitante de una economía lineal es que los recursos no son infinitos; habrá algún momento en que no habrá materia prima, ya en si la generación de residuos de productos como son el “fast fashion” en donde se compra ropa de muy bajo costo que sirve dos o tres puestas debido a su baja calidad, va a ser insostenible para el planeta (Crumbie, 2021). La economía lineal simplemente no es sostenible y es un modelo desactualizado.

Economía circular

La economía circular es un concepto que engloba todas aquellas empresas, proyectos e iniciativas que emplean una economía sostenible, cuyo objetivo sea que el valor de los productos, materiales y recursos se mantengan en el círculo económico durante el mayor tiempo posible. El objetivo de la economía circular es generarle vida útil de los residuos, convirtiéndolos en recursos, para implementar una economía justa, social, colaborativa y sostenible, que huya del actual sistema lineal de “usar y tirar” (Rovira, 2021).

Se basa en tres pilares:

1. El eco-diseño para minimizar anticipadamente la generación de residuos y el impacto ambiental.
2. Alargar y optimizar el uso de los productos.
3. La recuperación de valor una vez que éstos llegan al final de vida mediante la re-manufactura, la reutilización, y el reciclaje.

La economía circular no solo se puede ver a nivel constructivo, sino también operativo, en mejora de procesos, logística, y sostenibilidad.

Uno de los problemas que enfrenta la economía circular es que muchos productos son difíciles de reciclar o desmontar, como por ejemplo la espuma de poliestireno (popularmente nombrada como el estereofón por una marca registrada que la comercializa), químicos encontrados en solventes y pinturas, vidrios quebrados, etc. Los productos actuales no tienen en cuenta la gestión de los residuos y por ahora no toman en consideración el fin de su vida útil. En general, el rol del consumidor será esencial para que la economía circular se llegue a consolidar; en construcción, el rol del consumidor es ser consciente con la elección de acabados,

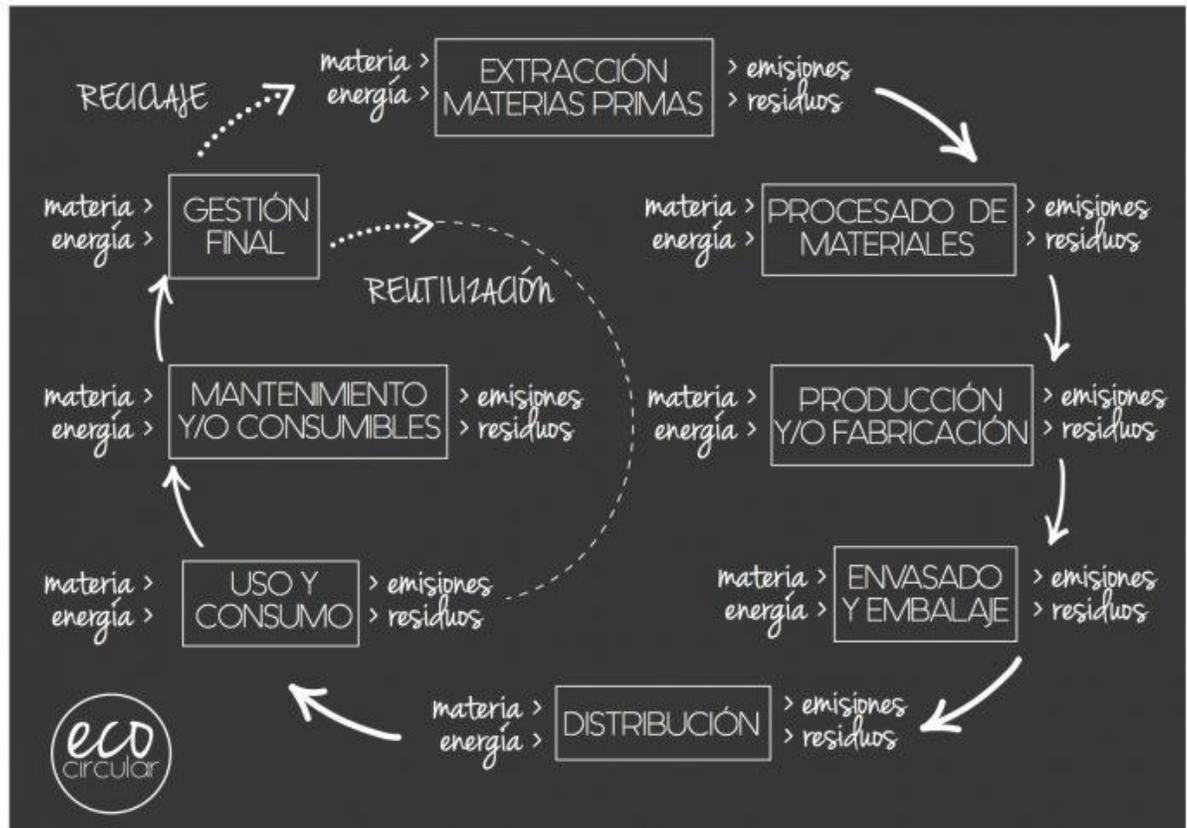
y la reducción de cambios que generan demoliciones y desperdicios y también influye el nivel de diseño, en donde debe dejarse asesorar para obtener un diseño final de una construcción sostenible y eficiente considerando que nos enfrentamos con una eventual escasez de materia prima, como la de diferentes metales que ha afectado en el 2021 la disponibilidad de conductores eléctricos, formaletas y techos de hierro galvanizado.

La obsolescencia programada, en donde los productos tienen una vida útil programada debe de replantearse. Es mejor tener la opción de reparar, actualizar, modernizar un producto que desecharlo por completo y adquirir uno nuevo.

La obsolescencia programada nació el 23 de diciembre de 1924 cuando fabricantes de bombillos se reunieron en Ginebra y se comprometieron a limitar la vida útil de sus productos de 2.500 horas a 1.000 horas. Esto fue un inicio de una nueva era de consumo, tal como quedo escrito en una revista llamada *Printer's Ink* en 1928: "Un artículo que no se desgasta es una tragedia para los negocios". Hoy en día, esto ha evolucionado en querer actualizarse tecnológicamente, como es querer un iPhone nuevo teniendo uno que funciona. Ya en Europa hay iniciativas que sancionan la obsolescencia programada, por ejemplo Francia que sanciona con dos años de cárcel y multas de 300.000 euros a las empresas que violen los derechos del consumidor. Existe *Halte à l'Obsolescence Programmée*, conocido como HOP, organización que demanda a fabricantes y presiona a legisladores para tomar acciones en contra de la obsolescencia programada. En la construcción, debido a remodelaciones y mantenimientos, podemos decir que alargamos la vida útil de un inmueble.

Para poder analizar la economía circular, en muchos casos, se requiere de un análisis de ciclo de vida del producto o servicio. Esto es una metodología que permite estimar y evaluar los impactos que un producto o servicio puede tener sobre el medio ambiente abarcando todas las etapas de su vida (Figura 9).

Figura 8: Flujo de análisis de procesos en la economía circular



Fuente: <https://eco-circular.com/que-es-la-economia-circular/>

El sector de la construcción moviliza más recursos naturales, especialmente no renovables, por la que es clave su reconversión a una economía circular dado que su optimización y menor uso de recursos va a colaborar a generar un sistema económico menos dependiente, más competitivo y resiliente ante crisis económicas y ambientales.

Actividades comerciales de interés para valorizar residuos

Previamente, hemos identificado los diferentes residuos producto de una construcción. Ahora se plantean diferentes negocios o actividades que pueden valorizar dichos residuos, utilizándolos como materia prima.

Se clasifican de la siguiente manera:

1. Productos de metal como acero de refuerzo, acero estructural, material de cubierta, tarros de pintura, estructura de HG, pedazos de meta, tubos y herramientas que se pueden aprovechar en chatarreras para fundir de nuevo, funcionando como recicladoras de metales. También existe la oportunidad de convertirse en insumos utilizados por artesanos y escultores.
2. Residuos de madera como son formaletas, codales, sobrantes de trabajos de ebanistería (puertas, muebles, rodapiés, etc.), se pueden utilizar en una empresa llamada PELLETICS⁷ empresa ubicada en la región de aserraderos en Muelle de San Carlos, dedicada a la producción de biomasa en forma de pellets. En Costa Rica el papel se importa en su mayoría, pero también se podría colocar madera en fábricas de papel y cartón. Las formaletas en buen estado se pueden utilizar en otros proyectos, ya sean de la misma constructora o bien de otra constructora que esté en un proyecto cercano.
3. Residuos de origen del cemento como concreto, escombros, pedazos de bloques y ladrillos, agregados, pueden utilizarse para estabilizar rellenos sanitarios, relleno de huecos en calles de lastre, mejoramiento de calles en rellenos sanitarios y comunidades alejadas, reutilización en drenajes, al igual que para la elaboración de concreto reciclado. También se puede ofrecer estos escombros que estén ocupando material para relleno o conformación de calles temporales en otros proyectos. En Costa Rica ya varios desarrolladores los utilizan y vecinos con iniciativa los usan para relleno de huecos en las vías.
4. Residuos de empaque y otros elementos reciclables y no reciclables como bolsas de papel, plásticos, cartón, cascotes, pedazos de vidrio, envases de tetrabrik, stereofoam, y ropa no solo se pueden reciclar, si no también aprovechar en las siguientes empresas o actividades:
 - a. Generación de láminas de plástico reciclado, por ejemplo, en empresas como ipp Plástico⁸.

