



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

DESARROLLO DE UNA GUÍA Y CATÁLOGO DE APLICACIÓN DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ÁLVARO PAOLO CÁRCAMO CORREA

PROFESORA GUÍA:
KATHERINE MARTINEZ ARRIAGADA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MARLENA MURILLO SEGURA
JORGE PULGAR ALLENDES

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por:
Corporación de Desarrollo Tecnológico

SANTIAGO DE CHILE
2022

DESARROLLO DE UNA GUÍA Y CATÁLOGO DE APLICACIÓN DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
POR: ÁLVARO PAOLO CÁRCAMO CORREA
FECHA: 2022
PROFESOR GUÍA: KATHERINE MARTINEZ ARRIAGADA

La Economía Circular nace a partir de la unión de tres conceptos, como lo son la *economía* propiamente tal, el *medio ambiente* y la *sociedad* y se puede definir como aquella que su propósito es ser restaurativa y regenerativa, además de considerar que los distintos productos, componentes y materias mantengan su utilidad y valor máximo en todo momento. De esta forma, se busca desvincular el desarrollo económico global del consumo de recursos finitos.

Específicamente en el sector construcción en Chile, la transición desde un modelo de negocios lineal a uno circular permite apuntar hacia una industria más sustentable, de mejor productividad y menores emisiones, por lo que la economía circular es una oportunidad de contribuir en avanzar de forma sistémica en esta transformación.

Junto con la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), en el marco de la Estrategia de Economía Circular en Construcción, se busca desarrollar una guía y catálogo 2022 de iniciativas de circularidad en el sector construcción. Esto implica el análisis de distintas herramientas, para definir parámetros y estrategias de sustentabilidad en toda la cadena de valor: proveedores, fabricantes, constructoras, inmobiliarias para luego, identificar casos, y recabar información mediante encuestas, entrevistas y visitas a terreno. Posteriormente se realizará un análisis y se sistematizará la información en fichas que serán difundidas a través de una web.

Para desarrollar este trabajo se deben identificar estrategias y criterios de circularidad, ejecutar un levantamiento de información de experiencias nacionales junto con realizar un registro audiovisual de las visitas, efectuar el correspondiente análisis exhaustivo y validación de datos, para luego realizar la guía de buenas prácticas de circularidad en la construcción.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos del trabajo	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Metodología	2
1.3.1. Conceptos y definiciones	2
1.3.2. Recolección de datos	2
1.3.3. Encuestas, entrevistas y visitas a terreno	3
1.3.4. Análisis y sistematización de información y resultados	3
1.4. Resultados esperados	3
2. Marco Teórico	4
2.1. Definiciones conceptuales y técnicas	4
2.2. Estado del arte	7
2.3. Marco normativo y regulatorio	9
2.4. Factores del contexto	11
2.5. Creación del Comité Técnico de Economía Circular	13
3. Desarrollo del catálogo	15
3.1. Identificación de estrategias y criterios de circularidad	15
3.2. Estructura de orden y formato de información	19
3.3. Levantamiento de casos y experiencias nacionales	22
3.3.1. ESTUDIO ADL	27
3.3.2. Cementos transex/CMPC	31
3.3.3. IUS LATAM	32
3.3.4. Recylink en conjunto con Siena	33
3.3.5. AXIS/Pinturas Poliestirec	37
3.3.6. AZA	40
3.3.7. TIMBERECCO	42
3.3.8. REVALORIZA	44
3.3.9. GREENREC	48
4. Análisis y discusión de resultados	51
5. Conclusiones y recomendaciones	58
Bibliografía	60

Índice de Tablas

3.1.	Estructura de orden de la información	21
3.2.	Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 1	22
3.3.	Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 2	23
3.4.	Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 3	24
3.5.	Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 4	25
3.6.	Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 5	26
3.7.	Módulos abordados en el curso	32
4.1.	Estimación de material por Kg/m ² . Fuente: (CIES, año desconocido)	54
4.2.	Distintos tipos de residuos y procedencia	55
4.3.	Principales residuos generados en la etapa de terminación. Fuente: Elaboración propia	56

Índice de Ilustraciones

1.1.	La industria de la construcción de Chile en números. Fuente: (Economía Circular y sector Construcción en Chile: Fundación Chile, 2020)	1
3.1.	Ejemplo de tipología de una iniciativa recibida en la que se busca clasificar por tipos el modelo de Economía Circular en la construcción. Fuente: Elaboración propia	19
3.2.	Ejemplo de nombre de la empresa de una iniciativa recibida donde se muestra quien o quienes se encuentran detrás de la iniciativa circular. Fuente: Elaboración propia	19
3.3.	Ejemplo de nombre de una iniciativa recibida donde se presenta la idea. Fuente: Elaboración propia	20
3.4.	Ejemplo de descripción en la que explica brevemente y a grandes rasgos parte de la iniciativa circular. Fuente: Elaboración propia	20
3.5.	Ejemplo de atributos circulares en donde la empresa justifica el motivo por el cual la iniciativa presentada se puede catalogar como circular. Fuente: Elaboración propia	21
3.6.	Ejemplo de estrategias utilizadas por las iniciativas, las cuales reflejan las técnicas y conjunto de actividades destinadas a conseguir la circularidad del proyecto. Fuente: Elaboración propia	21
3.7.	Ejemplo de resultado del uso de la herramienta de evaluación de edificios circulares. Fuente: https://www.cenergie.be/nl/diensten/advies/c-calc	29
3.8.	Empaque Zero Waste de CMPC. Fuente: (Diario Sustentable, 2021)	31
3.9.	Comparación de estimación total nacional de RCD generados por edificación vs. declaración en RETC (SINADER + SIDREP), 2015-2018. Fuente: (Informe del estado del medio ambiente, 2021)	33
3.10.	Residuos gestionados en obra de edificio habitacional. Fuente: Recylink.	34
3.11.	Jerarquización de la Gestión de residuos Integral de Residuos Sólidos. Fuente: (NCh 3562:2019, 2019)	35
3.12.	Cercha prefabricada utilizada en una obra AXIS. Fuente: Exposición Encuentro Técnico "Gestión de residuos en obra".	37
3.13.	Cartón y plástico tipo film segregado y almacenado en bodega. Fuente: Exposición Encuentro Técnico "Gestión de residuos en obra".	38
3.14.	Reutilización de acera que se debía demoler para un proyecto en Punta Arenas. Fuente: Exposición Encuentro Técnico "Gestión de residuos en obra".	38
3.15.	Retiro del poliestireno expandido de obra para su tratamiento de fabricación de pinturas de Poliestirec. Fuente: Exposición Encuentro Técnico "Gestión de residuos en obra".	39
3.16.	Pinturas ofrecidas por Poliestirec. Fuente: (www.poliestirec.cl , 2022).	39

3.17.	Planta de tratamiento de AZA ubicada en Colina. Fuente: (Reporte de Sostenibilidad AZA 2021, 2021)	40
3.18.	Procedencia de la chatarra ferrosa utilizada en AZA. Fuente: (Reporte de Sostenibilidad AZA 2021, 2021)	41
3.19.	Proveedores y recicladores de AZA. Fuente: (Reporte de Sostenibilidad AZA 2021, 2021)	41
3.20.	Productos realizados con madera plástica de TIMBERECCO. Fuente: (Catalogo arquitectura, 2022)	42
3.21.	Fachada realizada con madera plástica de TIMBERECCO. Fuente: (TIMBERECCO, 2022)	43
3.22.	Ubicación geografica de planta de tratamiento de REVALORIZA. Fuente: (Google Maps, 2022)	44
3.23.	Separación de residuos de madera para la reutilización como materia prima, mediante trituración. Fuente: (revaloriza.cl,2022)	45
3.24.	Separación de residuos plásticos para la reutilización como materia prima mediante trituración dentro de las siguientes categorías Polietileno tereftalato - PET Polietileno de alta densidad - PEAD Policloruro de vinilo - PVC Polietileno de baja densidad - PEBD Polipropileno - PS Otros - PA, ABS, SAN, Acrílico, PC. Fuente: (revaloriza.cl,2022)	45
3.25.	Separación de residuos metálicos para la reutilización como materia prima dentro de las siguientes categorías: Ferrosos: Aceros; No ferrosos: Aluminio, cobre y bronce. Fuente: (revaloriza.cl, 2022)	46
3.26.	Separación de residuos en cartón para la reutilización como materia prima mediante trituración. Fuente: (revaloriza.cl, 2022)	46
3.27.	Separación de residuos en yesos para la reutilización como materia prima. Fuente: (revaloriza.cl, 2022)	47
3.28.	Vertedero de residuos de la construcción y demolición frente a un colegio en Antofagasta. Fuente: (soychile.cl, 2022)	48
3.29.	Ejemplo de clasificación de materiales en obra. Fuente: (greenrec.cl, 2022)	49
3.30.	Planta de valorización de RCD. Fuente: (greenrec.cl, 2022)	49
3.31.	Acopio de materiales en planta de destino. Fuente: (greenrec.cl, 2022)	50
4.1.	Espacio habitable de hormigón, madera y vidrio. Fuente: (ERDC Arquitectos, 2012)	53
4.2.	Tasa de recuperación en destino - Experiencia Europea. Fuente: (Greenrec, 2021)	57
5.1.	Formato de ficha propuesto para la guía y catalogo de aplicación buenas practicas de Economía Circular, en el sector construcción en Chile; parte 1 - Caso ejemplo Poliestirec. Fuente: Elaboración propia	63
5.2.	Formato de ficha propuesto para la guía y catalogo, de aplicación buenas practicas de Economía Circular, en el sector construcción en Chile; parte 2 - Caso ejemplo Poliestirec. Fuente: Elaboración propia	64

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

El cambio climático es un gran desafío por resolver en esta década, es una crisis sin precedentes y es necesario enfrentarlo con urgencia desde un punto de vista económico, ético y social. Chile tiene un liderazgo reconocido de utilización de energías renovables no convencionales, las cuales podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, que son los responsables del calentamiento global. A pesar de esto, es imperativo modificar la forma de fabricar y consumir bienes y productos, por lo que es indispensable innovar, pasando de una economía lineal a una circular. La economía circular se basa en tres principios claves: diseño libre de residuos y contaminación, mantener los productos y materiales en uso y regenerar los sistemas naturales.

En cuanto al uso de recursos, el rubro de la construcción es uno de los principales consumidores a nivel global de estos. Las edificaciones usan cerca del 40 % de la materia prima global (3 billones de toneladas anuales), generando así entre un 25 % y 40 % de residuos sólidos, de los que menos de un tercio son reutilizados o reciclados. En Chile, cerca del 34 % de los residuos sólidos corresponden a residuos de construcción y demolición (de ahora en adelante RCD). Se estima que al año 2023, la generación de RCD alcanzará 7.455.602 toneladas anuales, solo considerando lo destinado a viviendas, lo cual equivale a mas de siete millones de metros cúbicos.

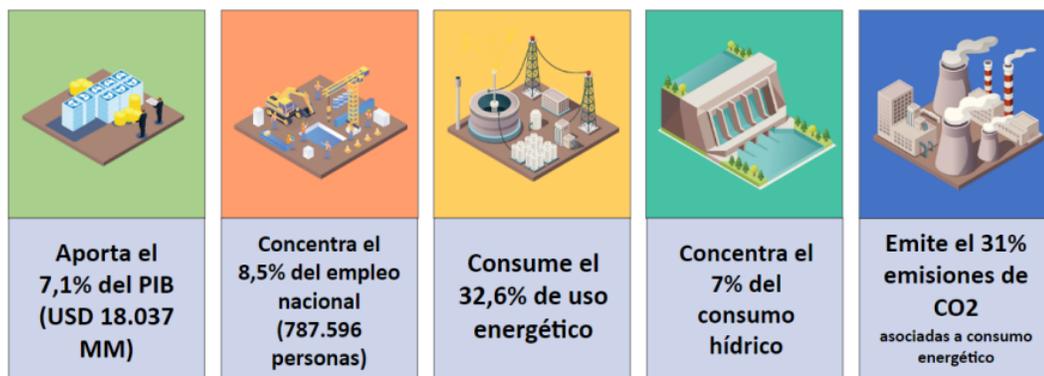


Figura 1.1: La industria de la construcción de Chile en números. Fuente: (Economía Circular y sector Construcción en Chile: Fundación Chile, 2020)

Para la transición de una economía lineal a una circular es necesario un cambio sistémico y, en particular en el sector de la construcción en Chile, permite lograr una industria más sustentable, de mejor productividad y menores emisiones, por lo que se debe ver como una oportunidad de colaboración para el rubro, con fin de tener una postura proactiva para aportar al desarrollo sostenible de Chile.

Teniendo en consideración todo lo anterior, es que se motiva a realizar un catálogo de iniciativas de circularidad que exponga casos, datos e indicadores para fomentar la incorporación de conceptos de Economía Circular tanto en procesos de la cadena de suministros/aprovisionamiento, como en etapas tempranas de diseño, construcción y operación.

1.2. Objetivos del trabajo

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar un guía y catálogo de aplicación de circularidad en toda la cadena de valor de un proceso constructivo que presente ejemplos y casos nacionales.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar estrategias y criterios de circularidad aplicables a las principales etapas del ciclo de vida de construcción: Diseño, uso, recuperación.
- Realizar un levantamiento de casos y conocer experiencias nacionales.
- Establecer una estructura de orden de información, en formato de fichas de un catálogo (dinámico, y que pueda ser actualizado en el tiempo).
- Analizar, sistematizar y editar la información relevante.

1.3. Metodología

1.3.1. Conceptos y definiciones

Se efectuará un repaso de los principales conceptos vinculados con el tema para así contextualizar el trabajo, teniendo claridad en sus definiciones, alcances, y la importancia en la materia.

1.3.2. Recolección de datos

Realizar una búsqueda íntegra de diferentes bibliografías de múltiples fuentes, páginas web nacionales e internacionales, guías e información existente en general que contengan estudios relacionados a la circularidad, sustentabilidad y manejo de residuos en el rubro de la construcción.

1.3.3. Encuestas, entrevistas y visitas a terreno

Se confeccionará una encuesta con la finalidad de levantar casos, profundizar en algunos, para luego preparar reuniones y entrevistas con preguntas seleccionadas, conocer la forma de trabajo y recabar datos de los impactos que tiene la aplicación de circularidad en su operación.

1.3.4. Análisis y sistematización de información y resultados

Con la información ya levantada, se buscará sistematizarla, ordenarla, analizarla cualitativa y cuantitativamente, buscar indicadores para discernir cuando se está aplicando circularidad. Esto resultará de suma importancia para el desarrollo de la guía y así fomentar en la construcción chilena la implementación de lo que es la economía circular.

1.4. Resultados esperados

Como producto de este trabajo se espera tener una guía de buenas prácticas de circularidad y un catálogo que entregue conocimientos de casos en Chile, datos e indicadores para fomentar la incorporación de conceptos de economía circular tanto en procesos de la cadena de suministros/aprovisionamiento, como en etapas tempranas de diseño, construcción y operación. Por otro lado, generar un diagnóstico de las oportunidades y desafíos que presenta la aplicación de la circularidad en el país.

Capítulo 2

Marco Teórico

El presente capítulo abordará los principales conceptos y definiciones asociados a la economía circular, esto fundamentado con antecedentes, investigaciones previas, consideraciones teóricas y bibliografías. Además del marco regulatorio relacionado a la aplicación de Economía Circular, junto con mostrar el conocimiento acumulado sobre la iniciativa en el contexto chileno.