⁷ <https://pelletics.com/>

⁸ <http://ipplastico.com/>

- b. La sede de Coyol de la Dos Pinos recibe envases de tetrabrick para reutilización en láminas de plástico para pupitres, y casas de perro, láminas para techo, entre otros usos.
 - c. La ropa y zapatos en desuso, normalmente no se pueden reutilizar en donaciones por que quedan muy deterioradas durante la construcción, se pueden reciclar para hacer aislantes, e inclusive hay empresas que a nivel mundial hacen ropa reciclada. Como por ejemplo Verde Universal⁹.
 - d. Los cartones y plásticos, antes de su reciclaje se pueden reutilizar para protección de superficies dentro de la misma obra, y almacenamiento de productos en uso.
 - e. El stereofoam se puede utilizar en viveros, fábricas de lámina de durock o cemento liviano, aislantes, talleres de ebanistería (para sellar la madera agregándole thinner, diluyente). Si bien ya este producto está prohibido, existen materiales como entrepisos y empaques de equipo que vienen con stereofoam.
5. Las colillas de cigarro y tampoco la comida son reciclables. La comida se puede compostar. Sin embargo, las colillas de cigarro no se pueden reciclar en Costa Rica. En el ámbito internacional existen empresas como InnovaGreen Systems¹⁰, Mantis¹¹, y TerraCycle¹² que tratan las colillas y las convierten en plástico y ropa.
 6. El gypsum se puede reutilizar; no obstante, se tiene que tratar, humedeciendo, moliendo y secando de nuevo. En Costa Rica no existen empresas que hagan esto, pero se podría buscar a un escultor o artista que pueda aprovechar dicho material o bien una universidad o colegio, para sus cursos de bellas artes o artes plásticas que puedan utilizar esta materia como materia prima para trabajos de yeso.
 7. Los cables y retazos de cerámica se pueden utilizar con artesanos, escultores, y artistas, también fabricantes de pilas de concreto y otros productores.

⁹ <http://verdeuniversal.com/>

¹⁰ <https://www.innovagreen.com/>

¹¹ <https://mantis.com/>

¹² <https://www.terracycle.com/en-US/>

¹³ www.borsicca.org

También el interesado puede consultar en el Mercado de Residuos y Subproductos Industriales de Costa Rica (Mersi), de la Cámara de Industrias, y el Centro Nacional de Producción Más Limpia¹³.

Evolución de la Construcción

La construcción es la acción de fabricar edificaciones e infraestructura, desde refugios hasta edificios, y desde caminos hasta calles, muelles, aeropuertos, túneles, puentes, etc.

En primera instancia el hombre construía sus viviendas de arcilla, pero en el proceso evolutivo, la piedra comenzó a ser utilizada. Con el paso del tiempo aparecieron ciudades enteras que necesitaban protección. Es por esto que se hizo necesario construir muros y estructuras defensivas al igual que estructuras ostentosas para que personas de la historia dejaran su legado, lo que a su vez impulsó el desarrollo de la arquitectura y la ingeniería.

Conforme se necesitaba construir obras más grandes y fuertes, se comenzó a crear nuevos materiales y tecnologías para la construcción. Muchos edificios fueron construidos con el material con el que la región más contaba. Por ejemplo, el coliseo romano, las pirámides egipcias, las catacumbas de París.

A partir del siglo XVIII (Bardhal, 2021) aparecen los primeros planos para la construcción de ciudades y el desarrollo de las mismas, es evidente ya las ciudades existían no obstante hasta esta fecha empezaron a surgir planos como tal. Se empezó a asignar condiciones especiales para la construcción como plazos requeridos y leyes que se aplicaban en la construcción, lo que a su vez disciplinaba mucho a los trabajadores.

El desarrollo de la construcción formalmente tuvo lugar a principios del siglo XX, pero la ejecución se llevó a cabo con la ayuda de mano de obra pesada, equipo de construcción prácticamente no existía. Normalmente construían obras privadas que tenían una base material débil.

Debido al pequeño tamaño de la obra, la mano de obra barata y las malas condiciones climáticas, la producción de máquinas de construcción estaba a un nivel muy bajo, lo que implicaba largos plazos a la construcción de edificios.

Después de un corto período de tiempo, fueron las tecnologías y equipos de construcciones como excavadoras, niveladoras, y mezcladoras de concreto los que se utilizaron en relación con la menor utilización de mano de obra. También se mecanizaron otros aspectos de la construcción, lo que permitió reducir el tiempo de construcción.

Un gran salto llegó en los años de la Unión Soviética, que comenzó a crear nuevas máquinas para la construcción (Bardhal, 2021). Después de la Segunda Guerra Mundial se logró

un gran éxito en la ingeniería para la restauración y el restablecimiento de las ciudades.

Comienza la primera industrialización y automatización de fábricas y empresas (Bardahl, 2021).

Con el desarrollo de la arquitectura y la construcción en general, se empezaron a aplicar tecnologías completamente nuevas. Se fabricaron nuevas variedades de concreto que incrementaron su resistencia a la compresión. La construcción en el siglo XIX (Moro, 2017) comienza con el estudio de suelos, lo que garantiza el funcionamiento a largo plazo de la estructura ya que se tienen los parámetros necesarios para diseñar la cimentación que vaya a soportar el peso de la edificación.

La construcción monolítica o prefabricada, que permite construir estructuras de concreto armado en muy poco tiempo, también se ha hecho muy popular. Esta construcción es la más común a nivel latinoamericano. También se construye en acero, madera y otros sistemas prefabricados livianos.

Desde el siglo XIX, si comparamos con los avances tecnológicos en otros procesos de manufactura, la construcción no aprovecho a gran escala el salto tecnológico que hemos tenido a nivel generacional; es por esto que observo que la construcción se vio estancada en la evolución.

Hasta los últimos 15 años se empezó a avanzar y aprovechar la tecnología en la construcción con programas con modelado en tres dimensiones, pasando de dibujo en dos dimensiones.

Autodesk empezó con el programa de dibujo digital Autocad en el año 1982. Se puede decir que su programa evolucionado, a pesar de que Autocad todavía se usa, es el Revit, el cual salió al mercado en el año 2000.

Con respecto a las metodologías investigadas en este documento, LEAN construction nació a finales del siglo XX cuando la Toyota abarcó el 40% del mercado japonés aplicando una filosofía nueva de producción, proporcionando mejor calidad a menor costo, buscando plazos de entrega más cortos y eliminando pérdidas. Fue en 1993 que se fundó el grupo internacional Group for Lean Construction en donde se transformó la metodología implementada por Toyota para la construcción.

Las bases del BIM datan de 1975 cuando Charles M. Eastman, un profesor americano publicó un prototipo de modalidad de trabajo. Desde ese entonces BIM es una idea que va evolucionando.

En la actualidad la metodología BIM todavía no se ha aplicado a nivel nacional como requisito para licitaciones. Solo en pocos países como Reino Unido, Estados Unidos, Corea del Sur y Brasil, se ha implementado, no obstante, es una tendencia actual.

Se puede resumir en una línea de tiempo de la siguiente manera:

- 1957 - Pronto, primer software comercial de mecanizado asistido por computadora (CAM)
- 1963 - Sketchpad, CAD con interfaz gráfica de usuario
- 1975 - Sistema de descripción de edificios (BDS)
- 1977 - Lenguaje gráfico para diseño interactivo (GLIDE)
- 1982-2D CAD
- 1984 - Radar CH
- 1985 - Vectorworks
- 1986 - Sistema de producción asistido por computadora realmente universal (RUCAPS)
- 1987 - ArchiCAD
- 1988 - Pro / INGENIERO
- 1992 - Modelo de información de construcción como término oficial
- 1993 - Asesor de diseño de edificios
- 1994 - miniCAD
- 1995 - Formato de archivo International Foundation Class (IFC)
- 1997 - Trabajo en equipo de ArchiCAD
- 1999 - Onuma
- 2000 - Revit
- 2001 - NavisWorks
- 2002 - Autodesk compra Revit
- 2003 - Componentes generativos
- 2004 - Actualización de Revit 6
- 2006 - Proyecto digital
- 2007: Autodesk compra NavisWorks
- 2008 - Manifiesto parametricista
- 2012 – Formit

2021-BIM Collaborate

Para elaborar acerca de la historia de la construcción en Costa Rica podemos retroceder al Periodo Colonial, Carlos V promulgó que las nuevas poblaciones deberían ubicarse lejos de las costas y contar con un trazado hipodámico (plano urbano basado en líneas rectas trazadas en ángulo recto) para la estructura primaria de vialidad. Adicionalmente, nuestra condición de frontera virtual entre la influencia de las culturas Azteca y Maya (Área Mesoamericana) y la influencia de las culturas chibchas sudamericanas (Área Intermedia) y posteriormente como frontera real entre el Virreinato de Nueva España y el Virreinato de Nueva Granada, nos dejó ubicados en una especie de zona mixta de transición o tierra de nadie, que cayó en el limbo administrativo y olvido de la corona española, la cual nunca se preocupó por establecer grandes asentamientos ni construir obras de importancia en nuestro país. (Pendones, 2019)

En el Periodo Republicano (1848-1920) se comienzan las relaciones comerciales con el resto de mundo y con llegadas de migraciones de otros países. Se cultiva el cacao y el café, se construye el ferrocarril, y otras edificaciones culturales como el Teatro Nacional en 1897 y el Liceo de Señoritas en 1888, obras que todavía tenemos hoy. Con el Gran Terremoto de 1888 se revisaron más a fondo los sistemas constructivos del país y se empezó a regular la construcción, hasta el punto que se llegó a prohibir las construcciones nuevas con adobe.

En el Periodo de la Revolución Industrial, se empezó a construir con el acero, tenemos obras como el Edificio Metálico, construido en 1895 y la Iglesia de Grecia, construida en 1840.