2.1. Definiciones conceptuales y técnicas

A partir del glosario publicado por la iniciativa *Estrategia Sustentable RCD*, del programa *Construye 2025* y el de *Construcción Circular* elaborado por *Felipe Ossio*, se pueden extraer las siguientes definiciones asociadas:

- **Economía Circular:** *Según la Ellen Macarthur Foundation, es una alternativa atractiva que busca redefinir qué es el crecimiento, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad. Esto implica disociar la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los residuos del sistema desde el diseño. Respaldada por una transición a fuentes renovables de energía, el modelo circular crea capital económico, natural y social y se basa en tres principios: Eliminar residuos y contaminación desde el diseño; Mantener productos y materiales en uso; Regenerar sistemas naturales.*
- **Acopio de RCD:** *Acumulación de RCD en lugares específicos por un tiempo determinado en la obra de construcción y demolición.*
- **Adaptabilidad:** *Posibilidad de ser cambiado o modificado para adaptarse a un uso particular.*
- **Ciclo Biológico:** *Ciclo en el cual los desechos de un material pueden regresar de manera segura a la naturaleza.*
- **Ciclo técnico:** *Ciclo en el cual con la suficiente energía disponible, la intervención humana recupera los distintos recursos y recrea el orden, dentro de un periodo de tiempo determinado.*
- **Diseño circular:** *Diseño de materiales, productos o modelos de negocio que se encuentran alineados con al menos uno de los principios de la economía circular y permanecer neutrales hacia los otros dos.*

- **Disposición final de RCD:** *Procedimiento de eliminación de RCD mediante su depósito definitivo en instalaciones autorizadas.*
- **Eliminación de RCD:** *Procedimiento cuyo objetivo es disponer en forma definitiva o destruir un RCD en instalaciones autorizadas.*
- **Generador de RCD:** *Persona natural o jurídica que genera RCD y que a su vez sea titular de un permiso de edificación o demolición u otro tipo de autorización otorgada por la autoridad competente.*
- **Gestión de RCD:** *Todas las acciones operativas a las que se somete un residuo de construcción y demolición, incluyendo la recolección, el acopio, el transporte, pretratamiento, tratamiento y eliminación del residuo.*
- **Gestor de RCD:** *Persona natural o jurídica, que realiza cualquiera de las operaciones de gestión de RCD, y que se encuentra autorizada y registrada en conformidad a la legislación vigente.*
- **Jerarquía en el manejo de residuos:** *Orden de preferencia de manejo de un residuo, que considera como primera alternativa la prevención en la generación de estos residuos, luego su reutilización, el reciclaje de los mismos o uno o más de sus componentes y la valorización energética de los residuos, total o parcial, dejando como última alternativa su eliminación.*
- **Manejo ambientalmente racional:** *Adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los residuos se manejen de manera que el medio ambiente y la salud de las personas queden protegidos contra los efectos perjudiciales que se pueden derivar de tales residuos.*
- **Material de excavación:** *Tierra, piedra, rocas, tosca de cerro, escarpes, capas vegetales, material integral, generados en la excavación o perfilamiento del terreno de una obra de construcción o demolición.*
- **Obra de construcción:** *Actividad que consiste en: 1) La construcción, rehabilitación, reparación, reacondicionamiento o demolición de un bien inmueble, tal como obras de edificación habitacionales y no habitacionales, obras civiles y obras industriales. 2) La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo.*
- **Obra de demolición:** *Faenas de destrucción, remoción, desmantelamiento y/o desconstrucción, parcial o total, de una obra construida o de sus partes, mediante cualquier técnica, proceso o método que genere residuos.*
- **Pretratamiento:** *Operaciones físicas previas a la valorización de los RCD tales como: separación, desembalaje, compactación, empaque, trituración, entre otras, destinadas a reducir su volumen, facilitar su manipulación o potenciar su valorización.*
- **Prevención:** *Medidas adoptadas antes de que una sustancia, material o producto se haya convertido en residuo con el fin de reducir la cantidad de residuo, los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de la generación de residuos, y el contenido de sustancias nocivas de materiales y productos.*

- **Residuo:** *Sustancia u objeto que su generador desecha o tiene la intención u obligación de desechar de acuerdo a la normativa vigente.*
- **Residuo Peligroso:** *Residuo que se ajusta a alguna característica de peligrosidad de acuerdo a la legislación vigente.*
- **Residuo asimilable a domiciliario:** *Residuo que por sus características físicas, químicas y bacteriológicas, se puede disponer en un relleno sanitario sin interferir con la operación normal.*
- **Residuo de producto prioritario:** *Generado a partir de algún producto prioritario señalado por los mecanismos de responsabilidad extendida del productor definidos por la autoridad competente.*
- **Residuo inerte:** *Residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no son biodegradables, no afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.*
- **Reciclaje:** *Empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el coprocesamiento y el compostaje, pero excluyendo la valorización energética.*
- **Recolección:** *Operación consistente en recoger un residuo con el objeto de transportarlos a una instalación de valorización o de disposición final, según corresponda.*
- **Recolección selectiva o segregada recogida:** *En la que un flujo de residuos se mantiene separado debido al tipo y la naturaleza de los residuos, de modo que se facilite un tratamiento específico.*
- **Reutilización:** *Acción mediante la cual productos o componentes de un residuo se utiliza de nuevo, sin involucrar un proceso productivo.*
- **Sustancia peligrosa:** *Aquella que, por su naturaleza, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal, a los elementos materiales tales como instalaciones, maquinarias, edificios, etc.*
- **Tratamiento:** *Operaciones de valorización y eliminación de residuos.*
- **Trazabilidad:** *Conjunto de procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer las cantidades, ubicación y trayectoria de un residuo o lote de residuos a lo largo de la cadena de manejo.*
- **Valorización:** *Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos. La valorización comprende la preparación para la reutilización, el reciclaje y la valorización energética.*
- **Valorización energética:** *Empleo de un residuo con la finalidad de aprovechar su poder calorífico.*
- **Vida útil:** *Período que comienza con la puesta en servicio, durante el cual una instalación o sus diversas partes cumplen o superan los requisitos de rendimiento.*

2.2. Estado del arte

De acuerdo con Guillermo González, ex-jefe de Oficina de Economía Circular del Ministerio del Medio Ambiente *La crisis climática es el mayor desafío que se enfrenta como humanidad y se tiene la obligación de tomar acciones urgentes, cambiando cómo se hacen las cosas.* El planeta ya no resiste la lógica lineal de extraer, producir y desechar, se necesita dar un giro. Se debe avanzar hacia una economía circular, en donde la basura no exista, los materiales se mantengan en el ciclo de producción y la forma que producimos hasta tenga una capacidad de regenerar ecosistemas dañados.

Dado lo anterior es que se generó la Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040, plan maestro que contiene metas y acciones concretas para que el país avance hacia la economía circular, una que sea regenerativa e impulse a Chile hacia un desarrollo sostenible, a un país donde nada se desperdicie y todo se transforma para el cuidado de la vida. Logrando eso se podrá mejorar la calidad de vida de las personas en sus territorios, cuidar y regenerar los ecosistemas de nuestro país y abrir múltiples nuevas alternativas de crecimiento verde. La visión de esta hoja de ruta es que, al año 2040, la economía circular regenerativa impulse a Chile hacia un desarrollo sostenible, justo y participativo que ponga el bienestar de las personas al centro; esto, a través del cuidado de la naturaleza y sus seres vivos, la gestión responsable y eficiente de los recursos naturales, y una sociedad que usa, consume y produce de manera sostenible y consciente, fomentando la creación de empleos verdes y oportunidades para personas y organizaciones a lo largo del país.

La construcción juega un rol fundamental en esta transformación, se estima que cerca del 35 % de los residuos a nivel mundial son RCD. En Chile, la generación de estos alcanza 7,1 millones de toneladas al año, solo por edificaciones autorizadas, lo que es más que el total de los residuos municipales, algo así como tres cerros Santa Lucía. A eso hay que agregarle las obras de infraestructura, lo que se genera en catástrofes naturales y las edificaciones informales. Asimismo, la construcción representa 7,1 % del PIB de Chile, siendo un motor importante de la reactivación que es necesario impulsar, y un consumidor de millones de toneladas de materiales.

Con la incorporación de economía circular al sector construcción se abren innumerables posibilidades de ahorro y optimización, además nuevas oportunidades de negocios. Pasar de enterrar materiales a darles una segunda vida útil es un cambio necesario, y en el sector construcción significa valorizar millones de toneladas de áridos, maderas y otros materiales, lo que es al mismo tiempo una oportunidad, y eso la industria ya lo está explorando. Según un estudio de la Universidad Católica, las pérdidas económicas por materiales desperdiciados son de US\$315 millones al año. Sin embargo, los RCD son altamente aprovechables, pudiendo alcanzar tasas de 95 %.

La industria de la construcción está conociendo las ventajas de incorporar la economía circular en sus procesos productivos y en su oferta. Hoy el gremio de la construcción es consciente de que tiene un rol importante para lograr ciudades sostenibles y mejorar el desempeño ambiental en nuestro país.

Así lo refleja la alta y positiva participación de la Cámara Chilena de la Construcción y de muchas empresas constructoras y proveedoras de materiales que participaron activamente, en todo Chile, de la confección de la hoja de ruta antes mencionada. También el hecho de que el sector ya está trabajando en la elaboración de su estrategia hacia la economía circular.

Las empresas que han implementado medidas ya han demostrado que resulta económicamente atractivo optimizar los diseños, mejorar el manejo de materiales en obra, disminuir la generación de residuos. Seguir el camino de la sustentabilidad en la construcción no es más costoso, porque la economía circular ofrece optimizar los procesos productivos mejorando la productividad de los materiales.

Se proyecta que al 2040 la economía circular esté instalada con fuerza en la cultura del país, generando hábitos de uso, consumo y patrones de producción más sostenibles. Asimismo, que las prácticas circulares impulsen la regeneración de la naturaleza; que se aproveche al máximo el potencial de la innovación; que se promueva el desarrollo local sostenible. Para ello, el impulso del sector construcción es fundamental.

Según lo publicado en la Hoja de Ruta para un Chile Circular entre las metas más relevantes de esta iniciativa son:

- El ordenamiento y la planificación del territorio consideran el crecimiento de la edificación e infraestructura y los impactos que genera su construcción, estableciendo instrumentos que fomentan la economía circular y uso eficiente de los recursos en las actividades productivas que se llevan a cabo en la región.
- El 50 % de la edificación e infraestructura pública nueva de Chile cuenta con criterios y atributos circulares, acreditados a través de certificaciones.
- A nivel nacional, el 40 % de la oferta de materiales, productos, piezas y componentes para la construcción cuenta con atributos circulares.
- El país cuenta con plataformas de trazabilidad de materiales y residuos para la economía circular del sector construcción.
- El país cuenta con programas a nivel regional para la remediación, restauración y mitigación de los riesgos generados por la extracción ilegal de áridos y disposición inadecuada de RCD.

2.3. Marco normativo y regulatorio

Si bien en Chile no existe una normativa específica relacionada a la Economía Circular y que además el marco normativo aplicable a la industria de la construcción es escaso, existen leyes, normas y decretos que se definen para regular el comportamiento de las organizaciones y determinar su posibilidad de acción. La normativa aplicable a la cadena de valor del sector construcción, que se tendrá en consideración para la realización del catálogo, es la reunida en el levantamiento realizado por la *Estrategia RCD*:

- **Ley 20879/2015**
Sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos
- **Decreto 189/2008**
Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios
- **Resolución 5081/1993**
Establece sistema de declaración y seguimiento de desechos sólidos industriales
- **Decreto con Fuerza de Ley 725/1967**
Código Sanitario
- **Decreto Supremo 594/2000**
Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo
- **Decreto con Fuerza de Ley 1/1989**
Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa
- **Decreto 1/2013**
Aprueba reglamento del RETC (registro de emisiones y transferencias de contaminantes)
- **Decreto Supremo 47/1992**
Fija nuevo texto de la ordenanza general de la ley general de urbanismo y construcciones
- **Decreto Supremo 75/1987**
Establece condiciones para el transporte de cargas que indica
- **Decreto Supremo 40/2013**
Aprueba reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental
- **Resolución 1139/2014**
Aprueba norma básica para aplicación del reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes
- **NCh 3322/2013**
Colores de contenedores para identificar distintas fracciones de residuos
- **Ley 19300/1994**
Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente

- **Ley 20920/2016**
Establece marco para la gestión de residuos la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje
- **Decreto 7/2017**
Reglamento del fondo para el reciclaje
- **Decreto 148/2004**
Reglamento Sanitario sobre el manejo seguro de Residuos Peligrosos
- **Decreto 609/1998**
Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado
- **Decreto 4740/1947**
Aprueba el reglamento sobre normas sanitarias mínimas municipales
- **Ley 19821**
Deroga la ley N° 3.133 y modifica la ley N° 18.902 en materia de residuos industriales
- **Norma NCh 3562**
Establece una clasificación para residuos de construcción y demolición (RCD); las consideraciones mínimas para la gestión de RCD no peligrosos, generados en obras de construcción y demolición; y contenidos de un plan de gestión de RCD para obras de construcción y de demolición.

Realizando una revisión de normativas e indicadores de Economía Circular existentes a nivel internacional en el sector construcción, se llega al *Kit de Herramientas de Diseño de Edificios Circulares*, presentado por Arup y la Fundación Ellen MacArthur, que se desarrolló en base a las mejores prácticas y políticas internacionales relevantes, tales como:

- **EU Taxonomy**. La cual es un sistema de clasificación que establece una lista de actividades económicas ambientalmente sostenibles.
- **EU Levels**. La cual proporciona un lenguaje común para evaluar e informar sobre el rendimiento de sostenibilidad de los edificios.

Las estrategias presentadas en el *Kit de Herramientas de Diseño de Edificios Circulares* también se encuentran alineadas con las recomendaciones de Economía Circular del World Green Building Council, así como de los National Green Building Councils.

2.4. Factores del contexto

Conforme al análisis realizado en el *Portafolio de Modelos de Negocios en Economía Circular en Construcción*, el cual busca acercar soluciones circulares a emprendedores e innovadores, se tienen seis factores fundamentales para orientar a la toma de decisiones, especialmente para el desarrollo de estrategias, e identificación de oportunidades y amenazas del entorno.

- **Factores Políticos:** La crisis social que surgió en Chile desde octubre 2019 que llevó a que la institucionalidad vigente se viera seriamente sobrepasada y comprometida, sentando las bases para un referéndum que definirá el cambio de la Carta Magna que rige al país desde la década de los 80. Esta inestabilidad e incertidumbre respecto a la nueva Constitución, así como la nueva sociedad que busca el país, es el factor más relevante para analizar. Si bien durante los últimos años los asuntos ecológicos y ambientales han tomado la agenda de Gobierno, incluyendo la presidencia de una Conferencia de las Partes, COP 25 (Cumbre Anual que realiza la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) donde se reúnen los 196 países más la Unión Europea que conforman a las Partes), en representación de América Latina y el Caribe, la cual debió ser realizada fuera de Chile el año 2019 debido a la crisis social de ese entonces.
- **Factores Económicos:** Durante las últimas décadas, Chile ha tenido una impresionante expansión económica, reflejado en un crecimiento promedio de 4,8 % en su PIB per cápita desde 1986 hasta 2005 (IPSOS, 2019). Siendo Chile uno de los países con mejores rendimientos en indicadores económicos de Latinoamérica, también lidera los rankings de desigualdad social, ocupando el lugar número 25 de los países más desiguales a nivel mundial en el Índice de Gini según cifras del Banco Mundial. Debido a la crisis social del 2019 y a la pandemia de Covid-19 del 2020, es que se han reducido las expectativas de crecimiento del PIB, y ha tenido como principal amenaza la contracción del crecimiento de Chile y de la economía mundial. Hablamos de una “contracción del PIB de 6,0 % en 2020, aunque un relajo de las medidas de confinamiento permitió una recuperación parcial hacia finales de ese año. Se perdieron más de un millón de empleos, lo que afectó mayoritariamente a las mujeres y a los trabajadores del comercio, la agricultura y hotelería, debilitando aún más a la frágil clase media. En conjunto con la contracción económica, el déficit fiscal aumentó a 7,5 % del PIB en 2020, el más grande de las últimas tres décadas”. Si bien se espera una reactivación económica es muy poco probable que Chile llegue a los niveles anteriores a la pandemia hasta unos años más, proyectándose un crecimiento de 5,5 % este 2021. (Banco Mundial, 2021). Esta contracción de la economía provocó efectos directos en el rubro de construcción, aun cuando se considera al rubro de la construcción como una función esencial, permitiendo continuar trabajos y obras en momentos que el país y el mundo se encuentran en estricta cuarentena.
- **Factores Sociales:** Si bien la producción, comercialización y posicionamiento de bienes y servicios sustentables, así como la comunicación e interés del público en la sostenibilidad y el triple impacto, ha tenido una enorme alza en los últimos años, esto no se ha visto reflejado aun en el traspaso de mayor valor a un mayor precio final. Existe una tendencia de los consumidores a preferir productos de consumo masivo circulares o sustentables en igualdad de precios frente a los no sustentables (IPSOS, 2019). Estos cambios en los patrones de compra es un factor habilitante para que las constructoras desarrollen nuevos modelos y estrategias sustentables y circulares en toda su

cadena de valor, pero al no tener aun un efecto directo en el precio final a pagar por el cliente, no se desarrolla a la velocidad y nivel requerido para generar un cambio de paradigma en la forma como se construye en Chile.

- **Factores Tecnológicos:** Se tiene acá un factor de suma relevancia cuando se habla de economía circular. El desarrollo de la tecnología ha sido exponencial en las últimas décadas, y para el caso específico de la economía circular, imposible dejar de lado el desarrollo y la implementación de la Industria 4.0 en la trazabilidad de los recursos, así como en el desarrollo de nuevas innovaciones, plataformas y tecnologías que permiten una mejor utilización los materiales, y la innovación en nuevos modelos de negocio (PricewaterhouseCoopers, 2017).

La implementación de estas tecnologías, en cada una de las etapas de la cadena de valor de la construcción, significará el desarrollo de nuevos modelos de negocio con un impacto muy importante en el flujo circular de los recursos, desde el diseño de las soluciones constructivas, hasta la gestión responsable de los residuos.

El potencial de innovación que existe al unir estos nuevos diseños y conceptos circulares, con las tecnologías de IoT, Data Mining, e IA entre otras, abre un mundo de oportunidades, el cual recién estamos comenzando a explorar.

- **Factores Ambientales:** En Chile, se estima una generación anual de 7,1 millones de toneladas de RCD, 70 % de este total de residuos inertes, comparado a una demanda anual de 11 millones de metros cúbicos de áridos, muchas veces extraídos de manera ilegal – a eso se suma la débil cobertura nacional de sitios legales para escombros de construcción (Construye2025, 2020). Asimismo, año tras año vemos que, a pesar de los esfuerzos, necesitamos varios planetas Tierra para cubrir nuestros consumos de recursos, siendo el 17 de mayo de 2021, el día en que, si todo el mundo viviera como Chile, agotaríamos todos los recursos naturales del planeta para este año . Si bien las industrias implementan cambios en sus procesos, operaciones, servicios y productos, enfocados a ser más sustentable, estos procesos no se realizan a la velocidad necesaria para no sólo frenar este cambio climático, sino poder revertirlo y asegurar la continuidad de la raza humana en el planeta. En otras palabras, el medioambiente se degrada, y los ecosistemas y la biodiversidad se pierden a una tasa mucho mayor que el grado con que las industrias cambian hacia procesos sustentables y circulares.
- **Factores Legales:** Por una parte, se tiene una normativa de construcción muy exigente, al ser Chile un país sísmico. Y al mismo tiempo, no hay un cumplimiento cabal de la normativa sanitaria y de tránsito de residuos, sobre la gestión responsable de los residuos de la construcción o de desconstrucción o demolición, así como la existencia de un marco regulatorio fragmentado (Construye2025, 2020) y vacíos en la definición y directrices relacionadas a la valorización de RCD. Si esto se suma a una ausencia de fiscalización y el bajo monto de multas (no en todos los casos), entrega una posibilidad real de incumplir, basada en un criterio de rentabilidad y reducción de costos, en comparación a realizar las acciones que la norma exige con residuos considerados peligrosos, por ejemplo.