El primer código sísmico fue publicado en 1974, su segunda versión se publicó en 1986, y la tercera versión en el 2002. En el 2017 se publica el código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones. En el 2020 se publica la guía para el diseño y la construcción del espacio público, en el 2013 los lineamientos para el diseño sismo resistente de puentes y en el 2012 el código eléctrico de Costa Rica para la seguridad de la vida y de la propiedad.

Marco metodológico

Tipo de la investigación

La investigación realizada en este proyecto es de carácter documental, en tanto se plantea estudiar la situación constructiva nacional del país en este momento; se nutre de los estudios y metodologías existentes para unificarlas y, en conjunto con la experiencia de la autora elaborar una nueva propuesta de metodología constructiva. Esta investigación es aplicada y tecnológica puesto que está orientada a resolver problemas en procesos de construcción a través de la información básica para tratar de solucionar la vida productiva de una construcción en la sociedad.

Este tipo de investigaciones están orientadas a mejorar, perfeccionar u optimizar el funcionamiento de los sistemas, los procedimientos, normas, reglas tecnológicas actuales a la luz de los avances de la ciencia y la tecnología; por tanto, este tipo de investigación no se presta a la calificación de verdadero, falso o probable sino a la de eficiente, deficiente, ineficiente, eficaz o ineficaz (Ñaupás, 2013).

El propósito principal es utilizar los conocimientos, unificando criterios que se han desarrollado a lo largo de la historia en cuanto a su relación y aplicación actual con la construcción para proponer una nueva metodología constructiva basada en la economía circular.

Diseño de la investigación

Esta investigación está basada en un diseño documental donde se busca, recupera, analiza, critica, e interpreta los datos obtenidos y registrados por otros investigadores. Se utilizaron fuentes documentales impresas y electrónicas. El plan de acción de la presente investigación se encuentra detallado con las actividades que se han de realizar para poder llegar a los objetivos específicos (Cuadro 5).

Cuadro 5: Diseño de la investigación

Objetivos	Acciones
Investigar los diferentes impactos ambientales de las actividades constructivas	Recolección de datos bibliográficos mediante la investigación en internet.

Objetivos	Acciones
debido a los diferentes tipos de residuos.	
Investigar posibles usos de los residuos de la construcción en otras actividades comerciales.	Recolección de datos mediante la investigación en internet.
Analizar posibles alianzas entre los constructores y desarrolladores para una debida colocación de residuos.	Recolección de datos mediante la investigación en internet.
Generar un procedimiento básico detallado para la correcta aplicación de principios de la economía circular en un proyecto constructivo.	Análisis de datos recolectados durante la investigación en internet.

Fuente: Elaboración Propia

Métodos y técnicas de recolección de información

Para el logro de los objetivos planteados, se reunieron los datos que constituyeron la materia prima de esta investigación a través de la observación directa y también la observación documental. Estos documentos son libros, publicaciones y documentos públicos. Se hizo una evaluación preliminar del material encontrado que pudiera formar parte de la investigación, según el plan de acción presentado (Cuadro 5). Una vez seleccionado el material, este se registró en una carpeta en la computadora, organizada en orden alfabético con respaldo en Dropbox.

Métodos y técnicas de recolección de información

Una vez catalogados los datos que conforman el material recolectado, se realizó un análisis documental de los mismos, especialmente sobre su contenido más que en su forma o aspecto. Con el análisis documental, se asegura la objetividad a la hora de interpretación de los

resultados, productos de la información. Se utilizó una técnica en donde se expresa con palabras propias las ideas o aspectos más importantes del material leído.

Procedimiento de la investigación

Se inició con la selección del problema a plantearse. La autora se inclinó a desarrollar su conocimiento con respecto a la economía circular y aplicarla en una metodología para el país en el tema constructivo.

El marco teórico consistió en resumir en palabras propias la documentación leída, ordenando en forma estructurada el conocimiento adquirido para poder plantear la nueva propuesta de metodología. De esta manera se plasman con claridad las ideas que definieron el problema original, materializaron los objetivos y justificaron el tema de la investigación. Superada la investigación se procedió a la compilación de metodologías constructivas existentes y sus apartados con respecto a la sostenibilidad en la construcción.

Una vez recolectados los datos, se comenzó el proceso de generación de una nueva propuesta de metodología a través de pasos establecidos y cuadros con información clave a ser completada para contar con medidas de aplicación de la economía circular en la construcción.

Completado el análisis y la creación de la propuesta de metodología de economía circular, se formularon las conclusiones de la investigación, y por último se hicieron las recomendaciones pertinentes.

Se sometió el documento y la investigación a una primera revisión, por parte del tutor de la autora, en donde se aprobó el avance y se hicieron observaciones de mejora en el contenido y la forma. Luego, producto de las mismas observaciones se procedió a realizar una búsqueda de los antecedentes históricos de la construcción y la evolución a través de la tecnología y metodologías, esto para completar el marco teórico. Se actualizaron las conclusiones y el resumen, producto de las mejoras elaboradas.

Resultados

Propuesta de metodología para la economía circular en la construcción

Esta metodología está planteada para tomar las prácticas constructivas existentes y ciertos procesos de otras metodologías constructivas y de administración de proyectos para crear una guía basada en la economía circular en donde no solo se prioriza la reducción de costos si no la reducción de residuos y la valorización de los mismos en las diferentes etapas constructivas, buscando ser más sostenibles. Lo que marca la mayor diferencia en relación con otras metodologías constructivas existentes (BIM y LEAN por ejemplo), es que la prioridad es eliminar la mayor cantidad de residuos por encima de generar una mayor utilidad o reducción de tiempos de ejecución y costos.

La propuesta de metodología se diseña para que pueda ser utilizada paralelamente con cualquier otra metodología de administración de proyectos o de construcción, como es *LEAN Construction* y BIM Management. También está diseñada para que sea fácil de usar por cualquier profesional, técnico, proveedor y/o estudiante. Por este motivo se definen tres niveles de aplicación, los cuales van de los más sencillos a los más complejos:

1. Nivel 1: Únicamente el desarrollador del proyecto forma parte de este proceso.
2. Nivel 2: El desarrollador y sus proveedores forman parte del proceso.
3. Nivel 3: El desarrollador, sus proveedores y proveedores de proveedores participan en el proceso.

La comunidad, los organismos públicos, y demás interesados participan en cualquiera de estos 3 niveles definidos. La clasificación de niveles va dirigida propiamente al plan que desarrolla el constructor y sus requerimientos para el desarrollo de la obra.

Entre más profundo sea el análisis de ciclo de vida del proyecto, mayor nivel de aplicación se obtendrá. La metodología se plantea paso por paso, de manera sencilla con sus diferentes niveles de detalle para que pueda ser aplicada fácilmente por diferentes profesionales de la construcción o administradoras, que sea de fácil entendimiento y permita el crecimiento y la mejora continua dentro de la organización a conforme se va obteniendo experiencia en la aplicación de la metodología. La misma es clara, concisa, y promueve ideas innovadoras de cada persona que la trate de aplicar ya que es abierta a los cambios tecnológicos, sociales, y culturales a lo largo del tiempo. Lo importante es que no se especifican medidas a tomar, puesto que esto es circunstancial, si no que se incentiva que se tome al menos una medida para cada punto

identificado durante el proceso, rumbo a cambio de las prácticas constructivas actuales: un paso a la vez.

No es necesario el pago de herramientas tecnológicas, ni de arduas y largas capacitaciones para llegar a aplicar esta metodología. Lo que es necesario es el deseo de hacer un cambio, de mejorar las prácticas existentes, de optimizar y de crecer como empresa o profesional buscando aportar positivamente al planeta e incursionar en el modelo de una economía circular.

Paso 1: Matriz de roles

En esta primera etapa se debe definir la matriz de roles. Deben existir al menos dos responsables de diferentes etapas de la construcción, con su respectivo rol definido; por ejemplo, el director de proyectos y el maestro de obras, siendo el director encargado de disponer de los desechos y el maestro de obras encargado de su clasificación en sitio. Este ejemplo es para una obra pequeña, pero se aclara que no existe un máximo de responsables a definir en esta matriz. Los roles se pueden compartir, pero no puede recargarse más de un 50% a un solo responsable. Cada rol se puede detallar a conveniencia, según el plan de acción a definir por el encargado del proyecto. Es decir, puede ser tan detallado como buscar recicladores de vidrio, o tan ambiguo como valorización de residuos reciclables (Cuadro 6). Los roles reflejados son ejemplos, la cantidad de columnas y filas depende de la magnitud del proyecto y de la cantidad de participantes, al igual que los diferentes roles.

Cuadro 6: Matriz de roles

Rol/Responsable	Director de Proyectos	Ingeniero Residente	Maestro de Obras	Vidriero	Rol 4...
Creación de centro de acopio en sitio			X		
Búsqueda de recicladoras de vidrio	X			X	
Búsqueda de botadero de	X	X			

Rol/Responsable	Director de Proyectos	Ingeniero Residente	Maestro de Obras	Vidriero	Rol 4...
escombros					
...roles...					
Clasificación y separación de residuos en obra.		X	X		
% Responsabilidad	28.6%	28.6%	28.6%	14.2%	

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de responsabilidad se calcula de la siguiente manera: cantidad de responsabilidades asumidas por una persona dividida entre la cantidad de responsabilidades totales de todos los responsables. En el caso ejemplo de arriba tenemos cuatro personas con siete responsabilidades en total, el director, el ingeniero residente y el maestro de obras tienen dos responsabilidades cada uno, entre siete totales da el 28.60%, mientras el vidriero tiene un séptimo de responsabilidad, es decir un 14.20%. El porcentaje es una guía comparativa para asegurarse que las responsabilidades estén distribuidas de una manera que no se recargue a una sola persona. Por ejemplo, si hay 6 responsables, y una sola persona tiene más del 60% de responsabilidad, se deben revisar los roles asignados y distribuirlos a demás responsables para que sea alcanzable el logro y se repartan las responsabilidades.