Esta dualidad existente en la construcción no puede ser solucionada exclusivamente a través de nuevas normativas más exigentes, sino con el cumplimiento de al menos la normativa actual, y para esto el uso de nuevas tecnologías será fundamental. Sin em-

bargos, algunos cambios son necesarios para que se actualicen las normas que pueden, por ejemplo, definir requisitos para el uso de áridos reciclados, como la NCh163:2013 y la serie de normas NCh1517 para bases y subbases de pavimentos.

Si bien actualmente no se cuenta con un marco normativo estricto y ágil que alinee las actividades para una construcción responsable y sustentable, en toda su cadena de valor, podemos ver que todos los esfuerzos y trabajos están destinados a lograrlo en el mediano plazo. Esto incluye políticas gubernamentales para compras sustentables de parte del Estado, mesas de trabajo para actualización de normas, y estrategias de sostenibilidad aplicadas a distintas etapas de la cadena de valor, entre otras.

2.5. Creación del Comité Técnico de Economía Circular

Con motivo en desarrollar estándares reconocidos de forma internacional y tener un lineamiento en cuanto a economía circular se trate, es que el Consejo Técnico de la International Organization for Standardization - ISO, aprobó la propuesta de crear un Comité Técnico de Economía Circular en el año 2019. Su publicación está prevista para el año 2023 y cuenta con más de 60 países como miembros y 13 observadores. El comité pretende producir un conjunto de principios acordados internacionalmente, una terminología, un marco de lo que es una economía circular y desarrollar una norma de sistemas de gestión. También trabajará en modelos de negocio alternativos y métodos para medir y evaluar la circularidad ([ibnorca, 2019](#)).

Las acciones se han realizado a partir de cuatro grupos de trabajo internacionales que producirán distintos documentos. A continuación se muestra un resumen de sus acciones ([Enel americas, 2022](#)):

- GT1 (ISO/WD2 59004): Principios y marco de aplicación: “Especificará el marco, los principios de la economía circular y las pautas para la implementación de actividades por parte de todas las organizaciones involucradas, incluso para apoyar las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS. Conocimientos profundos de los ciclos técnicos y biológicos, a lo largo de la cadena de valor, logística inversa, extensión de la vida útil del producto, gestión de recursos, entre otros. Con ello, apunta a la innovación y las redes de colaboración, también apoyará a las administraciones públicas en las respuestas a los retos medioambientales, y fomentará la participación de la sociedad, a través de procesos educativos, de comunicación y de inclusión social.”
- GT2 (ISO/WD2 59010): “Directrices sobre modelos de negocio y cadenas de valor: Apoyar a la organización o grupo de organizaciones para gestionar sus propias actividades, así como actividades colectivas para transformar un modelo de negocio lineal y cadenas de valor en estrategias circulares. Impulsará el rediseño, desde el inicio, de actividades para mejorar el uso circular de los recursos y los beneficios sociales, ambientales y económicos.”
- GT3 (ISO/WD2 59020): Estructura de medición de circularidad: “Crearé un marco genérico de medición de la circularidad y guiaré a las organizaciones, los sectores y las

partes interesadas hacia la medición teniendo en cuenta los impactos de la sostenibilidad. Busca responder a la necesidad de crear una estrategia de nivelación global en relación con los desempeños de circularidad, por lo que se enfocará en los propósitos y resultados de diferentes indicadores como la durabilidad, el consumo de materiales y la reducción de la generación de residuos - e impactos indirectos - como aportes al cambio climático.”

- GT4 (ISO/DTR 59031 e ISO/DTR 59032): Temas específicos de Economía Circular: “Este Grupo trata temas específicos de Economía Circular, en temas de desempeño - ISO/TR 59031, Revisión de la implementación del modelo de negocio - ISO/TR 59032 y Uso y gestión eficiente de los recursos en la economía circular: Buenas prácticas para la replicabilidad - ISO /TR 59033”

Capítulo 3

Desarrollo del catálogo

3.1. Identificación de estrategias y criterios de circularidad

Con motivación en presentar casos, datos e indicadores para fomentar la incorporación de conceptos de Economía Circular, tanto en procesos de la cadena de suministros y aprovisionamiento, como en etapas tempranas de diseño, construcción y operación, se desarrolla un catálogo de buenas prácticas de circularidad que presente ejemplos y casos nacionales.

Se identificaron diferentes iniciativas, casos, experiencias, estrategias, productos y servicios relacionados con Economía Circular en Chile, esto a través de un levantamiento en formato de encuesta via web, en la que diversas empresas y organizaciones, proporcionaban información respecto a sus iniciativas circulares entregando detalles como nombre, tamaño y área en la cadena de valor de la construcción con la que se relaciona la organización, ámbito geográfico, atributos circulares que tiene la iniciativa, entre otros.

Para la sistematización de respuestas, a partir de lo planteado en el [Portafolio de modelos de negocio en Economía Circular para la construcción](#), estas se clasificaron en diversas tipologías propuestas a partir de experiencias y literatura, las cuales son:

- **Fomento:** Políticas, normas, estándares, guías, sistemas de certificación, programas de capacitación y otros tipos de fomento a la economía circular.
- **Digitalización:** Modelos que eliminan el uso de recursos físicos al entregar servicios alternativos de manera digital o virtual.
- **Diseño circular:** Estrategias de diseño que garanticen futuros ciclos de uso para materiales, productos y edificios.
- **Diseño de código abierto:** Diseño basado en estándares comunes, abiertos y extendidos.
- **Producto como servicio:** La empresa ofrece el servicio que es realmente necesario al usuario, subvirtiendo la idea de que la propiedad de un objeto es necesaria.
- **Sustitución:** Reemplazo de materiales y tecnologías existentes por otras más avanzadas y sostenibles.
- **Optimización:** La mejora de la eficiencia de productos y servicios, considerando el equilibrio necesario entre eficiencia y resiliencia.

- **Compartimiento:** Busca maximizar, a través de compartimiento, el ciclo de usos de un mismo producto dentro del mismo ciclo por más usuarios.
- **Extensión del ciclo de vida:** Acciones durante la fase de uso relacionadas al mantenimiento (preventivo) y el reparo (reactivo).
- **Residuos como recurso:** Prácticas de recuperación, tratamiento y reutilización de recursos en nuevos ciclos de uso.

Por otra parte, *Arup*, una firma dedicada al desarrollo sostenible, junto con la *Ellen Macarthur Foundation*, una fundación creada con el fin de acelerar la transición a la economía circular, trabajando con gobiernos, empresas y academias para construir una economía regenerativa y reparadora desde el diseño, han desarrollado el *Toolkit de herramientas de edificios circulares*; una instrumento útil para los diseñadores, clientes de la construcción y propietarios de activos para comprender cómo adoptar esta forma mucho más sostenible de construir.

De acuerdo a este toolkit, se han definido 10 estrategias para el desarrollo inmobiliario el cual permite preparar el proyecto bajo los principales criterios de circularidad en construcción. Estas estrategias son:

1. **Evitar construir innecesariamente:** Tiene como objetivo evitar el uso intensivo de materiales vinculado a la construcción de un nuevo edificio, por lo que primero, se debe evaluar si un edificio como tal es necesario para los requisitos previstos y, de ser así, determinar si un edificio existente puede usarse para cumplirlos.
2. **Aumentar la utilidad de espacios:** Tiene como objetivo la reducción del consumo inicial de recursos maximizando la utilización de los espacios y evitando períodos sin uso en el programa de construcción. Se puede lograr una utilización considerablemente óptima a través de la exploración de los conceptos de “compartimentación de espacio” y “usos múltiples”, siguiendo los esquemas de compartición ya profundamente presentes y exitosos en otros sectores.
3. **Diseños perdurables:** Tiene como objetivo maximizar el valor del edificio y sus componentes a lo largo del transcurso del tiempo, optimizando la retención de valor y su potencial recuperación.
4. **Diseños adaptables:** Tiene como objetivo habilitar el potencial de adaptabilidad durante la etapa de uso. La vida útil funcional de los edificios es corta y es importante que los edificios tengan la capacidad de adaptarse a nuevas funciones para conservar su valor. Considera dos principios de diseño para la adaptabilidad: la versatilidad y la convertibilidad, que a su vez están relacionados con el nivel requerido de adaptaciones a los cambios del sistema.
5. **Diseños desmontables:** Tiene como objetivo habilitar el potencial de desmontaje al final de la vida útil. La vida útil de algunos componentes de los edificios supera su vida útil como parte de un sistema. Es importante diseñar por adelantado para el desmontaje práctico de los componentes con el fin de recuperar el valor residual al final de su vida útil. De acuerdo con la norma ISO 20887, se deben considerar siete principios de diseño para el desmontaje: facilidad de acceso, independencia, evitación de tratamientos y acabados innecesarios, apoyo a modelos comerciales de reutilización, simplicidad, estandarización y seguridad del desmontaje. Apropiado para todos los sitios y tipologías.

6. **Evitar el uso de materiales innecesarios:** Tiene como objetivo cumplir con los requisitos del proyecto con un consumo mínimo de material. En todos los niveles, fomenta enfoques de diseño simples, considerando cuidadosamente la necesidad real de componentes y materiales. Su objetivo es cuestionar si ciertos componentes pueden rechazarse sin comprometer la capacidad del proyecto para funcionar al nivel de rendimiento deseado.
7. **Aumentar la eficacia de los materiales:** Tiene como objetivo cumplir con los requisitos del proyecto con un consumo mínimo de material. A todos los niveles, apunta a un uso eficiente de los materiales al máximo nivel de rendimiento. Busca evitar volúmenes de materiales de construcción ineficientes (gran altura, de transferencia, de gran envergadura, voladizos o estructuras subterráneas profundas) y seleccionando sistemas y formas eficientes. También analiza el uso de productos y materiales de alto rendimiento y metodologías de ingeniería avanzadas.
8. **Disminuir el uso de materiales nuevos y no renovables:** Tiene como objetivo la prevención del consumo de materiales abióticos vírgenes (particularmente materias primas críticas) y la promoción de productos y materiales secundarios. En todos los niveles, tiene como objetivo promover el uso de productos reutilizados y materiales reciclados, así como promover el uso de materiales renovables y de base biológica.
9. **Reducir el uso de materiales altos en carbono:** Tiene como objetivo reducir el uso de materiales intensivos en carbono. Prioriza proveedores que utilicen productos reutilizados, materiales reciclados, materiales o productos renovables, de base biológica y que utilicen energías limpias en sus procesos de fabricación.
10. **Diseñar materiales no contaminantes:** Tiene como objetivo prevenir el uso de materiales que tengan un impacto negativo en otros límites del planeta que no sean el Potencial de Calentamiento Global que cubre la estrategia 9.

Una manera de seguir una idea para llevar un desarrollo sustentable para todas las personas, es alinearse con los *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, “también conocidos como *Objetivos Globales*, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad.

Los 17 ODS están integrados: reconocen que la acción en un área afectará los resultados en otras áreas y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental. Los países se han comprometido a priorizar el progreso de los más rezagados.

Los ODS están diseñados para acabar con la pobreza, el hambre, el sida y la discriminación contra mujeres y niñas.

La creatividad, el conocimiento, la tecnología y los recursos financieros de toda la sociedad son necesarios para alcanzar los ODS en todos los contextos”. Estos ODS son los siguientes:

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

1. Fin de la pobreza
2. Hambre cero
3. Salud y bienestar
4. Educación de calidad
5. Igualdad de género
6. Agua limpia y saneamiento
7. Energía asequible y no contaminante
8. Trabajo decente y crecimiento económico
9. Industria, innovación e infraestructura
10. Reducción de las desigualdades
11. Ciudades y comunidades sostenibles
12. Producción y consumo responsable
13. Acción por el clima
14. Vida submarina
15. Vida de ecosistemas terrestres
16. Paz, justicia e instituciones sólidas
17. Alianzas para lograr objetivos

Si bien las metas expresan las aspiraciones a nivel mundial, cada gobierno fijará sus propias metas nacionales, guiándose por la ambiciosa aspiración general pero tomando en consideración las circunstancias del país.

3.2. Estructura de orden y formato de información

A partir de lo anteriormente expuesto, es que se puede agrupar la información de las iniciativas recibidas y estudiadas, en un formato tabla de la siguiente manera:

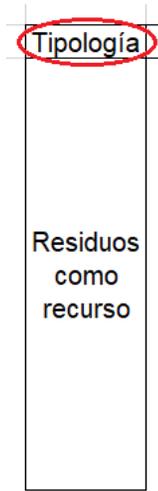


Figura 3.1: Ejemplo de tipología de una iniciativa recibida en la que se busca clasificar por tipos el modelo de Economía Circular en la construcción.
Fuente: Elaboración propia

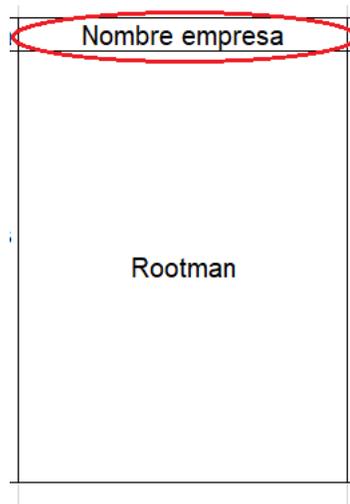


Figura 3.2: Ejemplo de nombre de la empresa de una iniciativa recibida donde se muestra quien o quienes se encuentran detrás de la iniciativa circular.
Fuente: Elaboración propia

Nombre iniciativa
Rootman Aislantes

Figura 3.3: Ejemplo de nombre de una iniciativa recibida donde se presenta la idea. Fuente: Elaboración propia

Descripción iniciativa
Aislante 100% natural en base a raíces térmico λ 0,036, acústico 0,97 a 1000 Hz, permeable al vapor y resistente al fuego F90 en panel fiscal, todas capacidades certificadas, además estamos en la Norma Chile NCh853.

Figura 3.4: Ejemplo de descripción en la que explica brevemente y a grandes rasgos parte de la iniciativa circular. Fuente: Elaboración propia

Atributos circulares
<p>Todo el desecho o descarte de nuestro material se transforma en sustratos mejoradores de suelo que entregan micro y macro elementos como material alternativo para la Agro Industria, además es bio degradable.</p>

Figura 3.5: Ejemplo de atributos circulares en donde la empresa justifica el motivo por el cual la iniciativa presentada se puede catalogar como circular. Fuente: Elaboración propia

Estrategias Utilizadas
<p>7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables. 10: Diseñar materiales no contaminantes.</p>

Figura 3.6: Ejemplo de estrategias utilizadas por las iniciativas, las cuales reflejan las técnicas y conjunto de actividades destinadas a conseguir la circularidad del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Cada una de las columnas anteriormente explicadas, dan formato a la siguiente tabla que contiene la información relevante agrupada para cada una de las iniciativas seleccionadas:

Tabla 3.1: Estructura de orden de la información

Tipología	Nombre empresa	Nombre iniciativa	Descripción iniciativa	Atributos circulares	Estrategias Utilizadas
Residuos como recurso	Rootman	Rootman Aislantes	Aislante 100% natural en base a raíces térmico λ 0,036, acústico 0,97 a 1000 Hz, permeable al vapor y resistente al fuego F90 en panel fiscal, todas capacidades certificadas, además estamos en la Norma Chile NCh853.	Todo el desecho o descarte de nuestro material se transforma en sustratos mejoradores de suelo que entregan micro y macro elementos como material alternativo para la Agro-Industria, además es biodegradable.	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables. 10: Diseñar materiales no contaminantes.

3.3. Levantamiento de casos y experiencias nacionales

A partir de un formulario que fue difundido durante el segundo trimestre del 2022, por la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la CChC, se levantaron distintas iniciativas relacionadas a la Economía Circular, donde se recibieron 52 respuestas, de las cuales se seleccionaron 35 como aplicadas y/o desarrolladas en el rubro de la construcción. Esas iniciativas son las siguientes:

Tabla 3.2: Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 1

Tipología	Nombre empresa	Nombre iniciativa	Descripción iniciativa	Atributos circulares	Estrategias Utilizadas
Residuos como recurso	Rootman	Rootman Aislantes	Aislante 100 % natural en base a raíces térmico λ 0,036, acústico 0,97 a 1000 Hz, permeable al vapor y resistente al fuego F90 en panel fiscal, todas capacidades certificadas, además estamos en la Norma Chile NCh853.	Todo el desecho o descarte de nuestro material se transforma en sustratos mejoradores de suelo que entregan micro y macro elementos como material alternativo para la Agro Industria, además es bio degradable.	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables. 10: Diseñar materiales no contaminantes.
Residuos como recurso	Ladrillos Ecolvolcanes SpA	Ladrillo Ecológico Estructural Modular	Fabricación de Ladrillos, Adoquines, Enchapes y otros productos a partir de ceniza volcánica como principal materia prima.	Ocupa una materia prima generada por la erupción volcánica para producir un material de construcción creando una Solución Constructiva, evita que se construyan viviendas depredando bosques, usar plásticos, destruir suelos agrícolas y otros.	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.
Residuos como recurso	Rund	Aditivos de Plástico Reciclado para Mezclas Asfálticas	Aditivos de plástico reciclado enfocados en reemplazar un porcentaje del ligante de las mezclas asfálticas. Estos aditivos permiten, además de disminuir costos en la construcción, también ayudan a reducir huella de carbono, sin generar cambios en los procesos constructivos actuales. Ya existe un primer piloto en Chile, específicamente en la Ruta del Maipo, donde hasta ahora los resultados han sido favorables.	Reciclaje y Disminución de Huella de Carbono.	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 9: Reducir el uso de materiales altos en carbono.
Residuos como recurso	Construambiente SpA.	Desarrollo de mobiliario urbano a partir de escombros de la construcción, un enfoque desde el desarrollo de la economía circular	Desarrollo de mobiliario urbano a partir de escombros de la construcción, un enfoque desde el desarrollo de la economía circular	Disminución de escombros	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Residuos como recurso	Bleco hormigón sustentable SpA.	Bleco hormigón sustentable SpA.	Desarrollamos una materialidad a base de poliestireno expandido reciclado. Se trata de un hormigón liviano con un alto rendimiento térmico, sustentable y reciclable	Rescata residuos de poliestireno expandido reciclado de la industria y los transforma en un producto de alto desempeño, además contribuimos a la no generación de residuos en obra	6: Evitar el uso de materias innecesarias. 7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevos y no renovables.
Residuos como recurso	Pinturas Poliestirec SpA	Pinturas Poliestirec SpA	Fabricamos pinturas en base a plumavit reciclado, y contamos con un tecnología purificadora de aire mediante nanopartículas en nuestra pintura. Estamos físicamente en Puerto Montt, y entregamos a todo Chile	Reduce Co2, evita que el EPS (Plumavit) llegue a vertederos, lagos y mares, descontamina el aire mediante nanopartículas. Reciclaje LOCAL, no da la vuelta al mundo para ser reciclado	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevos y no renovables. 9: Evitar el uso de materiales altos en carbono.

Tabla 3.3: Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 2

Tipología	Nombre empresa	Nombre iniciativa	Descripción iniciativa	Atributos circulares	Estrategias Utilizadas
Residuos como recurso	Polyrec SpA.	Pinturas Recicla-das	POLYREC SPA es una empresa dedicada a la comercialización de pinturas recicladas PINTUREC, fomentando y promoviendo el cuidado del medio ambiente y el uso eficiente de los recursos a través de la reducción, la reutilización y el reciclaje de pintura de base agua. Queremos ser parte de la economía circular de las pinturas de base agua contribuyendo con el desarrollo sostenible de Chile apoyando el crecimiento económico y siendo reconocidos por nuestra responsabilidad social y compromiso con el cuidado del medio ambiente.	Reciclaje de Pinturas	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevos y no renovables.
Residuos como recurso	Azul Austral	Revalorización de vidrio para la construcción generando arena de vidrio	Somos un emprendimiento natalino, y revalorización transformando el vidrio en arena de vidrio para ser aplicado en prefabricados de hormigón	Su uso ofrece ventajas en su uso en mezclas en frío y mejora la resistencia al deslizamiento del pavimento. Por otro lado, la operación de Arenas de Vidrio genera empleos a nivel local al contribuir a promover emprendimientos locales de valorización de los residuos	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.
Residuos como recurso	Ecofiber	Ecofiber	Paneles de aislación térmica a base de fibras textiles recicladas regenerativas	Reutilización de residuos textiles las cuales pueden volver a reciclarse al fin de su vida útil.	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.
Residuos como recurso	Reviste	Revestimientos sostenible. Una segunda oportunidad para los materiales y las personas	Reviste es un emprendimiento que fabrica revestimientos sostenibles a partir de madera recuperada de los residuos de la construcción que se multiplican por montañas en la industria. Y lo hacen con una impronta de reinserción social y laboral: los internos del Centro de Educación y Trabajo (CET) de Gendarmería en Valparaíso confeccionan todas las piezas.	Reviste nace desde el corazón de la construcción, con el fin de dar una solución concreta y visible a dos problemas que parecen estar ocultos entre los escombros de la obra y a puertas cerradas: la falta de una gestión adecuada para los residuos de la industria de la construcción de Chile; y el problema de la seguridad pública, que es una de las preocupaciones más importantes de nuestra ciudadanía. Nuestro propósito es capacitar a las personas para que aprendan a segregar los residuos -recursos que terminan desperdiciados en vertederos ilegales, por no estar separados- y a la vez fortalecer la reinserción social, lo cual tiene un impacto directo en la disminución de la tasa de delitos, y por consecuencia, en los índices de victimización. Generando conciencia, tanto al cliente final como a la industria, para hacerlos parte y actores importantes de esta solución, de este modo, crear una cultura de desarrollo sostenible.	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.
Residuos como recurso	B-MORPH	B-MORPH	Poseemos una tecnología aplicable a distintas materialidades que purifica el aire.	Reutilizamos materia prima secundaria para la mayoría de nuestros productos, actualmente contamos con B-TILE en comercialización, un revestimiento fabricado con plástico reciclado que degrada gases contaminantes atmosféricos.	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.
Residuos como recurso	Río Claro Ltda	Áridos artificiales y reciclados	Valorizamos residuos sólidos industriales como escoria negra para áridos artificiales y reciclamos hormigón de demolición Y/o obra para áridos reciclados, nuestra planta de reciclaje cuenta con resolución sanitaria de la RM y reconoce la conversión de residuos a productos aptos para la construcción.	materia prima alternativa y sustentable para la construcción	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.
Residuos como recurso	Siena S.A.	Circuito infinito de agua	Reutilizamos el 100 % del agua utilizada para el lavado de la bomba de hormigón en el proceso de hormigonado (1-2 m3 día de ahorro)	Cuidado hídrico a través de la vaorización	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Residuos como recurso	DOKMAR	Valor social Interdisciplinario	Como gestores de RCD, la misión que tenemos es gestionar residuos no valorizables que tienen disposición final a vertedero en otras industrias, contemplando la reinserción social y asistencia instituciones con recursos acotados.	Aportar valor en la cadena de valor mediante la reciclaje de residuos no valorizados que tiene disposición final a vertedero	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.

Tabla 3.4: Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 3

Tipología	Nombre empresa	Nombre iniciativa	Descripción iniciativa	Atributos circulares	Estrategias Utilizadas
Residuos como recurso	Manersa SpA	Valoriza con sentido agregado	Valorizar residuos segregados para prevención de drogas en la construcción	trazabilidad ambiental de los residuos, impacto social al interior de las obras	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Residuos como recurso	Proycon	Recuperación de excedentes usados en construcción	Tratar de recuperar materiales usados en obras	Darle otro uso a esos materiales	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Residuos como recurso	Inarco	Aplicación de economía circular en obra	Reutilización y buena disposición de residuos de construcción	Reutilización de residuos de construcción	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Residuos como recurso	Patagonia Huella Cero SpA.	Patagonia Huella Cero	Esta iniciativa busca implementar un sistema de gestión de los RCD de las obras y empresas del sector en la región, que permita la trazabilidad de los residuos, su reutilización a través del procesamiento o redimensionamiento, su reciclaje y valorización, asociado a ello, generar acciones de mitigación o compensación ambiental de las obras y los servicios asociados (logística), por la emisión de CO2. Esto, a través de la implementación de centros de reciclaje para la comunidad y de actividades, como la habilitación de centros de compostaje, por ejemplo. Ello, en toda la región de Aysén y Palena.	Permite reutilización de los RCD, su transformación y valorización, además de permitir que los residuos no lleguen a los rellenos sanitarios y vertederos, que en la región están saturados.	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 9: Reducir el uso de materiales altos en carbono.
Residuos como recurso	Fundación Basura	Proyecta Circular	Plataforma de soluciones circulares para la industria de la construcción	información	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Residuos como recurso	Recylink	Recylink	Plataforma para la gestión de residuos. Mediante la digitalización de la operación, conexión con otros actores y trazabilidad damos visibilidad a la gestión de residuos, permitiéndoles medir y después mejorar por medio de indicadores y reportabilidad.	Conectamos a los generadores de residuos con transportistas y destinatarios finales, con el fin de aumentar la valorización de residuos.	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Residuos como recurso	REVALORIZA	Primera planta de valorización de residuos de la construcción de Chile	REVALORIZA, es una empresa de la V región que tiene como propósito la instalación de tecnología que permita disminuir la problemática socioambiental y económica que existe en relación a la gestión actual de los residuos de la construcción y demolición, en adelante RCD, en diversas ciudades de Chile y Latinoamérica a través de la incorporación de tecnología de alta gama junto a una plataforma digital que permite vincular a todos los actores involucrados en la cadena (constructoras-transportistas-recicladores de base-comunidad-autoridades). Este nuevo modelo, permite profesionalizar el servicio actual de RCD y otros tipos de residuos que pueden ser valorizados y concientizar sobre el triple impacto, a través del Centro Revaloriza el cual contará con un espacio de visitas y prototipado con las principales universidades locales y operativamente evolucionar la gestión de residuos, obteniendo materias primas secundarias las que permitirán la generación de nuevos productos y a su vez la creación de nuevas fuentes de empleos verdes y la transformación conjunta de ciudades sostenibles, innovadoras y resilientes con múltiples alianzas colaborativas que impulsan la economía circular.	Recuperación de materias primas contenidas en los residuos que vuelven a ser incorporados a la construcción o a nuevos procesos productivos, eliminando la disposición final de ellos.	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Residuos como recurso	Gestión sustentable aconcagua ltda	Insumos Revalorizados	Gracias al manejo y a la disposición final de residuos inertes que realizamos, en que transformamos los RCD (residuos de construcción y demolición) generados en obras viales y de edificación, en insumos revalorizados, los cuales son empleados en las mismas obras, así como también en el mejoramiento de suelos agrícolas.	Contribuimos a la revalorización de los residuos y con ello a evitar la eliminación, la que como tal genera pasivos ambientales que incrementan el CO2 y GEI.	7: Aumentar la eficacia de los materiales.

Tabla 3.5: Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 4

Tipología	Nombre empresa	Nombre iniciativa	Descripción iniciativa	Atributos circulares	Estrategias Utilizadas
Residuos como recurso	Reciclampa spa	Reciclampa reciclaje de excedentes de construcción	Nos dedicamos a acopiar y reciclar madera,plásticos,concreto y férricos los cuales son procesados y luego revalorizados integrándolos a su reutilización	Reciclamos los excedentes de las materias primas dando una nueva vida útil .	7: Aumentar la eficacia de los materiales
Residuos como recurso	Greenrec-Lepanto	Planta de Segregación y Valorización de RCD	Potenciar e incentivar la Segregación y Valorización de RCD, complementando la segregación en origen con un proceso industrial dedicado especialmente a ello, tal como se hace en muchos países desarrollados. https://greenrec.cl/wp-content/uploads/2022/03/GreenRec-Lepanto.mp4 https://greenrec.cl/wp-content/uploads/2022/03/21-09-08-Boletin-Greenrec-Lepanto.pdf	Aumentar la tasa de valorización de RCD de manera efectiva y realista, pudiendo llegar a mas del 90 %	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.
Digitalización	Sin nombre	Plataforma de Pasaporte de Materiales para la Construcción	Plataforma adjudicada para desarrollo y validación este semestre 2022, en los Retos de Innovación de EC de CORFO, que permitirá el desarrollo de pasaportes de materiales y gestión de activos inmobiliarios, a través de la cual se registrará información de los materiales, productos y componentes de un edificio, respecto a sus características técnicas, circularidad, sustentabilidad y mantención, permitiendo con ello efectuar cálculos, generar indicadores y reportes, que le da valor para su uso actual, recuperación y reutilización, apoyando de esta forma la gestión sostenible de los activos inmobiliarios.	No indica	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Digitalización	Intecsus	Organet	Intecsus SpA, es una empresa que nace el 2019 con el objetivo de desarrollar Innovaciones Tecnológicas Sustentables, bajo la perspectiva de la Economía Circular. Resuelve necesidades y/o problemas para combatir el cambio climático, enfocados en energía, agua y residuos. Organet es una plataforma IoT (Internet de la cosas) que conecta a todos los actores involucrados de la gestión de residuos proporcionando en tiempo real la información de volumen, frecuencia y ubicación de los usuarios que gestionan residuos orgánicos.	Regeneración de Suelos, Eco-diseño, Basura cero a Vertederos	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Digitalización	Universidad del Bío-Bío	App para reutilizar madera de construcción	Aplicación móvil que reconoce y registra residuos de madera de construcción en obra para colocar en mapa público de interesados en reutilizarla, clasificada según calidad, dimensión, disponibilidad, etc.	Recuperar residuos y piezas de madera descartadas en la construcción	7: Aumentar la eficacia de los materiales. 8: Disminuir el uso de materiales nuevo y no renovables.
Digitalización	Plataforma Industria Circular, Universidad de Valparaíso	Plataforma Industria Circular	Consiste en un portal de difusión y plataforma de facilitación B2B de iniciativas de simbiosis industrial en la región, entendiendo esto como transacciones y reutilización de residuos y sub-productos industriales no peligrosos, entre empresas.	1] Alternativas de valorización de subproductos y potenciales compradores (match + marketplace), 2] Gestión de datos de residuos y su valorización, exportables en formato de reporte RETC, 3] Indicadores y reportes de impacto ambiental y social	7: Aumentar la eficacia de los materiales.
Diseño circular	RC Tecnova	Resina PS RC Tecnova	Nuestro sistema constructivo industrializado sostenible Metalpol trabaja a partir de los tres pilares de R: reciclaje, donde ahorramos el material EPS de las construcciones de clientes pasando por un proceso de transformación para convertirse en la materia prima resina; reutilización, a partir de la resina que entrega una nueva salida de producto tal como el impermeabilizante de EPS y pintura para fachadas; y la revalidación de este proceso al entregar un nuevo producto para el mercado.	1) Mayor eficiencia en el diseño y producción de materiales al fabricarse todo a la medida evitando el desperdicio de residuos. 2) Menor cantidad de movilización (menor peso=mayor superficie) de recursos de transporte, impactando en la disminución de emisiones de CO2. 3) Optimización del uso de materiales al recoger los desechos de EPS de la construcción y reciclarlo para transformarlo en la materia prima resina. 4) Valorización en la salida de un nuevo producto para el mercado (impermeabilizante y pintura).	6: Evitar el uso de materias innecesarias. 7: Aumentar la eficacia de los materiales. 9: Reducir el uso de materiales altos en carbono.

Tabla 3.6: Iniciativas recibidas y seleccionadas; parte 5

Tipología	Nombre empresa	Nombre iniciativa	Descripción iniciativa	Atributos circulares	Estrategias Utilizadas
Diseño circular	Estudio ADL	Consultorías en Economía Circular aplicada en Arquitectura y Construcción	Ofrecemos consultorías aplicadas en etapas de gestión inicial de proyectos, sistemas constructivos y diseño arquitectónico. Integrando conceptos de diseño para desmontaje, reversibilidad, diseño por capas, regeneración, entre otros. Gerenciamiento de proyectos circulares abarcando las principales etapas de la cadena de valor.	En la etapa de gestión y diseño se define entre el 60% y 80% de los atributos de sustentabilidad de un producto. En esta etapa logramos los mejores resultados desde la prevención de generación de residuos. Aplicando estrategias propias de la arquitectura circular (regenerar, construir menos, compartir espacios, utilizar materiales naturales, diseñar para el desmontaje, recuperación y mantención de componentes, etc). Por otro lado, en un proyecto de características circulares se debe mantener una comunicación directa y fluida entre los distintos actores de la cadena de valor para que se produzcan las mayores sinergias, es por ello que ofrecemos Gerenciamiento de Proyectos Circulares.	2: Aumentar la utilidad de espacios. 4: Diseños adaptables. 5: Diseños desmontables. 6: Evitar el uso de materias innecesarias.
Diseño circular	Sistema VAP	Arquitectura y Construcción Industrializada	Sistema VAP es una empresa que desarrolla, fabrica y proporciona un sistema constructivo industrializado en base a un elemento estructural fabricado con terciado y EPS. El principio se basa en que un mismo elemento es capaz de conformar un marco rígido con la silueta de una casa. Una repetición sucesiva de marcos conforman un volumen habitable. El sistema permite la personalización de configuraciones y formas. Impulsamos un sistema constructivo asequible, sostenible y de alto confort térmico. Organizamos y alineamos la cadena completa, desde el diseño hasta la ejecución, priorizando la eficiencia y generando triple impacto. Actualmente contamos con 2 fábricas, 20 empleados y estamos fabricando alrededor de 400m2 de proyectos al mes.	El sistema opera sobre la lógica 'zero waste'. Tanto en fábrica como en el montaje en obra.	4: Diseños adaptables.
Diseño circular	Sociedad comercial los 3 Robles SPA	Construcción industrializada Modular sustentable en CLT. Madera desde la Industria	La Transformación de la Construcción industrializada Modular sin Residuos que se pueda Reutilizar construcción liviana para Viviendas Edificios of Minería Salmones Hospitales Estadios, etc	Construcción en Madera. Integrada Con todos los Materiales de Construcción existentes	6: Evitar el uso de materias innecesarias. 10: Diseñar materiales no contaminantes.
Fomento	Minergie	Estándar de Construcción Sustentable Minergie	Minergie es una certificación de construcción sustentable suiza, adaptada recientemente a nuestro contexto nacional en cuando a clima, marco regulatorio y mercado. Minergie apunta a edificaciones de alta calidad del ambiente interior, con bajos consumos energéticos y que reducen la degradación del medio ambiente. El estándar apuesta a que estas cualidades se mantengan a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones, por lo que las estrategias para lograrlas son las estrictamente esenciales.	Relacionados con el diseño y construcción de edificaciones Minergie: repensar a través de estrategias que conducen a reducir materiales, reducir intensidad en el uso de la energía, reducción de uso de combustibles fósiles, garantía de mantención del valor de la vivienda a lo largo de su ciclo de vida, materiales de baja toxicidad, privilegio de biomateriales o captadores de carbono (madera), uso de energías renovables.	3: Diseños perdurables. 6: Evitar el uso de materias innecesarias. 9: Evitar el uso de materiales altos en carbono.
Fomento	DMC Arquitecto	Edificaciones autónomas	Como oficina de arquitectura ubicada en Chiloé, nos hemos planteado el objetivo de educar a nuestros clientes, informándolos acerca de como se pueden aprovechar de mejor manera los recursos agua y energía, para integrar instalaciones sustentables en las viviendas que diseñamos, para luego construirlas. Fomentamos el uso de la energía fotovoltaica y eólica para la parte eléctrica, y la reutilización del agua para la parte sanitaria, principalmente realizando captación de aguas lluvia y re circulación dentro del proyecto. Todo parte desde la gestión del proyecto, pasando por su fase de diseño, su ejecución y su implementación. De la misma manera, por cada porcentaje de madera ocupada en nuestros proyectos, hemos empezado a reforestar un campo acá en Chiloé.	Reutilizar elementos naturales como la energía del sol y el agua. Incorporar todo esto desde la etapa de diseño. Tener proveedores circulares y control de los residuos de las obras.	6: Evitar el uso de materias innecesarias. 7: Aumentar la eficacia de los materiales.