Paso 2: Identificación, valorización y cuantificación de residuos

Se deben identificar los diferentes residuos de la construcción aplicables al proyecto. Debemos recordar que esta metodología está planteada tanto para proyectos grandes como para proyectos pequeños, y no siempre se tienen los mismos tipos de residuos. Se puede usar como guía los tipos de residuos, descritos en este documento. Para el control de este listado, se plantea el Cuadro 7:

Cuadro 7: Residuos del proyecto

Residuo	Valorizable	Reciclable	Cantidad estimada	Unidad	Comentarios Adicionales
Escombros		X	5	m ³	Escombros fino y grueso
Vidrio		X	80	kg	Vidrio Crudo
Chatarra	X		120	kg	Cobre, aluminio y hierro.
Residuos....					

Fuente: Elaboración propia.

Las cantidades estimadas se deben cuantificar según el presupuesto o bien con mediciones en sitio o planos.

Paso 3: Manejo de residuos

Para cada residuo identificado, se deben tener dos opciones de manejo, ya sean dos proveedores que lo reciban para reciclar, lo compren, o lo reciban de manera gratuita para reprocesar (Cuadro 8).

Cuadro 8: Manejo de Residuos

Residuo	Proveedor 1	Proveedor 2	Notas
Escombros	Botadero EBI	Bioware de Costa Rica	Se debe avisar al encargado al número ####-####
Vidrio	Universidad Hispanoamericano	VICESA	Horario Universidad: Tercer viernes de cada mes de 8am a 10am. Horario VICESA: Contactar al encargado al ####-####

Fuente: Elaboración propia.

Paso 4: Optimización de recursos

Aparte de colocar en una recicladora o bien con algún proveedor los diferentes residuos, también se debe reducir la cantidad de recursos utilizados. Para esto, se deben identificar los recursos a utilizar tal como son el agua, la electricidad, el combustible, entre otros (Cuadro 9). Se incluyen ejemplos básicos en el cuadro.

Cuadro 9: Optimización de recursos

Recurso	Actividad	Medidas de optimización
Agua	Lavado de manos	Recolección de agua en un tanque para lavado de equipo y herramientas
	Generación de mezcla de concreto	Utilizar únicamente el agua requerida, cerrar el tubo cuando no se esté usando el líquido para la mezcla.
	Inodoro y lavado de herramientas	Colocar un tanque para captar el agua con jabón del lavamanos, y el agua pluvial para utilizar en el inodoro y tubería de lavado. Cada salida debe estar debidamente rotulada de no ser agua potable

Fuente: Elaboración propia.

Se debe tener mínimo una medida de optimización para cada recurso a utilizar. Al 2021 no existen políticas públicas emitidas por el Estado costarricense.

Paso 5: Identificación del ciclo de vida del proyecto

Con base en el cronograma inicial, se deben asociar los residuos ya identificados previamente a cada etapa constructiva. Es decir, se debe llevar un cronograma de generación de residuos en paralelo. Esto sirve para identificar la etapa crítica del proyecto en donde se deben asignar mayores recursos, espacio para acopio, o bien transporte para su designación final. A

modo de control, para obtener un proyecto con un nivel 2 o 3 de aplicación de economía circular, se debe indicar en dicho cronograma cuanto tiempo dura ese residuo en ser reciclado, reutilizado, o valorizado, de esta manera podemos medir el impacto que tendrá cada actividad y ver si hay medidas que se pueden tomar para reducir el mismo, o bien cambiar el producto a utilizar por uno que tenga un ciclo de vida más aprovechable.

Para un nivel 2 o 3, este análisis también debe contemplar al menos el primer año de operación de la construcción, con un plan de medidas para mitigar o bien manejar los residuos durante la operación.

Cuadro 10 Niveles de aplicación

Nivel	Participan	Cuantifica tiempo para reutilizar residuos	Presenta un plan de manejo de residuos operativo
1	Únicamente el desarrollador del proyecto forma parte de este proceso.	NO	NO
2	El desarrollador y sus proveedores forman parte del proceso.	SI	SI
3	El desarrollador, sus proveedores y proveedores de proveedores	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Paso 6: Elección de proveedores

Se debe tener una lista de proveedores elegibles que ofrezcan productos de la calidad especificada, con garantías para accesorios de mínimo un año, no se permite la utilización de productos desechables, sin repuestos o sin posibilidad comercial de reparación. Todo producto

tiene que tener un distribuidor autorizado en el país, que cuente con taller de reparación o bien, representantes de marca que brinden el servicio.

Adicionalmente, para los niveles de aplicación 2 y 3, los subcontratistas deben de tener conocimiento de la metodología, un compromiso serio de cumplimiento por medio de declaración jurada y un plan de acción basada en esta metodología, o en su defecto, pasar por un proceso de inducción acerca de la misma.

Paso 7: Ejecución y control del proyecto

En esta etapa ya el proyecto pasó de la etapa de planificación a la de ejecución. El director del proyecto debe llevar un control ligado al cronograma generado y los roles definidos y revisados de tal manera que no se recarguen sobre una sola persona. Debe garantizar que se hayan cumplido al menos el 75% de las metas planteadas en la planificación del proyecto por medio de un control propio o bien de un tercero. Una meta cumplida a cabalidad tiene un 100% de porcentaje de cumplimiento, una meta cumplida parcialmente tiene un grado de cumplimiento del 50% y una meta que no se cumplió tiene un 0%. Para tener un porcentaje de cumplimiento aceptable, las medidas planteadas tienen que ser aplicables sin generar conflictos o resistencia dentro de la ejecución de la obra. En caso de obtener una calificación muy baja, se debe tomar como aprendizaje los puntos en los cuales se fallaron para en un futuro proyecto mejorar las medidas o bien garantizar el cumplimiento de las mismas durante el proceso.

En caso de la aplicación del método al nivel 2 y 3, este mismo control se debe llevar con los participantes ajenos a la organización que participen en el proyecto, ya sea que ellos entreguen su propio plan, o que cumplan el plan generado por el encargo del proyecto y se verifique el control de cumplimiento.

Para llevar dicho control, se propone el Cuadro 10 con varios ejemplos, se deben incluir actividades según cada proyecto; este cuadro debe de incluir la totalidad de las actividades para poder obtener una nota de cumplimiento total del proyecto:

Cuadro 11: Evaluación y control

Actividad/Recurso	Medida/Acción	Se cumplió?	Porcentaje de Cumplimiento	Responsable
Lavado de manos	Recolección de	SI	100	Maestro de

	agua en un tanque para lavado de equipo y herramientas			Obras e Ingeniero Residente
Generación de mezcla de concreto	Utilizar únicamente el agua requerida, cerrar el tubo cuando no se esté usando el líquido para la mezcla.	PARCIALMENTE	50	Maestro de Obras
Inodoro y lavado de herramientas	Colocar un tanque para captar el agua con jabón del lavamanos, y el agua pluvial para utilizar en el inodoro y tubería de lavado. Cada salida debe estar debidamente rotulada de no ser agua potable	SI	100	Ingeniero Residente
Escombros	Entregar al proveedor para reutilización	NO	0	Director de obra
Cumplimiento del proyecto			62.50%	

Fuente: Elaboración propia.

Esta evaluación se debe hacer en diferentes etapas del proyecto. Debe haber mínimo dos evaluaciones por proyecto, de esta manera se pueden tomar las acciones necesarias para subir el porcentaje de cumplimiento global y acciones correctivas.

El motivo de indicar el responsable de cada actividad y manejo del recurso es para identificar las diferentes razones por las cuales no se cumple un meta. En caso de ser falta de recursos económicos, el director del proyecto debe de asignar recursos para lograr cumplir las metas; en caso de falta de tiempo para coordinar, se debe tomar la decisión de delegar las responsabilidades a alguien que tenga el compromiso y tiempo de ejecutarlas, o bien llamar la atención para que se cumplan dichas actividades. Esta propuesta de metodología está planteada de tal manera que estos controles no conlleven mucho tiempo ni recurso, y se puedan identificar las debilidades del plan, todo en buscar de una mejora del manejo del proyecto. Si bien esta propuesta de metodología es opcional, no solo se busca una mejora en la gestión de los recursos de proyecto, sino también un aporte positivo a la sostenibilidad en de la construcción; la meta final es que sea una iniciativa para que se gestione una metodología obligatoria en las obras constructivas en Costa Rica. Se puede tomar como referencia también el sistema de *Last Planner* de *LEAN Construction*, en donde no solo se lleva el control de metas cumplidas, si no que se tiene como objetivo principal identificar por qué no se cumplen metas para tomar medidas correctivas.

Cabe resaltar que entre más actividades se tengan en las tablas de esta metodología, más fácil es llegar a un porcentaje de cumplimiento satisfactorio puesto que se el porcentaje final ponderado se calcula en base a más actividades sea su cumplimiento parcial, nulo o total.

Paso 8: Informe de cierre

El director del proyecto debe hacer un informe de cierre final en donde se indican los siguientes puntos:

- Porcentaje de cumplimiento
- Duración del proyecto
- Problemas encontrados durante el proyecto
- Mejoras aplicadas durante el proyecto
- Lecciones aprendidas
- Nivel de aplicación de la metodología
- Monetización de los materiales reciclados o recuperados

Dicho informe podría presentarse como un informe técnico, resumido en tablas y puntos clave, ya que se es muy extenso pierde funcionalidad para una fácil revisión de futuros colegas y un aprendizaje puntual para futuros proyectos.