Mediante reuniones y entrevistas realizadas a diversas empresas, dedicadas a producir y/o operar poniendo en práctica principios de Economía Circular, es que se levantó información para comprender de mejor manera las problemáticas comunes de la economía lineal, y como es que estas empresas relacionadas al rubro de la construcción, buscan crear valor, nuevos negocios y oportunidades de crecimiento económico mediante esta nueva forma de operar. La Economía Circular está basada en tres principios clave: Diseño libre de residuos y contaminación, mantener los productos y materiales en uso y regenerar los sistemas naturales (Corporación de Desarrollo Tecnológico de la CChC, 2021) . Para la aplicación del principio de **diseño libre de residuos y contaminación** se tienen los siguientes casos:

3.3.1. ESTUDIO ADL

Es una empresa que ofrece consultorías en Economía Circular aplicada en arquitectura y construcción. Estas consultorías son aplicadas en etapas iniciales de gestión de proyectos, de sistemas constructivos y de diseño arquitectónico, además integran criterios de diseño para desmontaje, reversibles, por capa, regenerativos, etc.

Anamaría de León, arquitecta, miembro del SubComité de Economía Circular del IC, socia y consultora en Economía Circular de ESTUDIO ADL, señala que “En una primera etapa en Chile hemos abordado la economía circular en la construcción a través del concepto de gestión de residuos. Tanto públicos como privados han dado pasos fundamentales y con grandes resultados en esa línea, pero es indispensable transitar a modelos circulares que incluyan las etapas de gestión y diseño. Primero, hay que tener claro que los materiales y componentes deben mantenerse circulando en la tecnósfera (ciclos técnicos) y biosfera (ciclos biológicos) por el mayor tiempo posible con la mayor calidad posible; debemos privilegiar uniones físicas antes que químicas que permitan el desmontaje, adaptación, recuperación y mantenimiento de estos”. Además, agrega que “en la etapa de diseño arquitectónico y de materiales se define entre el 60 % y 80 % de la sostenibilidad de una obra o producto. El diseño para la deconstrucción, diseño para la reversibilidad, banco de materiales, modulación y estandarización reversibles y diseñar por capas, son algunas de las estrategias que podemos activar en etapas tempranas de un proyecto”. (Anamaría de León, 2022).

Acorde a lo anterior, en una entrevista realizada a Anamaría de León, con respecto a como medir la circularidad de los proyectos, comenta que en el “desarrollo de proyectos de arquitectura, a sus clientes les habla de las ventajas comparativas (de un diseño circular), como por ejemplo, la *adaptabilidad* futura, para que el uso del espacio no sea único; facilidad de mantenimiento de partes y componentes para un adecuado *diseño por capas*; *durabilidad de materiales*; *materiales circulares*, como los que son bajos en carbono, renovables y reciclados; levantamiento de *materiales recuperados* en remodelaciones existentes y porcentaje de recuperados versus materiales nuevos (para el caso de remodelaciones); entre otras estrategias”. Además, agrega que “no hay un consenso nacional respecto a las mediciones de Economía Circular para el medio construido, solo están definidas las estrategias, que son diversas y depende de cada proyecto el escoger una u otra y definir desde ahí como medir, en Europa se ha avanzado en certificar circularidad en el medio construido (y por lo tanto como medirla). Desde luego se tiene una base para medir Economía Circular, que son los recursos de entradas (uso de materia prima virgen y no virgen), ponderado con la salida de esos recursos (recuperación, reutilización, reciclaje, etc), lo cual obtiene un primer % de circularidad, pero la circularidad en el medio construido es un poco mas compleja que medir solo los materiales”.

Bajo el punto de vista anteriormente expuesto, CENERGIE, consultora Belga especializada en la gestión integrada de la energía, que se ha convertido en una autoridad en el campo de conceptos innovadores de energía sostenible y técnicas de construcción, desarrolló C-CalC, una herramienta de evaluación para medir la circularidad de un edificio en base a información cuantitativa y cualitativa y compararlo con otros edificios, centrándose en el uso de los materiales, el grado de adaptabilidad y el proceso (CENERGIE,2022). Esto último de la siguiente manera:

- **Uso de materiales:** Para el uso de materiales se hace un inventario de los flujos de entrada y salida. Como se quiere evitar la duplicación de materiales, es posible importar un inventario previo a la demolición existente o exportar un inventario de C-CalC después de ingresarlo. El flujo entrante documentado (que se puede importar desde el modelo BIM) luego forma la base de datos de materiales.
- **Personalización:** Para el dominio de la adaptabilidad, se verifica si se ha prestado suficiente atención a la posibilidad de cambiar la función en el edificio sin un impacto significativo. Una parte importante de este dominio es la posibilidad de eliminar materiales en una etapa posterior sin pérdida de calidad. Esto se aplica tanto a los materiales constructivos, la decoración como a las técnicas.
- **Flujo de información:** Se observa el proceso de llegar a un edificio circular. En los proyectos circulares, el flujo de información entre las distintas partes es aún más importante que en un proyecto tradicional. Aquí se examinan cómo se estructuran estos flujos de información durante la fase de construcción y diseño, pero también después de la entrega. Para que no se pierda el concepto de la fase de diseño sobre, por ejemplo, la adaptabilidad futura, la desmontabilidad, la reutilización de materiales, una vez finalizado el edificio. Las puntuaciones de estos tres dominios se ponderan en C-CalC y se suman para llegar a una puntuación de circularidad global de **H** a **A**.

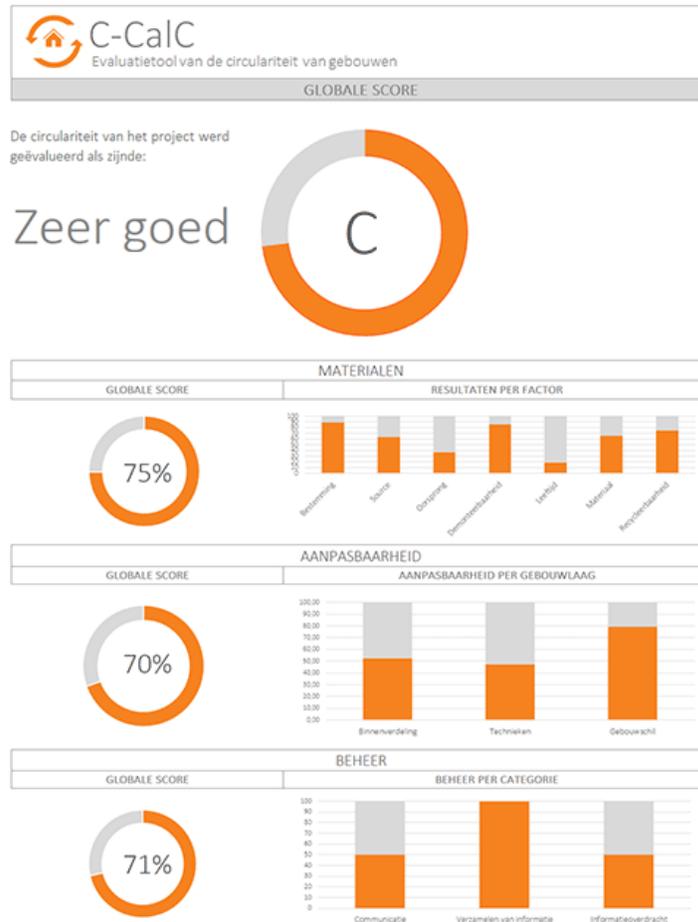


Figura 3.7: Ejemplo de resultado del uso de la herramienta de evaluación de edificios circulares. Fuente: <https://www.cenergie.be/nl/diensten/advies/c-calc>

De mismo modo, la norma ISO 20887:2020 de Sostenibilidad en edificios y obras de ingeniería civil; diseño para desmontaje y adaptabilidad; principios, requisitos y orientación, proporciona una visión general de los principios de adaptabilidad y desmontaje que ayudan a extender la vida útil de un edificio, mediante el reciclaje, la reutilización y la eliminación de diversos materiales para que, al finalizar su ciclo, puedan tener otros usos. Además, menciona como aprovechar mejor los recursos para minimizar costos, reducir emisiones de carbono y la necesidad de demoler o realizar una nueva construcción.

En el capítulo 5.3.5 de la norma ISO 20887:2020: Apoyo a los modelos de negocio de reutilización (Economía Circular), hace referencia a cinco principios que apoyan al modelo comercial de Economía Circular, estos son (ISO 20887:2020,2020):

- Reutilización: Se tendrá en cuenta el potencial de reutilización de materiales, productos, componentes y sistemas.
- Capacidad de reparar: Dependiendo de la vida de diseño prevista para las obras de construcción, la renovación también puede ayudar a reducir costos de operación y mantenimiento. El proveedor pondrá a disposición información sobre cómo un producto es reparable.

- Remanufacturación: La remanufactura difiere de la reparación en que la propiedad del producto se transfiere al fabricante original. El uso de componentes de construcción que vuelven a ser propiedad del fabricante original (por ejemplo, a través de programas de devolución) pueden reducir los desechos y reducir los costos.
- Mayor reciclaje: Esto puede reducir la dependencia de materias primas no renovables, costos y cargas ambientales. El reciclaje produce beneficios económicos y ambientales (por ejemplo, reducción de energía, agua y recursos naturales, consumo y reducción de emisiones) mediante la sustitución de materiales vírgenes por materiales reciclados dentro del ciclo de vida. Se considerarán los costos e impactos del transporte del reciclaje.
- Reciclabilidad: Si un material es fácilmente reciclable, una parte de su costo inicial se puede recuperar al final de su vida útil a través de la separación y venderlo como material reciclable.

3.3.2. Cementos transex/CMPC

Un empaque que es parte del contenido que se incorpora a la mezcladora. Un producto sin precedentes en Chile, desarrollado por CMPC, reduce al 100 % los desechos generados por el envoltorio del saco de cemento tradicional de 25 kg.

La producción de cemento contribuye al potencial calentamiento global, expulsando a la atmósfera cerca del 7% de las emisiones de CO₂. Por esta razón, las adiciones puzolánicas juegan un papel importante en la fabricación de cementos de menor contenido en clínker, como los Residuos de Construcción y Demolición (RCDs), dado el gran volumen de estos generados en Europa, que alcanza hasta el 40 % del total de residuos generados. (UAM, 2021). Actualmente se realizan trabajos relacionados a producir un cemento más ecológico, por lo que desarrollar un saco que no genera residuos aportaría aún más a la sustentabilidad del producto.

Este producto tendrá un costo similar al de los sacos de cemento tradicionales, para así ser una alternativa sustentable y accesible. Según los dichos de Fernando Hasenberg, gerente general de la división Sack Kraft de CMPC, “Es tan simple como agarrar el saco, sin ni siquiera tener que abrirlo, y meterlo a la máquina mezcladora. No hay que hacer nada más”. (Diario sustentable, 2021) También, destaca que con este producto entregan una solución sustentable para la construcción, que es una de las industrias más contaminantes. Según datos de Construye 2025, un programa impulsado por Corfo que busca un desarrollo sostenible en la construcción, el 35 % de los residuos sólidos generados en Chile corresponden a este sector. (Construye2025, 2021).



Figura 3.8: Empaque Zero Waste de CMPC. Fuente: (Diario Sustentable, 2021)

3.3.3. IUS LATAM

IUS Latam es una agencia de innovación creada con el propósito de facilitar la implementación de la Agenda 2030 a partir de procesos de innovación y soluciones en el sector público y privado, alineando esfuerzos para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Aporta valor apoyando puentes de transferencia tecnológica y conversaciones que inciden en las políticas y normativas y en procesos estratégicos de alta dirección con carácter multi-sectorial, incorporando criterios de economía circular y redes de colaboración con actores internacionales de Alemania, Costa Rica, Chile, Noruega y Suecia. (Iuslatam.com, 2022).

Desde IUS LATAM se ofrece el curso digital de "Gestión de Residuos en Obras de la Construcción", el cual permitirá a las empresas poder capacitar a sus equipos de trabajo en obra y así avanzar hacia la economía circular al gestionar los RCD, de este modo, mejorará su productividad, ahorrando recursos y disminuyendo el impacto ambiental de las obras.

Según lo señalado por Joaquín Cuevas, director del curso, cuando se creó este curso digital, se hizo pensando en la actual y nuevas generaciones de trabajadores, cada vez más digitalizados en el uso de sus smartphome y en la necesidad de la industria de la construcción de contar con procesos de formación que atendieran los costos y los tiempos de la construcción. De esta forma, la tecnología permite al trabajador estudiar de manera autónoma, dinámica y en breves espacios de tiempo, gracias a efectivas técnicas en la formación e-learning: el modelo autoinstruccional, la gamificación y el "content chunking" o contenido dosificado en módulos digeribles. (CDT, 2022)

El curso está organizado en los siguientes módulos, que aborda temáticas relevantes para la aplicación de economía circular en las obras de construcción en Chile:

Tabla 3.7: Módulos abordados en el curso

Módulo	Tema	Módulo	Tema
1	Impacto ambiental	10	El tratamiento externo de los RCD
2	Clasificación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD)	11	Identificación de residuos por proceso constructivo
3	Plan de gestión de RCD-NCh 3562	12	Herramientas y materiales para el manejo de RCD
4	La Jerarquía de gestión de RCD	13	La importancia del jornal ambiental
5	Separación de RCD	14	La importancia del control y manejo de los materiales
6	Instrumentos reguladores en la gestión de RCD	15	Centro de acopio de residuos
7	Recursos para el manejo de RCD	16	Preparación de residuos no peligrosos para su retiro
8	Unidades de medida utilizados en los RCD	17	Manejo y transporte interno de los Residuos Peligrosos
9	Riesgos en el manejo de RCD.	18	Preparación de residuos peligrosos para su retiro

El principio de **mantener los productos y materiales en uso**, se ve fuertemente aplicado en la gestión de residuos en obras de construcción de nuevos proyectos, de rehabilitación, reparación y reacondicionamiento de obras existentes, además de los procesos de preparación de terrenos y demolición de obras que han perdido su valor de uso o demoliciones que se generan en situaciones de catástrofe (NCh 3562:2019, 2019). Se presentan los siguientes casos:

3.3.4. Recylink en conjunto con Siena

A continuación se expone el caso de la empresa RECYLINK, que ofrece una plataforma digital para asesorar a organizaciones, con fin de que operen de manera circular, logren una reducción de residuos y valorizarlos mediante reutilización, reciclaje y recuperación energética. RECYLINK, en conjunto con la empresa constructora e inmobiliaria SIENA, que se dedica a desarrollar, gestionar y construir proyectos inmobiliarios, han definido un plan de gestión de RCD en obra para minimizar el volumen generado, reincorporar la mayor cantidad de residuos posibles al ciclo productivo (ya sea interno de la obra o externo mediante la valorización) y, finalmente, lo que no se pueda evitar, disponerlo de forma legal y ambientalmente responsable.

Esta iniciativa de gestión de RCD en obra resulta ser muy provechosa para el rubro de la construcción, ya que actualmente los RCD son un gran problema en el mundo, y en Chile se generan muchos más. En un país desarrollado la construcción de un edificio habitacional genera 0,14 metros cúbicos (m³) de residuos por cada metro cuadrado (m²) construido. En cambio en Chile, para ese mismo edificio, se genera 0,26 m³ por m², casi el doble (Felipe Ossio, 2019). Las cifras registradas por el Sinader (Sistema Nacional de Declaración de Residuos) para los RCD son significativamente bajas en comparación con las estimaciones realizadas a partir de los permisos de construcción; por ejemplo, para 2018 el sistema consigna apenas 7% de los RCD estimados.