Paso 9: Plan operativo

Se le debe entregar al cliente final un plan operativo de manejo de residuos, energético, y de recursos básicos durante el uso del inmueble, esto para que el cliente final tenga una guía para aplicar buenas prácticas de mantenimiento basados en la económica circular. Se le puede dar un listado de diferentes proveedores y alianzas que participaron durante el proyecto que ya manejen la economía circular. Este plan operativo es obligatorio para la aplicación de la metodología en los niveles 2 y 3.

Conclusiones

Es indiscutible que nuestros hábitos de consumo de los últimos 50 años se han vuelto insostenibles. La humanidad siempre ha evolucionado a través de la ciencia y la tecnología para solucionar los problemas. Hasta el año 2000, la construcción no ha formado gran parte de esta evolución y cambios. Es momento de generar un cambio de paradigma dentro de las prácticas constructivas. Europa es la zona que más ha avanzado en este sentido, pero Costa Rica tiene el conocimiento y los recursos para ser pionera en Centroamérica y en América en general.

Es fundamental aprovechar la imagen que proyecta la nación, de ser sostenible, para crear conciencia y aplicarlo también a la construcción, una de las actividades económicas fuertes del país.

Es importante establecer una metodología constructiva que no solo esté enfocada en un mayor rendimiento de recursos y capital por temas de rendimientos económicos y utilidades, si no también que evolucione en la disminución de la generación de residuos y aplique los principios de la economía circular para cuidar a las futuras generaciones.

Así como la construcción es clave en la activación económica de un país y su sociedad, también tiene su peso en la generación de residuos y su impacto ambiental. Es por esto por lo que se le debe dar la misma importancia a la erradicación de malas prácticas en el sector de la construcción. Esto también debe de ir acompañado, de la educación de la población, de los profesionales e instituciones, que brindan diferentes soluciones aplicables a un mercado evolutivo.

Se debe tomar principal importancia a la identificación de los interesados de los procesos constructivos para permitir una interacción más armonizada y fluida, y un mejor canal de comunicación. De esta manera, se pueden generar planes de gestión de residuos completos para los proyectos que incorporen no solo al desarrollador o constructor, sino también a la comunidad y negocios locales y regionales.

Debido a que hay muy poca información de métodos de aplicación de economía circular en el país, se tomaron experiencias y metodologías aplicadas a nivel internacional y nacional, sobre todo en Europa. La base de datos de este estudio es nacional, pero la metodología es muy flexible, esto para producir una metodología que se pueda ir adaptando a cualquier país de la región y se aprovechen los conocimientos de trabajos previos a nivel internacional. La tecnología disponible es la gran limitante de qué se puede reciclar en cada país adecuadamente, no obstante,

a través de la innovación se puede valorizar estos residuos. El MINAE es quien tiene mayor iniciativa para empezar con la economía circular en Costa Rica.

Como se describió en este estudio, hay residuos reciclables, valorizables, y reutilizables, al igual que según la limitante de cada país existen residuos que no se pueden utilizar y se deben desechar. Se generan residuos tóxicos como ciertos tipos de pintura y químicos que deben ser tratados adecuadamente. El propósito principal de la metodología que presentamos se centra en estos diferentes tipos de residuos identificados y propone un plan de acción previo a comenzar el proyecto para su disposición final o colocación para otra actividad económica.

Los principales beneficiados de esta metodología a nivel comercial, aparte del desarrollador del proyecto por su proyección de buena imagen son las recicladoras, los artistas y escultores, fundidoras, rellenos sanitarios o caminos comunales de tierra, y la comunidad en general, llegando hasta restaurantes, cuyos alimentos son cocidos con leña, pueden verse beneficiados.

Entendemos que la meta principal de esta propuesta de metodología es que se maximice el aprovechamiento de los recursos y estos mantengan el proceso durante el mayor tiempo posible, luego de terminado el proceso que continúen su vida y si ciclo en otro proceso diferente.

Aplicar la economía circular en un proyecto es una meta muy ambiciosa por las prácticas constructivas actuales que existen en Costa Rica que se basan mucho en el “usar y botar”, pero así será igualmente gratificante para todas las partes involucradas. A diferencia de perseguir un reconocimiento o una certificación en especial, se busca concientizar y tomar acciones dentro de cada proceso constructivo. Si bien se puede aplicar a un proyecto completo, su incorporación también puede ser gradual, incorporándola a una actividad en específico de un proyecto en ejecución. La importancia siempre es buscar una mejora y poco a poco ir haciendo el cambio.

Como la construcción es una de las actividades que más residuos genera, un pequeño cambio, un pequeño aporte como es esta metodología puede generar un gran impacto. Lo más importante a recordar y tomar en cuenta es que un incorrecto tratamiento de los materiales o remanentes de los mismos implica la imposibilidad de reciclarlos o reutilizarlos para reincorporarlos a la cadena productiva.

Actualmente se reutilizan:

- El acero
- La madera en algunos casos

- El concreto
- La chatarra

La meta principal es cada año ampliar esta lista y que se vuelva una práctica común el buscar un uso para la mayoría de residuos constructivos.

En un futuro también se puede contar con el apoyo de colegios profesionales, como es el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA)¹³ de Costa Rica para elaboración de una guía para la economía circular en la construcción, ampliación de esta metodología con la experiencia de otros profesionales y promoción de la misma. Aplicando esta metodología, o bien una que se desarrolle en el futuro, el CFIA puede llegar a certificar proyectos que apliquen la economía circular.

Los mayores impactos que se pueden tener de los diferentes proyectos son reducción de gastos al mejorar la utilización de recursos, generación de ingresos al valorizar ciertos residuos, la mejora al medio ambiente por la disminución de uso de recursos y generación de residuos, generación de mayor respeto y consciencia hacia la naturaleza, y mejora de la calidad de vida de la sociedad.

La propuesta de metodología acá planteada toma ciertas prácticas de *LEAN Construction*, PMI y se puede centralizar toda la información en *BIM Construction* para que todas las partes involucradas estén enteradas y puedan tomar iniciativa y participar y aprender de ella para futura aplicación a proyectos o bien al proyecto en ejecución. Se planteó de manera flexible para que no solo los profesionales la lleguen a aplicar, sino también a los constructores que no cuentan con el acompañamiento de un profesional y tengan la intención de mejorar sus prácticas y dejar un impacto positivo en sus proyectos.

Los datos cuantitativos presentados en la propuesta de metodología e indicados en el informe de cierre permiten analizar los cambios de impacto de la construcción aplicando la metodología *versus* una economía lineal de compra y desecho. Debido al tiempo de desarrollo de este proyecto es muy corto, y el tiempo de ejecución de una obra es muy extenso, no se pudo aplicar esta metodología en un proyecto para poder presentar los resultados obtenidos.

¹³ <https://cfia.or.cr/>

Recomendaciones

Es urgente impulsar y adoptar como política una metodología de construcción con economía circular. El gobierno e instituciones afines deben participar en una iniciativa real; instituciones como son el CFIA, el MINAE, las Municipalidades, Secretaria Técnica Nacional Ambiental (SETENA) La sostenibilidad y regeneración no debería de verse como un sello o certificación por moda, si no por una necesidad para garantizar una vida digna a los que heredarán el planeta.

Es importante que no solo el gobierno participe en estas iniciativas, sino que también se orqueste el trabajo conjunto con diferentes actores sectoriales como ser: las escuelas, los colegios, las universidades y los colegios profesionales, y entes participen en la educación y actualización de las personas.

La metodología desarrollada y propuesta debería de ser aplicable a proyectos de toda escala; esto debido a que se plantean diferentes niveles de aplicación, es flexible a las actividades constructivas específicas del proyecto, y se deja mucho a criterio de quien la elabora. Aunque una empresa no tenga los medios o recursos para aplicarla por completo, debe ser una herramienta por medio de la cual cada recomendación o requisito sea percibido como un beneficio a la empresa, sociedad, y comunidad.

Bibliografía

Abarca-Guerrero, L. (2007). Assessment of construction waste management practice: a case study in Costa Rica. En Proceedings of Kalmar ECO-TECH'07: International Conference on Technologies for Waste and Wastewater Treatment, Energy from Waste, Remediation of Contaminated Sites and Emissions Related to Climate. Kalmar, Suecia: University of Kalmar, 26-28 noviembre, 2007.

Abarca-Guerrero, L. (2008). Construcción sostenible en Costa Rica: Hacia un modelo de gestión de materiales de la construcción para la reducción de residuos. Presentación oral Congreso de Ingeniería Civil, Costa Rica.

Abarca-Guerrero, L., Scheublin F.M. & van Egmond-de Wilde de Ligny E.L.C. (2008b). Sustainable construction in Costa Rica: Towards a strategic approach to construction material management for waste reduction. En Proceedings BuHu 8th International Postgraduate Research Conference (pp. 452-462). Prague, Czech Republic. ISSN: 1759-0574. ISSN: 1759-0574.

Abarca-Guerrero, L., Scheublin, F.M., van Egmond-de Wilde de Ligny E.L.C. & Lambert, A.J.D. (2009). Metabolism of materials by the construction sector in developing countries: Costa Rica as case study. En Proceedings of Third CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environments. SASBE 2009. Delft, The Netherlands.

Abarca-Guerrero, L., Scheublin, F.M., van Egmond-de Wilde de Ligny, E.L.C. & Lambert A.J.D. (2008a). Sustainable Construction: Towards a strategic approach to construction material management for waste reduction. 10th PhD symposium of the Research School Integral Design Structures. Delft: Technische Universiteit. Obtenido de www.osbouw.nl/phd_projects_2008/Abarca_2008.pdf.