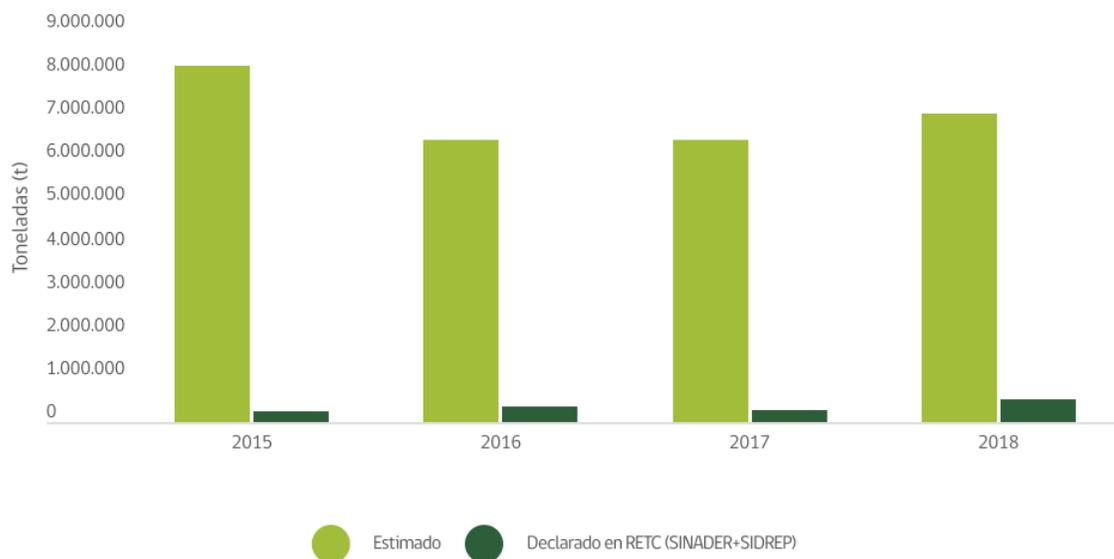


Figura 3.9: Comparación de estimación total nacional de RCD generados por edificación vs. declaración en RETC (SINADER + SIDREP), 2015-2018. Fuente: (Informe del estado del medio ambiente, 2021)

Es de suma importancia para un obra conocer los residuos que generaran, les permite ser mas conscientes y tomar un rol activo en el cambio de proceder del rubro. Según el informe (Cuantificación Económica de los Residuos de Construcción de una Edificación en Altura: Un Caso de Estudio, 2019) elaborado por Jorge Bravo, Claudia Valderrama y Felipe Ossio, se pueden extraer los siguientes indicadores:

- La etapa más influyente en la generación de residuos es Terminaciones, la que genera 3,56 veces los residuos que produce el de obra gruesa, su predecesora (544,79 m3 vs 1.949,37 m3 respectivamente).
- En la etapa de Terminaciones, las partidas que poseen mayor influencia en la generación de residuos son tabiques (o divisiones interiores) con 84 % seguido por guardapolvos con un 8 %.
- Dentro de la etapa de Obra Gruesa, se evidencia que las partidas más influyentes en producción de residuos corresponden a hormigón con un 91 % aproximadamente y luego a partidas de techumbre y hojalatería, moldajes y enfierradura.
- El volumen de residuos generados por superficie construida, para este caso de estudio es de 0,186 m3/m2 de RCD con un costo total de 188.234,44 US\$ correspondiente al 1,19 % del presupuesto.
- El costo ponderado de la gestión del RCD se estimó en 75,47 US\$/m3.

A continuación se presentan los residuos gestionados por una obra Siena, en las etapas iniciales de la construcción de un edificio habitacional:

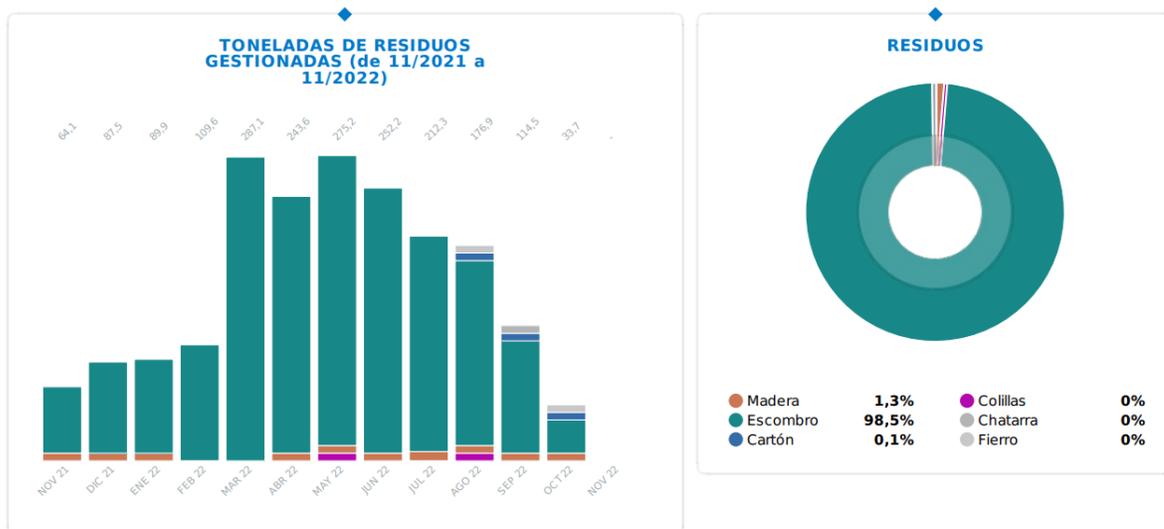


Figura 3.10: Residuos gestionados en obra de edificio habitacional. Fuente: Recylink.

Según el registro de GESTIÓN DE RESIDUOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA (CDT,2020), la gestión de RCD es una actividad transversal a prácticamente todas las partidas de un proyecto de construcción y existen tres grandes razones para una adecuada gestión: La productividad; responsabilidad social y responsabilidad ambiental.

- **OBRA MAS PRODUCTIVA Y SEGURA:** Consiste en gestionar correctamente los RCD disminuirá los costos de transporte y disposición final; y generará ingresos por la valorización de aquellos residuos que puedan ser vendidos, siendo éstos impactos inmediatos en la productividad. De esta iniciativa, se puede obtener datos del proceso constructivo involucrados en su generación, pudiendo identificar ineficiencias de diseño, logística, almacenamiento y/o procesos de construcción, las que se podrán mejorar continuamente.
- **RESPONSABILIDAD SOCIAL CON RCD:** La adecuada gestión de los RCD es o debiese ser parte de la responsabilidad social de una organización dado que los RCD dispuestos de forma ilegal en lugares no concebidos para este fin, tienen un impacto directo en la comunidad aledaña, afectándola sanitaria, visual y económicamente por la pérdida de plusvalía del sector. La creación de basurales hace mas vulnerable los sectores y disminuye la calidad de vida de las personas.
- **RESPONSABILIDAD AMBIENTAL CON RCD:** Se puede reducir la cantidad de RCD enviados a disposición final, aumentando la vida útil de estos sitios y disminuyendo la circulación de camiones, lo que se traduce en menos emisiones (ruido, material particulado, CO2). También, se pueden valorizar los residuos, es decir, se implementan acciones que permiten recuperar un residuo mediante la reutilización, el reciclaje y/o la valorización energética del mismo; y se disminuye el consumo de materiales vírgenes cuya extracción y procesamiento tiene altas consecuencias medioambientales.

La pauta de acciones a seguir para un manejo y una gestión eficiente de los recursos deben ir sujetos al siguiente orden según su jerarquía:

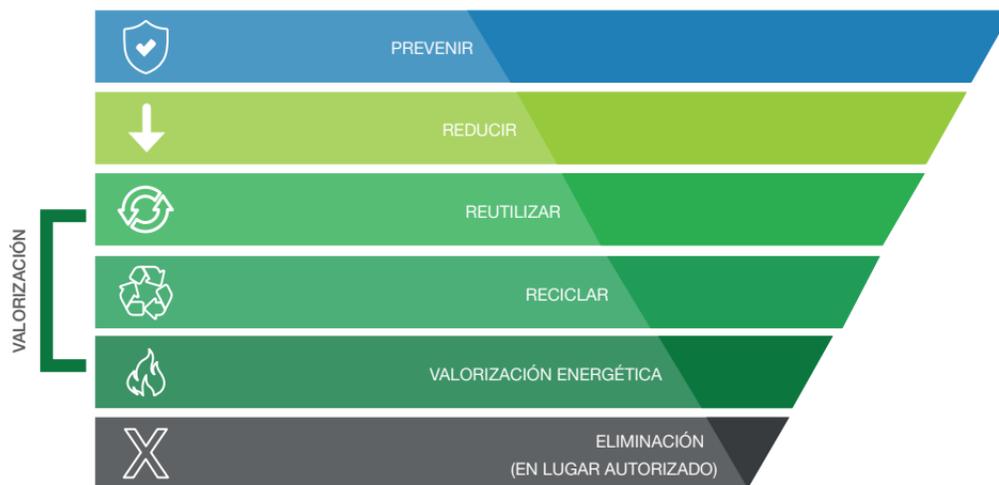


Figura 3.11: Jerarquización de la Gestión de residuos Integral de Residuos Sólidos. Fuente: (NCh 3562:2019, 2019)

Esta pirámide invertida de gestión de residuos se utiliza como un método consecutivo de filtración para evitar que los RCD alcancen su eliminación. Como primera alternativa surge la opción de prevenir, cuando no es posible, se evalúan las siguientes. Estas opciones no son excluyentes de llevar a cabo, se pueden aplicar de forma simultanea dependiendo de la materialidad de cada RCD, volumen disponibilidad técnica de tratamiento, características de cada proyecto, entre otros.

De acuerdo con la información recopilada de visitas a obras, publicado en el DIAGNÓSTICO SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN, Y PROPUESTA DE ACUERDO DE PRODUCCIÓN LIMPIA (CDT,2018), se pueden detectar buenas prácticas de recopilación de RCD en obra:

- Capacitar a los trabajadores de la empresa y subcontratistas para concientizar sobre la gestión y reciclaje de los residuos de construcción, a través de charlas de inducción, charlas integrales, charlas de inicio de jornada, etc.
- Instalar puntos limpios al interior de las obras para que los trabajadores puedan separar los residuos generados y el exterior de la obra para que la comunidad adyacente al proyecto pueda segregar y reciclar los residuos que son generados en sus hogares. Además, este tipo de iniciativas favorece la imagen de la empresa en la comunidad donde se está desarrollando el proyecto.
- Establecer zonas de acopio correctamente delimitadas para la segregación de los residuos, indicando a través de señáleticas los elementos que compone cada categoría de reciclaje. Esto evita que los residuos sean mal clasificados debido al desconocimiento de las personas.
- Generar indicadores de los residuos reciclados, permitiendo hacer una mejor gestión de ellos en los proyectos.
- Involucrar soluciones industrializadas o semi industrializadas (elementos prefabricados) en la actividades que se deben ejecutar lo que permite reducir la cantidad de residuos que se generan con el sistema tradicional de construcción.

3.3.5. AXIS/Pinturas Poliestic

La empresa constructora Axis lleva mas de tres años desarrollando y aplicando una iniciativa de gestión de residuos en todas sus obras, que incluye entrenar al personal de las buenas prácticas del reciclaje, implementar acciones para reducir los residuos y disponer de puntos limpios, segregando y clasificando los residuos de construcción en obra. Esta gestión les resulta importante para poder medir y evaluar como se están aprovechando los recursos, y que tan eficiente es el uso y transporte de materiales. De esta manera, luego se puede implementar acciones para optimizar el proceso constructivo y así disminuir los residuos a través de la prevención de estos, lo que mejora la productividad y se alinea con los criterios de aplicación de Economía Circular previamente establecidos.

La metodología de gestión de RCD en obra se divide en tres etapas: análisis inicial, plan de acción y evaluación del plan de gestión de RCD. El objetivo de la primera etapa es identificar la manera en la que una obra gestionará los RCD, y evaluar su generación a lo largo del ciclo constructivo. El plan de acción consiste en diseñar la secuencia que permite un correcto funcionamiento de las tareas y estrategias a implementar para una correcta gestión, la cual incluye una capacitación previa, traslado a patio de almacenaje, solicitud de recolección y retiro, entre otros. La última etapa es de utilidad para recolectar información de forma constante y dar seguimiento a la ejecución y cumplimiento del plan durante el proceso, de esta manera se pueden obtener indicadores para analizar la efectividad del plan y así hacer correcciones futuras.

En una entrevista realizada a Mikel Fuentes, Coordinador de Innovación en AXIS, comenta que debido a esta gestión de residuos, han logrado generar un 80 % menos de residuos que el promedio nacional, y cerca del 50 % de los RCD generados han podido ser revalorizados. Algunas de las medidas utilizadas por la empresa para reducir residuos son prefabricar e industrializar la construcción para optimizar recursos. Apoyados por tecnología BIM, que permite optimizar el proceso constructivo desde el diseño, aplican la industrialización en la cimentación de baños, muros, cerchas, losas, entre otras. Por ejemplo, se realizan cortes previos a la medida de las planchas de yeso-cartón, para que los tabiqueros en obra, no deban ajustar el material generando excedentes, que en el fondo, son potenciales residuos.



Figura 3.12: Cercha prefabricada utilizada en una obra AXIS. Fuente: Exposición Encuentro Técnico "Gestión de residuos en obra".

Otras acciones destacables de constructora AXIS, es que en sus obras, segregan en bodega aquellos materiales los cuales su embalaje son potenciales residuos de trabajos de construcción. Por ejemplo, la caja de cartón de empaquetado de los clavos, se separa del material para evitar que esta acabe mezclada con otros residuos, dificultando su reciclaje y terminando en la basura. De esta forma, se promueve que la bodega se transforme en un "punto limpio" que se impida que los almacenajes lleguen a terreno, para posteriormente puedan ser reciclados. Por otra parte, en una ocasión particular se vieron enfrentados a la necesidad de extraer cerca de 24 mil m² de acera debido a un proyecto. Se tomó la decisión de no proceder de manera la manera tradicional frente a estos casos, y se cortó la acera en cuadrículas para donarlo a los vecinos del lugar y pudieran reutilizarlos en sus viviendas como pavimentos. De esta forma se pasó de generar un residuo a darle valor a un material que se mantendrá en utilidad.



Figura 3.13: Cartón y plástico tipo film segregado y almacenado en bodega. Fuente: Exposición Encuentro Técnico "Gestión de residuos en obra".



Figura 3.14: Reutilización de acera que se debía demoler para un proyecto en Punta Arenas. Fuente: Exposición Encuentro Técnico "Gestión de residuos en obra".

En búsqueda de reducir los contaminantes de la construcción y mantener vigentes los residuos, es que el 2019 se funda y comienza a trabajar en un proyecto I + D (investigación más desarrollo) llamado Poliestirec, que a partir del poliestireno expandido sobrante de las distintas obras, lo procesan para transformarlo en resina para pinturas, dándole así valor a un material que usualmente se trata como desecho. Poliestirec ofrece dos tipos de esmaltes

al agua en base a poliestireno expandido y, uno de ellos, además es purificador de aire, ya que otorga a la superficie donde se aplique la capacidad de descontaminar el ambiente que lo rodea transformando el CO₂ (COX, NOX, SOX) y material particulado fino en compuestos indefensos para la salud. Se encuentran físicamente en Puerto Montt, al sur de Chile, pero hacen entregas en todo el país. Cabe destacar que antes de la operación de Poliestirec, una de las formas de reutilizar el poliestireno expandido generado en las obras de AXIS, era molerlo generando perlititas del material, para luego donarlos a los colegio para confeccionar asientos tipo puff.



Figura 3.15: Retiro del poliestireno expandido de obra para su tratamiento de fabricación de pinturas de Poliestirec. Fuente: Exposición Encuentro Técnico "Gestión de residuos en obra".

Según lo comentado por Antonio Vial, gerente general de Poliestirec, la empresa tiene la capacidad de hacer reciclaje local, lo que significa que no se gasta grandes cantidades de carbono en poder generar el tratamiento del residuo, transformándolo normalmente en un producto con un valor agregado. Es decir, que la empresa -desde el residuo- que se genera en el espacio, en la zona, y en el mismo lugar lo tratan y venden como producto. Entonces, se tiene una economía de reciclaje local que permite tener una diferenciación con respecto al modelo tradicional que es mucho menos amigable con el medio ambiente. (Antonio Vial, 2021).



Figura 3.16: Pinturas ofrecidas por Poliestirec. Fuente: (www.poliestirec.cl, 2022).

3.3.6. AZA

AZA es una empresa que fabrica productos de acero a partir del reciclaje de chatarra ferrosa, se estima que reciclan cerca de 600 mil toneladas al año ([Reporte de Sostenibilidad AZA 2021, 2021](#)). En la actualidad han implementado iniciativas circulares y de carbono neutralidad. Su principal oferta es de barras y rollos de refuerzo para hormigón, alambrón, perfiles laminados en caliente y barra helicoidal Saferock. Cuentan con tres centros de reciclaje y procesamiento de chatarra ferrosa ubicadas en Antofagasta, Concepción y Temuco, donde se reciben residuos provenientes de todo el país, posteriormente se deriva a la planta ubicada en Colina (Santiago) donde es procesada para convertirse nuevamente en acero utilizable.



Figura 3.17: Planta de tratamiento de AZA ubicada en Colina. Fuente: ([Reporte de Sostenibilidad AZA 2021, 2021](#))

El objetivo de la iniciativa circular de AZA es aprovechar al máximo los recursos materiales que se disponen, alargando así su ciclo de vida. Los residuos se convierten en recursos nuevamente y, en contexto de la producción de acero, se tiene un material que, por sus propiedades, es 100 % circular, lo que se traduce en que se puede reconvertir un sin número de veces una vez terminada su vida útil, sin perder sus propiedades. De esta manera es que la empresa logra fabricar acero a partir del reciclaje de chatarra ferrosa que, de otra forma, terminaría en vertederos siendo inutilizada.

Según los antecedentes publicados en el Reporte de Sostenibilidad AZA 2021, el principal proveedor de chatarra de los últimos tres años es el sector de la construcción, lo que refleja lo contaminante del rubro, mostrando así que sus residuos pueden volver a ser reutilizados para otros fines. Se aprecia también que el sector industrial y minero aportan en la generación de chatarra ferrosa. También, se informa que el número de proveedores y recicladores de chatarra ha ido en aumento en estos últimos años, lo que se traduce en una mayor cantidad de residuos gestionados por la empresa.