Abarca-Guerrero, L; Leandro-Hernández, A. (2016). Situación actual de la gestión de los materiales de construcción en Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica.

Alvarado Alcázar, D. (2019). Gestión de Proyectos de Construcción bajo una perspectiva de Economía Circular. Cartago, Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica.

Cámara Costarricense de la Construcción. (2017). Análisis del sector construcción y la economía. Recuperado de <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/5670>

CONAMA. (2018). Economía Circular en el Sector de la Construcción. Congreso Nacional del Medio Ambiente 2018. Madrid, España. Fundación Conama.

Grupo de trabajo GT-6. (2018). Economía Circular en el Sector de la Construcción. Madrid, España.

Hernández Leandro, A. G. (2007). Administración y Manejo de los Desechos en Proyectos de Construcción. Cartago, Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica.

Hernández Leandro, Ana Grettel. (2005). Administración y Manejo de los Desechos en Proyectos de Construcción Etapa 1 Evaluación y Monitoreo. Cartago, Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica.

Hernández Leandro, Ana Grettel. (2007). Administración y Manejo de los Desechos en Proyectos de Construcción Etapa 2 Alternativas de Manejo. Cartago, Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica.

Instituto Costarricense de Turismo y Grupo Nación. (2012) Guía Nacional de Manejo de Residuos. San José, Costa Rica

Leandro, A.G. (2008). Manejo de desechos de residuos de la construcción. Tecnología en Marcha, 21(4), 60-63.

Lledó Pablo. (2017). Director de proyectos: Cómo aprobar el examen PMP® sin morir en el intento. 6ta ed. Estados Unidos. Pablolledo.com LLC.

Miguel Rovira. (2021). Los límites de la economía circular. Madrid, España. Recuperado de:
<https://diarioresponsable.com/contacto>

Moro Alberto. (2017). Inicio de la ciencia y análisis de suelos. Madrid, España. Recuperado de:
<http://aqmlaboratorios.com/inicio-de-la-edafologia-y-analisis-de-suelos/>

Muñoz Pablo. (2019). Que es Lean Construction o Construcción sin Perdidas. Evalore. España.
Recuperado de: <https://evalore.es/que-es-lean-construction>

Pendones de Pedro, Ramón (2019). ¿Cómo ha evolucionado la arquitectura en Costa Rica?
Cámara Costarricense de Construcción. San Jose, Costa Rica. Recuperado de:
<https://www.construccion.co.cr/Post/Detalle/28514/como-ha-evolucionado-la-arquitectura-en-costa-rica>

Pons Juan Felipe y Rubio Iván. (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la
construcción. San José, Costa Rica.

Project Management Institute. (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos,
(Guía del PMBOK) – Sexta Edición. Pensilvania, Estados Unidos: Project Management Institute
Inc.

Villalta Flórez Mario - Morales Alpízar Estrada y Manuel. (2019). Colección Guías Prácticas de
LEAN Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last Planner® System. C
Paseo de la Castellana, 155 - 28046 Madrid.

Anexos

Lugares de acopio para diferentes residuos

Figura 9: Centros de acopio San José



Fuente: Guía Nacional de Manejo de Residuos, año 2012

Figura 10: Centros de acopio San José (2)

Green Action – Inversiones Rozmenoski S. A.

Empresa recuperadora de tonner
 Contacto: Clancy Arias
 Teléfonos: 2228-6844 y 8323-2096
 Correo electrónico: clancy@inversionesrozmenoski.com

Desamparados

Jesús Castro Chatarrera S. A.

Recuperadora de metales
 Contacto: Jesús Castro
 Teléfonos: 2276-5518 y 2219-5202
 Correo electrónico: jchatterrasa@gmail.com

Recicladora de Papel Rafael Meneses

Recuperadora de papel
 Contacto: Rafael Meneses
 Teléfonos: 8390-0647 y 2519-5116
 Contacto: felomb@hotmail.com

Recicladora La Chinita

Empresa recuperadora
 Contacto: Eduardo Cordero
 Teléfonos: 2270-3035 y 8886-2491
 Correo electrónico: hmcormo83@hotmail.com

Puriscal

Asociación para el Desarrollo Autogestionario de la Familia Rural de la Región Central Sur (ADAFARCES)

Recuperador comunitario
 Contacto: Maribel Porras
 Teléfonos: 2416-6400 y 8916-0844
 Correo electrónico: kvane0330@hotmail.com

Mora

Servicios Ecológicos S. A.

Empresa recuperadora
 Contacto: Ileana Barquero
 Teléfonos: 2249-3952 y 2249-3958
 Correo electrónico: info@reciclajejr.com

Goicoechea

Compra de Metales Edwin Cordero

Empresa recuperadora
 Contacto: Edwin Cordero
 Teléfono: 8350-5518

Grupo Ecológico – Recycling Group S. A.

Empresa recuperadora de cartuchos-tonner
 Contacto: Kermitt Salas
 Teléfonos: 2245-3418 y 8347-9304
 Correo electrónico: grupoecologicokym@hotmail.com

Recicladora Química Flexográfica S. A.

Recicladora de químicos
 Contacto: Eddy Cruz
 Teléfonos: 2285-9449 y 8713-9656
 Correo electrónico: recicladoraquimica@gmail.com

Santa Ana

Asociación de Personas con Discapacidad para el Progreso de Santa Ana (Apedisprosa)

Recuperador comunitario
 Contacto: Lilliana Umaña
 Teléfonos: 8756-1793 y 2282-2103
 Correo electrónico: lillium1@hotmail.com

Empaques Santa Ana

Recicladora de cartón
 Contacto: Henry Arguedas
 Teléfonos: 2282-0889 y 2282-8900
 Correo electrónico: harguedas@esa.co.cr

Transportes & Reciclaje

Víctor Calvo
 Empresa recuperadora
 Contacto: Víctor Calvo
 Teléfonos: 2203-8010 y 8389-3205
 Correo electrónico: travica@ice.co.cr

Alajuelita

Asociación Renacer del Adulto Mayor

Recuperador comunitario
 Contacto: Paulino Dávila
 Teléfonos: 2275-2855 y 8330-3157
 Correo electrónico: piscas123m@hotmail.com

Centro de Acopio San Miguel

Empresa recuperadora
 Contacto: Gerardo Castro
 Teléfonos: 8382-7273 y 2275-1833
 Correo electrónico: acopiosm@gmail.com

Vázquez de Coronado

Hope Proyectos Ambientales

Recuperadora de electrónicos
 Contacto: Mónica Sanders
 Teléfonos: 2229-6255 y 8990-7912
 Correo electrónico: msan@hopeambientales.org

Tibás

Autoconsa S. A. de Costa Rica

Recuperadora de electrónicos
 Contacto: Flaviano Golscher
 Teléfonos: 2241-5968 y 2241-5968
 Correo electrónico: fgolscher@autoconsa.com.sv

Centro de Recuperación de Materiales de la Municipalidad de Tibás

Centro municipal
 Contacto: Eliécer Tencio
 Teléfonos: 2256-5747 y 8910-4487
 Correo electrónico: e.tencio@hotmail.com

Moravia

Centro de Acopio para el Reciclaje

Empresa recuperadora
 Contacto: Margarita Barquero
 Teléfonos: 2245-1951, 2292-5823 y 8356-6570
 Correo electrónico: acopio@crreciclaje.com

Destilería Centroamericana S. A.

Reutilizadora de botellas de vidrio
 Contacto: Francisco Gutiérrez
 Teléfonos: 2235-7890 y 2235-2732
 Correo electrónico: fgutierrez@destileriacentroamericanasa.com

Montes de Oca

360° Soluciones

Verdes S. A.
 Procesadora de residuos orgánicos
 Contacto: Alejandro Fernández
 Teléfonos: 8877-5442 y 8813-1867
 Correo electrónico: info@360solucionesverdes.com

Fuente: Guía Nacional de Manejo de Residuos, año 2012

Figura 11: Centros de acopio San José y Alajuela

Curridabat

Fundación Limpiemos

Nuestros Campos

Recuperadora de envases agroquímicos
 Contacto: Luis Matarrita
 Teléfonos: 2234-9812 y 8368-6138
 Correo electrónico: lmatarrita@limpiemos.org

Manejo Profesional de Desechos

Procesadora de residuos hospitalarios
 Contacto: Adrián Castro
 Teléfonos: 2250-1825 y 8823-7948
 Correo electrónico: acastro@mpdcr.com

Rexco Internacional de Centroamérica S. A.

Recicladora de plásticos
 Contacto: Raúl Duque
 Teléfonos: 2272-9133 y 8829-1355
 Correo electrónico: rexcointer@yahoo.com

Pérez Zeledón

Comisión Ambiental de Pérez Zeledón

Centro municipal
 Contacto: Aida Sánchez
 Teléfonos: 2771-0349 y 2771 0390
 Correo electrónico: ambiente@mpz.go.cr

ALAJUELA



Acueducto de Carrizal

Recuperador comunitario
 Alajuela
 Contacto: Ricardo Mora
 Teléfonos: 2483-1011 y 2299-5800
 Correo electrónico: aguacarrizal@ice.co.cr

Asociación de Mujeres Ambientalistas 4-R

Recuperador comunitario
 San Carlos
 Contacto: Marlene Carrillo
 Teléfonos: 2475-7447 y 8886-1057
 Correo electrónico: amamb4r@gmail.com

Centro de Reciclaje Planeta Limpio

Empresa recuperadora
 Alajuela
 Contacto: Gustavo Córdoba
 Teléfonos: 2289-9601 y 8821-2579
 Correo electrónico: tavo.cordoba@hotmail.com

Coca-Cola FEMSA

Industria recicladora
 Naranjo
 Contacto: Harry Vargas
 Teléfono: 2450-5775
 Correo electrónico: harry.vargas@kof.com.mx

Comité de Reciclaje del cantón de Naranjo

Recuperador comunitario
 Contacto: Elio Vargas
 Teléfono: 2451-5858
 Correo electrónico: elio.ambiente@gmail.com

Ecoway

Procesadora de residuos especiales
 Alajuela
 Contacto: Carlos Andrés Rincón
 Teléfonos: 2239-7518 y 2265-2486
 Correo electrónico: ecoway@ice.co.cr

Florida Bebidas

Recicladora de aluminio y plástico
 Alajuela
 Contacto: Eduardo Morales
 Teléfono: 2437-6593 y 2437-6820
 Correo electrónico: eduardo.morales@fifco.com

Fundellantas

Recicladora de llantas
 Alajuela
 Contacto: Ramón Salas
 Teléfonos: 2433-8101 y 8321-7209
 Correo electrónico: ramonsalas@fundellantas.org

Plastimex Palmes S. A.

Recicladora de plástico
 Palmes
 Contacto: José Rodríguez
 Teléfonos: 2453-1251 y 2453-1853
 Correo electrónico: ventas@plastimexsa.com

Recicladora Chiar

Empresa recuperadora
 Alajuela
 Contacto: Johnny Chinchilla
 Teléfono: 8365-0603
 Correo electrónico: reciclaje Chiar@hotmail.com

Reciclaje de Occidente por el Medio Ambiente S. R. L.

Empresa recuperadora
 San Ramón
 Contacto: Nelson Mora
 Teléfonos: 2445-7558 y 8315-4444
 Correo electrónico: ecoambientaldecostarica@gmail.com

Reciclaje Valenciano

Recuperadora
 Alajuela
 Contacto: Adriana Valenciano
 Teléfonos: 2439-7786 y 8875-8799
 Correo electrónico: avalenciano@reciclajevalenciano.com

Reciclando con Don Paco

Empresa recuperadora
 Alajuela
 Contacto: Braulio Álvarez
 Teléfonos: 2430-4806 y 8366-9181
 Correo electrónico: braulio.alvarezp@hotmail.com

Stericlean de Centro América

Procesadora de residuos hospitalarios
 Alajuela
 Contacto: Ralph Velocci
 Teléfonos: 2432-5413 y 2432-541
 Correo electrónico: melissa@stericlean.co.cr

Fuente: Guía Nacional de Manejo de Residuos, año 2012

Figura 12: Centros de acopio Cartago y Heredia



CARTAGO

Centro de Recuperación de Materiales Municipalidad de Jiménez

Centro municipal
Contacto: Francisco Acuña
Teléfonos: 2532-1937 y 2532-2061
Correo electrónico: javi732011@hotmail.com

Cobijr Recicla

Empresa recuperadora
Cartago
Contacto: Hazel Calderón
Teléfono: 8553-4560
Correo electrónico: cobijr@hotmail.com

Energías Biodegradables de Costa Rica S. A.

Recicladora de aceite quemado
Cartago
Contacto: Eladio Madriz
Teléfonos: 2537-4510 y 8859-2075
Correo electrónico: energiasbiodegradables@ice.co.cr

Fortech Química S. A.

Recuperadora de electrónicos
Cartago
Contacto: Mauricio Blandino
Teléfono: 2573-8634
Correo electrónico: mblandino@fortech.cr.com

GEEP Costa Rica

Recuperadora de electrónicos
El Guarco
Contacto: Alexánder Arce
Teléfonos: 2573-7940 y 87676521
Correo electrónico: aarce@geepglobal.com

HCRecycle S. A.

Cartago
Contacto: Eliseo Hernández
Teléfonos: 2537-3392 y 8851-0485
Correo electrónico: ehernandez@hrecycle.com

Manejo Desechos Industriales S. A. (MADISA)

Empresa recuperadora
Cartago
Contacto: Mauricio Wong
Teléfonos: 2537-3941 y 8832-8516
Correo electrónico: mwong@madisa.cr

Reciclado de Envases Metálicos y Plásticos

Recuperadora de barriles
Cartago
Contacto: Bery Rodríguez
Teléfonos: 2537-4770 y 88437563
Correo electrónico: beryra2005@yahoo.com

Reciclados Plásticos de Costa Rica S. A. (REPLACORI)

Recicladora de plásticos
El Guarco
Contacto: Víctor Segura
Teléfonos: 2573-3158 y 8885-5108
Correo electrónico: replacori@ice.co.cr

Reciclaje Luna S. A.

Recicladora de plásticos
Cartago
Contacto: Lidieth Luna
Teléfonos: 2537-2006 y 8847-0311
Correo electrónico: lluna1654@yahoo.com

VCN Reciclaje de Costa Rica

Empresa recuperadora
Cartago
Contacto: Ricardo Gutiérrez
Teléfonos: 2553-6655, 2664-9075 y 8311-2533
Correo electrónico: rgutierrez@vcnrcr.com

Vidriera Centroamericana S. A. (Vicesa)

Industria recicladora de vidrio
Cartago
Contacto: Alexánder Mata
Teléfonos: 2550-3303 y 2550-3200
Correo electrónico: xmata@grupovical.com



HEREDIA

Asociación Casa Hogar para Ancianos Albernia

Recuperador comunitario
San Isidro
Contacto: Laura Campos
Teléfonos: 2268-859 y 2268-7132
Correo electrónico: hogar.albernia@hotmail.com

Asociación de Gestión Ambiental y Centro de Acopio de San Rafael de Heredia

Recuperador comunitario
Contacto: Fernando Matamoros
Teléfonos: 2560-623 y 8845-6293
Correo electrónico: reciclaje@munishr.go.cr

Asociación Domingueña de Gestión Ambiental

Recuperador comunitario
Santo Domingo
Ana Virginia Chacón
Teléfonos: 2244-6327 y 2244-5958
Correo electrónico: avchacon@ccss.sa.cr

Cajas Quirós

Reutilizadora de cartón
Heredia
Contacto: Jonathan Villalobos
Teléfonos: 8736-6346 y 8650-4228
Correo electrónico: cajasquiros@gmail.com

Centro de Recuperación San Bosco

Recuperador comunitario
Santa Bárbara
Contacto: Ana Salazar
Teléfonos: 2269-7371 y 2269-7349
Correo electrónico: anasalazarch@hotmail.com

Fuente: Guía Nacional de Manejo de Residuos, año 2012

Figura 13: Centros de acopio Heredia, Guanacaste y Puntarenas

Ekoroo Products S. A.
 Recicladora de plásticos
 Belén
 Contacto: Juan Gabriel Araya
 Teléfono: 2293-6026
 Correo electrónico: ventas@ekoroofiles.com

G. C. Grupo Coris, S. A.
 Recicladora de plásticos
 Flores
 Contacto: Héctor Coghi
 Teléfonos: 2265-9090 y 2265-2009
 Correo electrónico: hcoghi@mundoplastico.com

Importaciones Industriales Masaca S. A.
 Recicladora de plástico
 Heredia
 Contacto: Luis Blanco
 Teléfonos: 2244-4044 y 8382-3650
 Correo electrónico: masaca@racsa.co.cr

Kimberly-Clark Costa Rica Ltda.
 Recicladora de papel
 Belén
 Contacto: Geovanny Mena
 Teléfonos: 2298-3115 y 8833-9384
 Correo electrónico: geovannymena@kcc.com

Recicladora de Barriles S. A.
 Recuperadora de barriles
 Belén
 Contacto: Ricardo Peña
 Teléfonos: 2589-1426 y 2589-1397
 Correo electrónico: rebasa@ice.co.cr

Recicladora Willy
 Empresa Recuperadora
 Flores
 Contacto: Willy Porras
 Teléfono: 8880-8207 y 2265-5105
 Correo electrónico: reciclajewilly@gmail.com

Reciclaje Continental JEJO S. A.
 Recuperadora de metales
 Flores
 Contacto: Carlos Garza
 Teléfonos: 2265-2565 y 8702-6147
 Correo electrónico: reciclaje.continental@gmail.com

West Coast Waste Industries S. A.
 Empresa recuperadora
 Heredia
 Contacto: Laszlo Lencse
 Teléfonos: 2261-8096 y 2261-4806
 Correo electrónico: wcw@westwind.com



GUANACASTE

ADIME de Abangares
 Recuperador comunitario
 Contacto: Irma Hernández
 Teléfonos: 8898-4197 y 2662-0689
 Correo electrónico: adimesa@gmail.com

Asociación Ambientalista El Tucán
 Recuperador comunitario
 Nicoya
 Contacto: Manuel Cordero
 Teléfonos: 2685-3007 y 8640-8607
 Correo electrónico: saricorderom@hotmail.com

Asociación para el Desarrollo Sostenible de Guanacaste
 Recuperador comunitario
 Tilarán
 Contacto: Edgar Badilla
 Teléfonos: 2695-8898 y 8702-8427
 Correo electrónico: reciclajetilaran03@hotmail.com

Asociación Recicladora Manos Unidas de Bagaces (Aremuba)
 Recuperador comunitario
 Bagaces
 Contacto: Jaqueline Rodríguez
 Teléfonos: 2671-1523 y 8968-0227
 Correo electrónico: reciclajemanosunidas@gmail.com

Cooperativa Autogestionaria de Mujeres Recolectoras de Carrillo (COOMUREC R.L.)
 Recuperador comunitario
 Carrillo
 Contacto: María Trinidad González
 Teléfono: 8335-5448
 Correo electrónico: maritrini2167@yahoo.es