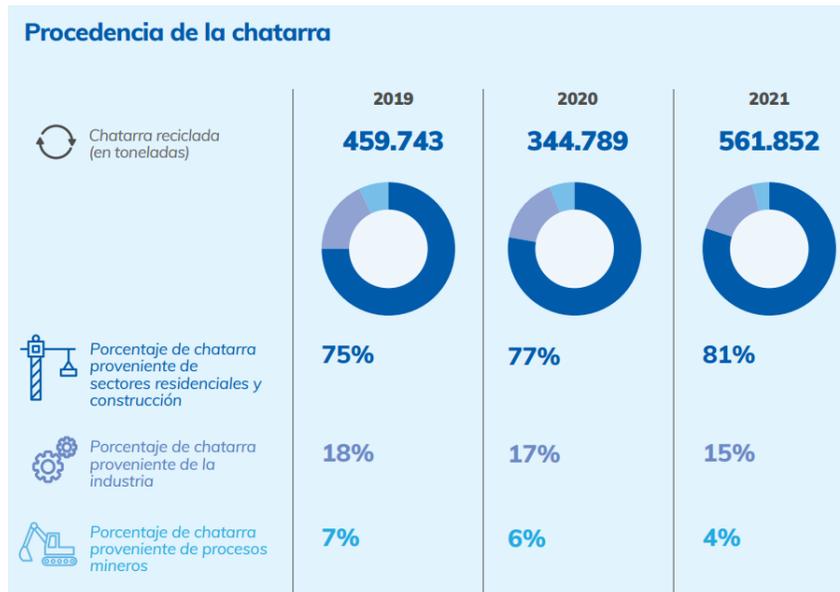


Figura 3.18: Procedencia de la chatarra ferrosa utilizada en AZA. Fuente: (Reporte de Sostenibilidad AZA 2021, 2021)

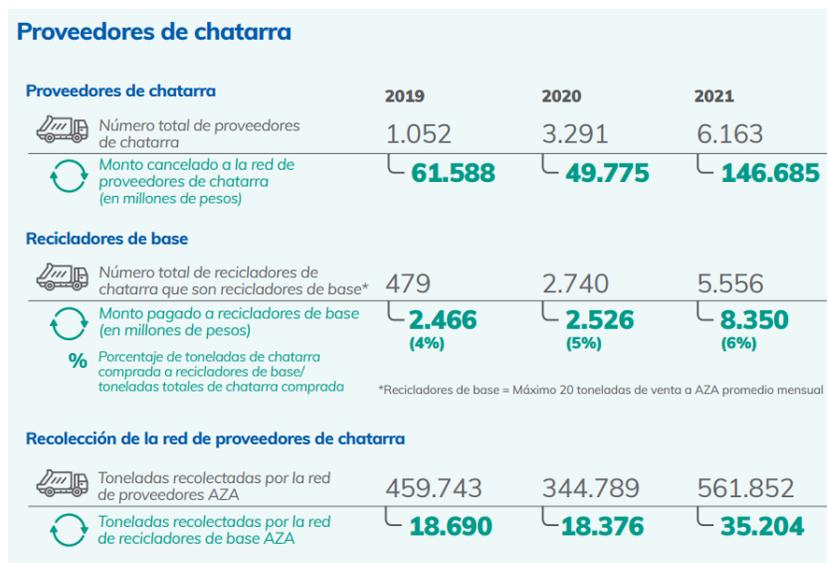


Figura 3.19: Proveedores y recicladores de AZA. Fuente: (Reporte de Sostenibilidad AZA 2021, 2021)

3.3.7. TIMBERECCO

Timberecco es una empresa que se dedica al reciclaje de plástico de desechos, y los transforma en lo que se denomina como "madera plástica", que es un material funcionalmente parecido a la madera natural. Este elemento se elabora y trabaja de igual manera que la madera tradicional, por lo cual se puede reemplazar en todos sus usos, junto con obtener las ventajas de un material de plástico.

Entre sus propiedades destaca que no se pudre, no se astilla ni parte, no se oxida y no requiere mantención. Por otra parte, tampoco le afectan los ácidos, químicos ni ambientes salinos. Tiene una vida útil sobre los cien años y es inmune a insectos y roedores. A su vez, posee buena resistencia climática, mecánica, resistencia a la humedad, impermeabilidad y durabilidad en el tiempo. Es fitosanitario e higiénico, de fácil mantenimiento, prescindiendo de barnices y protecciones.

Hoy en día, Timberecco es la única empresa en el país y una de las pocas en el mundo que fabrica perfiles de plástico a partir del reciclaje de diferentes desechos plásticos domiciliarios e industriales. En más de catorce años de trabajo, han realizado más de quinientos proyectos que se traducen en más de mil quinientas toneladas de residuos plásticos reciclados. Por el momento, la fábrica tiene capacidad para trabajar catorce toneladas al mes por turno trabajado, y según la empresa, en Chile se generan hasta 30 toneladas de desecho plástico al día. Entre sus principales productos eco-plásticos desarrollados, se encuentran perfiles y decks para terrazas, revestimiento de muros, pallets, rejillas, basureros, estantes, reposeras, maceteros, sillas, bancas, mesas, etc.

Según lo publicado en [catálogo arquitectura](#), Los banquitos más pequeños tiene un valor desde los 7 mil pesos, las sillas desde 45 mil pesos, y el metro cuadrado de decks para terraza no supera los 27 mil pesos (Valores en peso Chileno). Todo esto se puede comprar directamente en sus oficinas ubicadas en: Las Dalias 3131 - Macul, Santiago de Chile.



Figura 3.20: Productos realizados con madera plástica de TIMBERECCO.
Fuente: ([Catalogo arquitectura](#), 2022)

Su relación directa con el rubro de la construcción termina al ofrecer productos que forman parte de los exteriores de un edificio, como lo son las fachadas ventialdas o quiebravistas, que se componen por módulos de 60cm de ancho, armados con tablillas R5 (50x25x600mm) separadas 2cm y montadas sobre marcos metálicos, los cuales pueden ser fijos o móviles y cumplen la función de proteger de la exposición solar excesiva o limitar la visión hacia el interior.



Figura 3.21: Fachada realizada con madera plástica de TIMBERECCO.
Fuente: (TIMBERECCO, 2022)

Timberecco busca solucionar parte del problema de la generación de residuos, particularmente del plástico que se desecha, que con sus perfiles y mobiliarios están contribuyendo a la sustentabilidad del rubro de la construcción, evitando la tala de árboles, consiguiendo así ahorro de agua y descontaminar el medio ambiente. A continuación se presentan algunas equivalencias de trabajar con madera plástica, las cuales se obtuvieron a partir de lo publicado en la revista (En Concreto,2022):

1Kg de madera plástica:

- Ahorra 0.5L de petróleo
- Equivale a 116 envases de detergentes o leche
- Ahorra 5.7KWH de energía
- Equivale a tener encendidas 581 ampollitas de 20W de bajo consumo por cuatro horas
- Evita la tala de 0.005 árboles adultos
- Ahorra 2m³ de agua en riego
- Evita la emisión de 1.9k de CO.^a la atmósfera

3.3.8. REVALORIZA

Revaloriza es una planta de tratamiento y valorización de residuos de la construcción y demolición, conformadas por cinco empresas del rubro de la construcción, inmobiliario y medioambiente, que tienen como propósito el desarrollo respaldado por la responsabilidad socio ambiental. Algunos de los objetivos de Revaloriza son: fomentar la reutilización de residuos, disminuir el volumen de RCD en puntos de segregación, reducir el uso del transporte, el consumo en materias primas, los costos de limpieza y los riesgos laborales.

Durante el 2021, REVALORIZA logró financiarse gracias a una plataforma que funciona como crowdfunding, dando paso así a poder instalar la primera planta de revalorización de RCD en Chile. Esta iniciativa busca reciclar y valorizar 120.000 toneladas de residuos de la construcción y demolición procedentes de la Región de Valparaíso, en un plazo de tres años, generando un beneficio económico, social y ambiental.

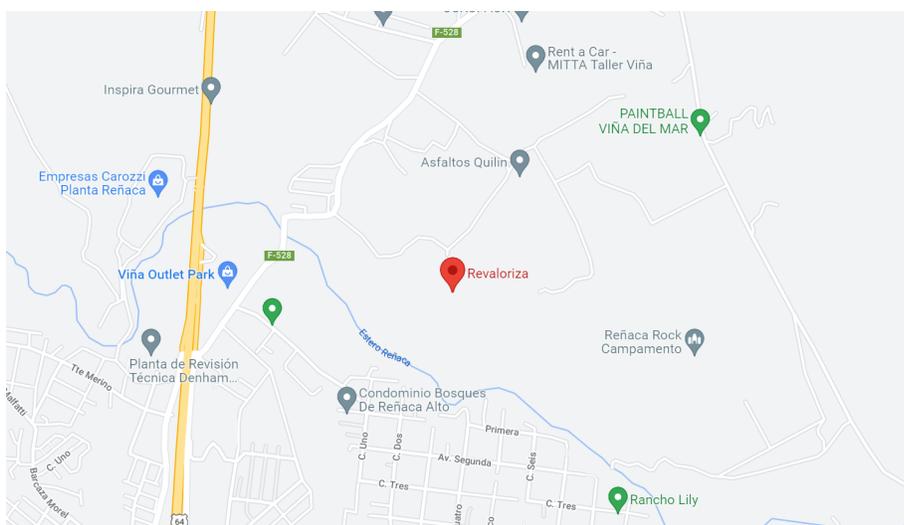


Figura 3.22: Ubicación geográfica de planta de tratamiento de REVALORIZA. Fuente: (Google Maps, 2022)

El terreno escogido para la instalación de la planta se encuentra en el sector industrial de Viña del Mar, y consta con más de 21 mil metros cuadrados. La elección del terreno fue en base a aquellas ciudades que más residuos generaban en su respectiva región, y precisamente la que más pasivos ambientales genera es la de Viña del Mar y Concón, a esto, se le debe agregar que aquellos RCD que quedan dispuestos en quebradas son un potencial peligro por eventuales remociones en masa.

Hasta el 2021, la Región de Valparaíso generaba del orden de 896.000 toneladas anuales de estos residuos, lo que la convierte en la segunda región con mayor generación a nivel nacional y, por lo mismo, foco de interés de Revaloriza que quiso tomar un rol proactivo en la solución de ese problema. *“Nuestra idea es vincular a todos los actores de la cadena: constructoras, transportistas, recicladores de base, comunidad y autoridades, incluso, a la academia para poder desarrollar nuevos productos e impulsar la innovación regional, buscando ser referentes a nivel nacional”*, explica la actual Jefe de marketing y relación con el medio, Karen Aguilera. (Construye2025,2021)

Además, esta iniciativa enseña y capacita a las constructoras para que logren reducir en 30 % el volumen de los desechos que generan, ayudándoles a segregar en origen y a distribuir a plantas de reciclaje. Algunos de las materias que segregan y tratan desde REVALORIZA son la madera, plástico, metales, cartones, yeso.



Figura 3.23: Separación de residuos de madera para la reutilización como materia prima, mediante trituración. Fuente: (revaloriza.cl,2022)



Figura 3.24: Separación de residuos plásticos para la reutilización como materia prima mediante trituración dentro de las siguientes categorías Polietileno tereftalato - PET Polietileno de alta densidad - PEAD Policloruro de vinilo - PVC Polietileno de baja densidad - PEBD Polipropileno - PS Otros - PA, ABS, SAN, Acrílico, PC. Fuente: (revaloriza.cl,2022)



Figura 3.25: Separación de residuos metálicos para la reutilización como materia prima dentro de las siguientes categorías: Ferrosos: Aceros; No ferrosos: Aluminio, cobre y bronce. Fuente: (revaloriza.cl, 2022)



Figura 3.26: Separación de residuos en cartón para la reutilización como materia prima mediante trituración. Fuente: (revaloriza.cl, 2022)



Figura 3.27: Separación de residuos en yesos para la reutilización como materia prima. Fuente: (revaloriza.cl, 2022)

Por último, se presenta una iniciativa que sostiene, entre otras, el tercer principio de la Economía Circular, que consiste en regenerar sistemas naturales, asistiendo a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido.

3.3.9. GREENREC

GREENREC es una empresa que se dedica a la recuperación de pasivos ambientales, haciéndose cargo de áreas degradadas, para transformarlas en áreas verdes, a través de la gestión sostenible, que incluye la valorización de residuos de la construcción y otros residuos industriales inertes. Realizan su actividad cumpliendo con las normativas vigentes junto con sus políticas de sustentabilidad, permitiendo así a diversas empresas del rubro de la construcción contribuir con una gestión responsable de sus RCD, agregando valor ambiental y sustentable a sus desechos. El sector construcción es el mayor generador de residuos del país, con una participación que varía entre el 26 % y el 34 % en el período 2000-2009 respecto al total de residuos generados (Conama, 2010). GREENREC valoriza diversos materiales, entre los que se encuentran la madera, escombros, fierro, cartón, entre otros, y de esta forma, junto con empresas recicladoras, realizan un aporte al reciclaje del sector. Reciben residuos mezclados y se valoriza en el destino, sin modificar la operación de las obras. Según lo publicado en el [Diagnóstico Nacional de Sitios de Disposición Ilegal de Residuos](#), en 2021 existían siete regiones del país que no contaban con sitios legales específicos para depositar RCD, lo que se traduce en que más del 20 % de todos los residuos de construcción y demolición no cuentan con un sitio de disposición legal específico en la región en la que fueron generados. Según el catastro realizado, existen 3.735 sitios de disposición final ilegal a nivel nacional, de los cuales, 3.492 corresponden a microbasurales (sitios menores a 1 Há) y 243 corresponden a vertederos ilegales (sitios mayores a 1 Há). Esto sin lugar a dudas genera un problema para los vecinos colindantes a los vertederos ilegales, ya que son considerados como grandes focos de infección y contaminación, por lo que se deben combatir para su erradicación junto a una fuerte fiscalización.



Figura 3.28: Vertedero de residuos de la construcción y demolición frente a un colegio en Antofagasta. Fuente: ([soychile.cl, 2022](#))

Ademas, GREENREC ofrece trazabilidad de los residuos entregando detalles de ingreso, cubicaje y pesaje en romana certificada. Utilizando métodos complementarios para facilitar la recuperación de materiales originados en las mismas obras de construcción y/o demolición, y terminando en centros especializados de segregación en destino donde, (es aquí que GREEN-REC participa activamente en la recuperación de RCD), con maquinaria especializada y personal dedicado, se separan los materiales a valorizar, dando una solución complementaria y a escala industrial, capaz de procesar real y efectivamente los grandes volúmenes generados.



Figura 3.29: Ejemplo de clasificación de materiales en obra. Fuente: (greenrec.cl, 2022)



Figura 3.30: Planta de valorización de RCD. Fuente: (greenrec.cl, 2022)



Figura 3.31: Acopio de materiales en planta de destino. Fuente: ([greenrec.cl](https://www.greenrec.cl/), 2022)

Ya han terminado la recuperación y reforestación de las primeras hectáreas de área verde y, a la fecha, han revalorizado materiales equivalentes a 5.326 ton de CO₂e, lo que corresponde a:

- 12.784 Autos no conducidos en un mes
- 2.274.404 Litros de bencina no consumidos
- 2.668.563 KG de carbón no quemados
- 226.375 Bolsas de basura de residuos recicladas y no eliminadas en vertederos
- 6.392 Hectáreas de bosque absorbiendo CO₂
- 7.475 Casas consumiendo energía por un mes
- 7.510.326 KW/H de energía ahorrada

Capítulo 4

Análisis y discusión de resultados

Uno de los principales principios de la Economía Circular sostiene que se deben mantener los productos y materiales en uso constante mientras estos tengan provecho, es por esto que se puede plantear que, en ocasiones, en lugar de desarrollar un nuevo espacio de construcción, con todo el gasto económico y energético que eso implica, la utilización de un espacio ya construido resulta ser mas eficaz. En el fondo plantea la siguiente interrogante ¿Para qué demoler una estructura y construir una nueva si la ya existente puede resultar útil?.

En línea con lo anterior, pero desde una mirada más del diseño arquitectónico y estructural de una obra, cuando se proyecta una estructura, por lo general se diseña para una utilización limitada de espacios (como el caso de edificios de oficina y habitacional). De aquí es que nace el concepto de usos múltiples, para aumentar la utilización del espacio en el tiempo y, por lo tanto, la de los recursos y materiales que se consumen para construir el edificio. Por ejemplo, los edificios de oficina, por lo general, se utilizan solo en horario laboral, su ocupación se puede complementar con cursos nocturnos, educativos y exhibiciones; de mismo modo se puede implementar en colegios y edificios con jornadas de uso limitada. Para el caso de usos simultáneos existen los conceptos de *co-working* y *co-living* en donde se optimiza la utilización de espacios comunes. El primero enfocado en lo laboral, es un espacio compartido por diversos profesionales, de múltiples sectores, y cuentan con un espacio para desarrollar su actividad. En cambio, el *co-living* está enfocado en lo habitacional y se privilegia la vida en común en zonas habilitadas para esto, buscando el intercambio de experiencias y conexiones junto con la optimización de recursos (financieros, de espacio, etc.).

Realizar diseños perdurables en el tiempo permite la reducción de materiales a largo plazo, junto con, la reducción de las emisiones de carbono que eso significa. Desarrollar este tipo de diseños tiene como objetivo maximizar el valor de un edificio y el de sus componentes a medida que transcurren los años, aumentando así, su potencial de recuperación de valor. En el proceso constructivo de este tipo de estructuras, se deben seleccionar productos duraderos para sus componentes para que así puedan resistir el paso del tiempo. Un ciclo de vida prolongado de los componentes está directamente relacionado con su diseño, ya que aquí se establece la línea base de la calidad, la necesidad de mantenimiento, la necesidad de reparación, la adaptabilidad y el valor residual de un elemento cuando se retira. Diseñar considerando las condiciones climáticas es una técnica que debe incorporarse en el proceso de diseño para garantizar el rendimiento futuro adecuado del edificio y conservar su valor.