PUNTARENAS

Asociación Ecológica de Paquera, Lepanto y Cóbano (Asepaleco)
 Recuperador comunitario
 Puntarenas
 Contacto: Jesenia Ovares
 Teléfonos: 2650-0607 y 8371-8363
 Correo electrónico: asepapec@racsa.co.cr

Asociación Pro Desarrollo Turístico de Puerto Moctezuma
 Recuperador comunitario
 Puntarenas
 Contacto: Antonio Vallese
 Teléfonos: 2642-0527
 Correo electrónico: info@montezumainfo.net

Centro de Acopio El Manglar
 Recuperador comunitario
 Golfito
 Contacto: Sonia Mejías
 Teléfono: 2735-5127
 Correo electrónico: centroacopioelmanglar@gmail.com

Centro de Acopio Lindbergh Barquero
 Empresa recuperadora
 Coto Brus
 Contacto: Lindbergh Barquero
 Teléfonos: 2784-0371 y 8918-8830

Fuente: Guía Nacional de Manejo de Residuos, año 2012

Figura 14: Centros de acopio Puntarenas y Limón

Centro de Recuperación de Materiales Elio Rojas

Empresa recuperadora
Coto Brus
Contacto: Elio Rojas
Teléfonos: 8781-1874 y 2773-5783
Correo electrónico: unacobrus3011@hotmail.com

Depósito de Reciclaje del Sur

Empresa recuperadora
Golfito
Contacto: Freddy Alvarez
Teléfonos: 2775-6194 y 8718-6734

Expork S. A.

Recuperador comunitario
Carrillo
Contacto: Yesenia Arias
Teléfonos: 2697-0466 y 2697-0055
Correo electrónico: yarias@expork.com

Fundación Ambiental Productiva (Funapro)

Recuperador comunitario
Buenos Aires
Contacto: Ramiro Torres Beita
Teléfonos: 2730-1061 y 8760-5991
Correo electrónico: ramiro.funapro@gmail.com

Fundación Robo bot

Recuperador comunitario
Puntarenas
Contacto: María Adelina Salazar
Teléfonos: 2663-2836 y 8378-2719
Correo electrónico: funderobot@hotmail.com

Reciclando Esperanzas

Recuperador comunitario
Corredores
Contacto: Saray Castro
Teléfonos: 2783-5089 y 8316-8299
Correo electrónico: scastro1909@hotmail.com

VCN Reciclaje de Costa Rica

Empresa recuperadora
Puntarenas
Contacto: Ricardo Gutiérrez
Teléfonos: 2553-6655, 2664-9075 y 8311-2533
Correo electrónico: rgutierrez@vcnrcr.com



LIMÓN

Asociación Corredor Biológico Talamanca Caribe

Recuperador comunitario
Talamanca
Contacto: Juan Carlos Barrantes
Teléfonos: 2756-8033 y 8319-2573
Correo electrónico: shulakma@costarricense.cr

Coopemuelle R. L.

Recuperador comunitario
Limón
Contacto: Ezequiel Hudson
Teléfonos: 8614-9766 y 2798-0664
Correo electrónico: portuguez26@gmail.com

Manos Entrelazadas con el Ambiente

Recuperador comunitario
Guácimo
Contacto: Elizabeth Díaz
Teléfonos: 8608-4752 y 8666-5925
Contacto: elizabethasomprogua@gmail.com

Pastoral Social de la Tierra y el Ambiente

Recuperador comunitario
Pococi
Contacto: Gerardo Solórzano
Teléfono: 2710-2009 y 8720-0250
Correo electrónico: p.tierrayambiente@hotmail.com

Recolectores Organizados de la Zona Atlántica (ROZA)

Recuperador comunitario
Limón
Contacto: Rosa González
Teléfonos: 8919-7565 y 2798-2104
Correo electrónico: rgromago1957@gmail.com

Recyplast S. A.

Recicladora de plásticos
Siquirres
Contacto: Armando Salas
Teléfonos: 2768-0700 y 8302-0815
Correo electrónico: asalas@recyplast.cr

Fuente: basado en el directorio de la Red Redcicla (www.redcicla.org/organizacion/afiliados.php).

Conozca cuáles son los puntos de recolección del programa AmbientaDOS en:

www.teletica.com/ambientados
www.facebook.com/AmbientaDos

Si necesita más información, escriba a ambientados@proxima.co.cr

Carta de Aceptación tutor

PROCEDIMIENTOS EN RELACIÓN CON PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN



San José, jueves 9 de agosto 2021

Señor
Luis Dumani
Director
Maestría en Liderazgo y Gestión Ambiental
Universidad Para la Cooperación Internacional (UCI)

Estimado Señor:

Por este medio, el suscrito Olivier Thierry Chassot Labastrou, con cédula costarricense 800930792, con grado académico de Doctorado en Ciencias Naturales, obtenido en el año 2010, otorgado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, manifiesto que estoy de acuerdo en ser tutor del Proyecto Final de Graduación del estudiante Melissa María Santana Sáenz.

La labor de tutoría se realiza para que la estudiante opte por el grado de **Máster en Liderazgo y Gestión Ambiental** otorgado por la **Universidad para la Cooperación Internacional (UCI)**, y la realizaré en forma objetiva, ética y profesional según las disposiciones atinentes que provee la UCI.

Declaro que cuento con la experiencia y conocimiento más que suficiente para esta labor de Tutoría.

Universidad para la Cooperación Internacional
Atentamente,
University for International Cooperation

A handwritten signature in black ink that reads 'O. Chassot Labastrou'.

Nombre Completo: Olivier T. Chassot Labastrou
Teléfono móvil: (506) 8822-0226
Dirección de correo electrónico: olivier.chassot@mail.com

Charter del proyecto



ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)

Nombre y apellidos: Melissa María Santana Sáenz
Lugar de residencia: San José, Santa Ana, Pozos
Institución: Universidad para la Cooperación Internacional
Cargo / puesto: Estudiante

Información principal y autorización del PFG	
Fecha: 27 de julio 2021	Nombre del proyecto: Metodología para la inclusión de la economía circular en el gremio de la construcción en Costa Rica
Fecha de inicio del proyecto: 10/8/2021	Fecha tentativa de finalización: 10/11/2021
Tipo de PFG: (tesina) Tesina	
Objetivos del proyecto: Crear una metodología de diseño y construcción circular para incentivar un cambio de cultura constructiva y disminuir su impacto ambiental.	
Descripción del producto <ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigar los diferentes impactos ambientales de las actividades constructivas generados por los diferentes tipos de residuos. ▪ Identificar los posibles usos de los residuos de la construcción en otras actividades comerciales de la región. ▪ Analizar posibles alianzas entre los constructores y desarrolladores para una debida colocación de residuos en la comunidad inmediata o algún productor regional, al igual que con el gobierno. ▪ Generar un procedimiento básico detallado para la correcta aplicación de una economía circular en un proyecto constructivo. 	
Necesidad del proyecto: En los últimos años la economía circular ha empezado a ser más conocida a nivel mundial. Esta consiste en un concepto relacionado con el aprovechamiento de los recursos, y llega a reemplazar lo que conocemos como una economía lineal, la cual a diferencia de la circular plantea el aprovechamiento del recurso hasta el punto final de la producción o prestación del servicio. La circular busca reinsertar el residuo al ciclo productivo.	

+506 2283 6464 Avenida 15, Calle 25
 info@uci.ac.cr Barrio Escalante
 www.uci.ac.cr Costa Rica

Conocimiento,
 creatividad
 y conectividad



<p>A su vez, la construcción es fundamental para el desarrollo de cualquier país, tanto a nivel público como privado. Existen proyectos de infraestructura nacional como son hospitales, aeropuertos, carreteras, puentes, edificios educacionales, oficinas administrativas, centros comunales, parques, y otros. A nivel privado también existen proyectos de infraestructura a nivel residencial, comercial e industrial, viviendas, oficinas, comercios, hospitales, y diferentes centros recreativos. Indiferentemente si es privado o público, la construcción genera un encadenamiento de trabajo y empleo, incrementando el bienestar del país.</p>
<p>Justificación de impacto del proyecto: Se han realizado múltiples investigaciones a nivel mundial acerca de la capacidad de regeneración del planeta, y el crecimiento desmedido del comercio que ha acelerado el deterioro del ambiente, esto se debe al modelo lineal de producción y consumo. La construcción se desarrolla luego de una considerable extracción de materias primas, y también es producto de una gran cadena de producción de materiales y acabados diferentes que a su vez ocasionan emisiones y generan su propia huella ecológica. El ciclo de vida de una construcción empieza desde el diseño, pasa por la ejecución, uso y la operación. La etapa constructiva representa aproximadamente un 1200% de la huella de carbono que genera la construcción en operación. Es por este motivo que la etapa constructiva es la más importante a la cual aplicar economía circular. Es fundamental desarrollar estrategias y guías para los demás profesionales, clientes, gobierno e instituciones de cómo aplicar economía circular en el país en la construcción.</p>
<p>Restricciones: Legislación Cultura Infraestructura Tecnología</p>
<p>Entregables: Metodología de diseño y construcción para proyectos de pequeña y gran escala.</p>
<p>Identificación de grupos de interés: Cliente(s) directo(s): Dueños del inmueble Municipalidades Gobierno Ingenieros Emprendedores Empresas de manufactura Cliente(s) indirecto(s):</p>



Rellenos Sanitarios Proveedores Comunidad	
Aprobado por (Tutor) Olivier Chassot	Firma: 
Estudiante: Melissa Maria Santana Sáenz	Firma: 