Otra forma de practicar la circularidad al momento de construir y diseñar obras, tiene que ver con el desmontaje de sus componentes. Una vez terminada la vida útil de un edificio, algunos de sus componentes pueden seguir siendo útiles. Es importante diseñar para el desmontaje práctico de los componentes con el fin de recuperar el valor residual al final de su vida útil. De acuerdo con la norma ISO 20887, se deben considerar siete principios de diseño para el desmontaje: facilidad de acceso, independencia, evitar tratamientos y acabados innecesarios, apoyo a modelos comerciales de reutilización, simplicidad, estandarización y seguridad del desmontaje. Aplicados estos principios se espera tener un potencial desarmado al finalizar la vida útil y así poder aprovechar los materiales para otros fines. En este punto se debe prestar atención en la particularidad de una obra, ya que la singularidad de un proyecto se relaciona tradicionalmente con un mayor valor. Sin embargo, esto a menudo también puede traducirse en una reducción de la flexibilidad y la reutilización del espacio y los componentes del edificio. Los elementos que no son de una medida estándar tienen menos posibilidades de ser reutilizados. Además, los procesos de fabricación de elementos estándar se optimizan para reducir así los residuos que se generan en la elaboración de cada pieza, lo que no es necesariamente el caso de los productos a medida. Para maximizar la adaptabilidad y el potencial de desmontaje, es clave aumentar la durabilidad de los componentes de construcción por lo que también se debe tener presente el mantenimiento durante el uso, para así tener elementos que perduren en el tiempo y se puedan desmontar para otros usos futuros. Al reutilizar componentes de estructuras existentes y próximas a ser demolidas, o en desuso, se reduce la necesidad de fabricar nuevos componentes. La estructura principal y la fachada representan sobre 50 % del uso total de materiales y son, por lo tanto, áreas de enfoque para una potencial recuperación, prestando atención a la resistencia y durabilidad que presentan al momento de reutilizar.

Cuando se habla de construcción eficiente, se refiere a la búsqueda de reducción de energías y materiales que necesita una estructura para poder realizar correctamente sus funciones y le permita ser útil en el tiempo junto con cumplir con todas las solicitudes a la que se someterá. Si se fomentan los diseños simples; se rechazan aquellos elementos que no sean necesarios; se cuestionan el uso de componentes que no comprometen la capacidad del proyecto, se estará contribuyendo a una construcción más eficiente. Una alternativa poco utilizada pero que resulta eficiente, es disminuir el uso general de materiales para los componentes del diseño de interiores. Los acabados internos tienen una vida útil mucho más corta y se reemplazan con frecuencia durante la vida útil del edificio. Si se tiene en cuenta la necesidad de sustitución, mantención y mantenimiento frecuentes de estos componentes "más pequeños", el uso de material durante todo el ciclo de vida se vuelve bastante considerable. Teniendo en cuenta el uso de superficies expuestas de elementos estructurales como parte del concepto de diseño de interiores, en lugar de ocultarlos bajo capas de yeso, papel mura, pinturas, etc, que son a menudo materiales innecesarios"para la funcionalidad del espacio, se puede agregar un carácter arquitectónico particular al proyecto, al mismo tiempo, se ahorra una cantidad considerable de materiales. Un ejemplo de este tipo es emplear lo que se conoce como hormigón habitable o a la vista, que son partidas de construcción en hormigón en las que las superficies de los elementos construidos se dejan expuestas, sin aplicación de revestimientos adicionales.



Figura 4.1: Espacio habitable de hormigón, madera y vidrio. Fuente: (ERDC Arquitectos, 2012)

Se puede cumplir con los requisitos de un proyecto con un consumo mínimo de material si en todos sus niveles se busca la eficiencia, apuntando a un máximo de rendimiento. Se evita la construcción de espacios sobredimensionados, como lo son aquellos de grandes alturas, voladizos de gran envergadura, construcciones profundas, etc. Se puede analizar el uso de productos y materiales de alto rendimiento junto con metodologías de ingeniería avanzadas, como lo es el hormigón de alta resistencia, el cual debido a sus características aporta una mayor capacidad portante en menor espesor (comparado a un hormigón tradicional). Esto permite reducir las dimensiones requeridas de estructura y de peso, disponiendo de más espacio útil, lo que se traduce en una ejecución más económica, rápida y eficaz.

La construcción a través de los prefabricado fuera de sitio, permiten reducir el desperdicio de material en la producción y construcción debido a "mano de obra deficiente". La industrialización permite realizar trabajos fuera del lugar de construcción, en condiciones distintas, no estando expuesto a la intemperie, por lo que la calidad es tradicionalmente más alta que la construcción en el sitio. Además, se optimiza el uso de material al trabajar en procesos repetitivos de producción, lo que permite, cuando se encuentra estandarizado, que cualquier recurso "sobrante" de un proyecto se pueda utilizar para uno siguiente. Es importante también notar que la industrialización en la construcción entrega una mejora en la producción de la obra, ya que permite evitar inconsistencias entre los diseños de las distintas especialidades, retrasos en la entrega de materiales, condiciones climáticas adversas para la ejecución de ciertas partidas, problemas de seguridad del personal, entre otros. Todo esto se aporta para tener una gestión de residuos mas controlada.

La relación entre el origen y el final del ciclo de vida de los materiales de construcción es directa, ya que los residuos generados dependerán de la elección de los recursos materiales utilizados en la construcción y uso de un edificio. Identificando y cuantificando los residuos que se generan en obra, se puede fomentar su prevención, reutilización, reciclado y otras

formas de valorización. La cantidad de residuos sólidos generados por las obras de construcción puede ser considerada como un indicador de productividad del proceso constructivo. Los residuos de la construcción implicarán también pérdidas económicas importantes para las empresas constructoras, traducido en el desperdicio de materiales. Los residuos generados en una obra son materiales que fueron comprados por la empresa y transportados a la obra, de esta forma la generación de residuos de la construcción afecta a la productividad del ciclo completo de operación de la empresa.

Según los estudios realizados por el CIES (Centre d'Iniciatives per a l'Edificació Sostenible), se estima el uso de unas 2,5 toneladas de materiales por metro cuadrado construido en obras habitacionales, que se distribuyen en los consumos por material establecidos de la siguiente manera:

Tabla 4.1: Estimación de material por Kg/m². Fuente: (CIES, año desconocido)

MATERIAL	Kg/m ²	% del total
ARIDOS PETREOS	1.490,0	57,8 %
CERAMICA	557,0	21,6 %
CEMENTO	192,0	7,5 %
MORTERO PREFABRICADO	132,0	5,1 %
CAL	51,0	2,0 %
HORMIGÓN PREFABRICADO	38,0	1,5 %
ACERO	35,0	1,4 %
MADERA	17,0	0,7 %
CERAMICA LIGERA	15,0	0,6 %
TERRAZO	14,0	0,5 %
ACERO GALVANIZADO	13,0	0,5 %
YESO	12,0	0,5 %
ALUMINIO LACADO	2,5	0,1 %
ADITIVOS	4,8	0,2 %
PVC	2,0	0,1 %
ALUMINIO ANODIZADO	0,5	0,0 %
TOTAL Kg/m ²	2.575,8	100,0 %

Dado la tabla anterior, es que se puede dimensionar un aproximado del material necesario para la construcción de un edificio acorde a la envergadura de cada uno de ellos. Es interesante plantearse el motivo de por qué se generan residuos de materiales que se utilizan si se tiene un estimado aproximado de cuanto es lo que se va necesitar. Cuando se realizan las cubicaciones de un proyecto, se determinan los volúmenes y magnitudes de las obras a ejecutar y no se tiene en consideración pérdidas, ni rendimientos de los materiales, los cuales, por lo general se aplican e incluyen en el análisis de precios unitarios. Las pérdidas generadas en la fase de construcción permanecen incorporados a las construcciones, y se reflejan en un aumento en las dimensiones proyectadas, como por ejemplo cuando se aumenta el espesor de la capa de mortero, la dimensión de una plancha de yeso-cartón, entre otros, además se consideran las clásicas pérdidas por manipulación, transporte, acopio, etc. Como una manera de anticiparse a estas pérdidas, en las construcciones siempre se solicita un excedente de material para que no falte y no se produzcan atrasos de las partidas, pero todos estos excesos son potencial de residuos a futuro.

En línea con el compromiso ambiental, se plantea la necesidad de identificar y cuantificar los residuos de construcción generados en los edificios que se diseñan, construyen y habitan. De esta manera es que a partir de investigaciones con constructoras es que se identifican y cuantifican los recursos materiales utilizados habitualmente en edificios residenciales en Chile, se propone la siguiente tabla de los residuos tipos esperados, con su código LER asociado:

Tabla 4.2: Distintos tipos de residuos y procedencia

Código LER	Nombre Residuo	Desglose residuo /Descripción
17 01 01	Hormigón	Hormigón Casotes Hormigón
17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	Porcelanatos Cerámicas
17 01 02	Ladrillos	
15 01 03	Envases de madera	Pallets
17 02 01	Madera libre de impregnación o pinturas	Tableros de madera Listones de madera
17 02 07	Plástico PVC (policloruro de vinilo)	Plástico PVC Sanitario Plástico PVC eléctrico
17 02 09	Plástico PPR (Polipropileno R)	Tuberías AP, Gomas de cintas transportadoras
		Plástico HDPE (cascos) Malla raschel
17 02 10	Plástico HDPE (Polietileno de alta densidad)	Tuberías D315mm Tuberías D180mm Tuberías D90mm
17 02 03	Otros plásticos	Polietileno baja densidad (PEBD) Tapas botellas (PP) Sunchos y malla faenera (PP) Plásticos Pet (Botellas)
17 04 02	Aluminio	
17 04 05	Hierro y acero no galvanizados	
17 04 12	Hierro y acero galvanizado	Metalcon y latas
17 06 04	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03	Lana mineral Poliestireno Expandido (Ej.: Pluнавit o Aislapol)
17 03 02	Mezclas bituminosas distinta de las especificadas en el código 17 03 01	Cemento Asfáltico
10 13 10	Residuos de la fabricación de fibrocemento distintos de los especificados en el código 10 13 09	Fibrocemento ej. 8mm
17 08 02	Materiales de construcción a base de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01	Yeso Cartón ej. 10mm
20 01 01	Papel y cartón	Papel Sacos cartón Cartón
15 01 02	Envases de plástico	Tinetas sin residuos peligrosos
20 03 01	Mezcla de residuos municipales	
16 0 103	Neumáticos	
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03	Residuos Mixtos (formula considera 30% de esponjamiento)
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificaciones en el código 17 01 06	Residuos Limpios (Formula considera 30% de esponjamiento)

Debido a los diversos avances tecnológicos asociados a la construcción de la obra gruesa de un inmueble, es que se ha disminuido la generación de residuos de esta faena, y por otra parte, en general la etapa que mayor cantidad de residuos genera es la de terminaciones. Esto se debe a que en esta faena las labores deben ser dispuestas en obra, por ejemplo, el armado de los tabiques debe hacerse imperante in situ y engloba el armado de todas sus piezas como lo son los montantes y soleras de acero galvanizado, la aislación de lana mineral y las planchas de yeso-cartón. De mismo modo ocurre con la aplicación de pinturas, yeso, armado de puertas, etc. A continuación se presenta una matriz en la cual se muestran los residuos que se generan en la etapa de terminación:

Tabla 4.3: Principales residuos generados en la etapa de terminación. Fuente: Elaboración propia

ETAPA	PARTIDA	RESIDUOS
TERMINACIÓN GRUESA	YESOS	SACOS DE CARTÓN (YESO)
		TINETAS PLÁSTICAS (PUENTE ADHERENTE)
TERMINACIÓN GRUESA	TABIQUES	RETAZOS DE PLANCHA YESO CARTÓN
		RETAZOS DE MONTANTES Y CANALES
		SOBRANTES DE LANA MINERAL
TERMINACIÓN GRUESA	IMPERMEABILIZACIÓN	SOBRANTES DE ESPUMA IGNÍFUGA
		BIDONES PLÁSTICOS
		SACOS DE CARTÓN
		LATAS (ESPUMA IGNÍFUGA)
TERMINACIÓN GRUESA	CERÁMICA Y PORCELANATOS	RETAZOS DE PALMETAS CERÁMICA Y PORCELANATOS
		SACOS DE CARTÓN (PEGAMENTO)
		CARTÓN (ENVASE DE PALMETAS)
TERMINACIÓN GRUESA	NIVELACIÓN DE PISOS	SACOS DE CARTÓN (NIVELADOR)
TERMINACIÓN GRUESA	VENTANAS	N/A (VENTANAS SOLO SE INSTALAN EN OBRA)
TERMINACIÓN FINA	MUEBLES	N/A (MUEBLES VIENEN LISTOS DESDE FÁBRICA, SOLO SE INSTALAN EN OBRA)
TERMINACIÓN FINA	PISO VINÍLICO	CARTÓN (ENVASE DE PALMETAS)
TERMINACIÓN FINA	MOLDURAS	RETAZOS DE GUARDAPOLVOS
		RETAZOS DE CORNISAS (POLESTIRENO)
TERMINACIÓN FINA	PUERTAS	LATAS (ESPUMA IGNÍFUGA)
		SOBRANTES DE ESPUMA IGNÍFUGA
		ZUNCHOS DE PUERTAS PRECOLGADAS
		RETAZOS DE PILASTRAS
		CAJAS DE CARTON (ENVASE DE QUINCALLERÍA)
TERMINACIÓN FINA	ACCESORIOS DE BAÑO Y GRIFERÍA	CAJAS DE CARTON (ENVASE DE GRIFERÍA)
		BOLSAS PLÁSTICAS (ENVASE DE ACCESORIOS)

Cabe agregar que la tabla anterior se obtiene a partir de la experiencia general de un edificio Chileno promedio. Es de utilidad conocer los diversos residuos que se generan en las distintas etapas de la faena de terminación, de esta manera, se puede preparar y estudiar una posible gestión de RCD en obra al conocer como poder segregar los distintos excedentes para una posterior revalorización.

Queda en evidencia que en Chile existen plantas de valorización que presentan una solución para gestionar de forma sustentable los residuos inertes que producen las obras de construcción en el país, sin embargo, sería interesante ajustar las barreras de regulación y normativas, que impidan o dificulten el reciclaje de residuos para la producción de materias primas secundarias destinadas para crear nuevos materiales de construcción junto con

promover la coordinación entre actores públicos para facilitar los procedimientos para el desarrollo de actividades relacionadas con la gestión de los RCD, vinculadas a su valorización y disposición final. Como se mostró el caso de la "madera plástica" que se puede utilizar en fachadas de edificios, existen casos como la reutilización de áridos que se ve dificultada por lo estipulado en la Norma NCh 163: "Áridos para Morteros y Hormigones – Requisitos Generales.", la que hoy en día se encuentra en modificación, para que se permita aceptar, al menos, el 5 % de árido reciclado, proveniente de hormigones de uso anterior. Según lo publicado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico, los áridos corresponden al material pétreo compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables presente en el hormigón y ocupan entre un 65 % y 75 % del volumen total del hormigón siendo así un elemento fundamental para su elaboración. En Chile, se estima que el consumo de áridos anual es superior a los 11 millones de metros cúbicos y su extracción tiene fuertes impactos medio ambientales como son la erosión y la pérdida de suelos naturales. (CDT,2021).

Los residuos se reducen desde su diseño y cuando el producto deja de ser de utilidad, se aprovecha nuevamente para crear más valor. Al incorporar de manera más intensiva la idea de Economía Circular y, en particular la de la valorización en destino, entrega nuevas oportunidades para identificar residuos de una industria que puedan ser insumos de otra, generando así una continua identificación de oportunidades (Como ejemplo se tiene la utilización de escoria del acero para ser incluidos como áridos en el hormigón). Mediante el impulso a la valorización de materiales, que en el escenario actual terminan en rellenos sanitarios, resultará posible que puedan incorporarse rápidamente a la cadena productiva sin inversiones sustantivas. Así lo muestra el siguiente gráfico, en donde se constata que la recuperación en destino en Europa permite una valorización sobre el 90 %. Es imperioso, por el bien del planeta, que en un Chile cercano se logaran esas tasas de recuperación. Según lo publicado por la Hoja de ruta de economía circular en la construcción, se proyecta que el 70 % del volumen de los RCD se valorizará, lo que incluye la reutilización y reciclaje para la fabricación de nuevos productos. (Hoja de ruta de economía circular en la construcción, 2020).

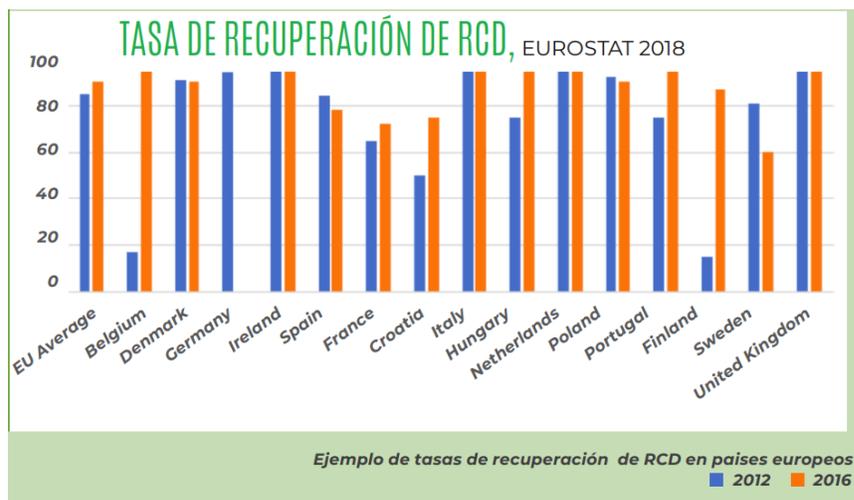


Figura 4.2: Tasa de recuperación en destino - Experiencia Europea. Fuente: (Greenrec, 2021)

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

Queda reflejado que la industria de la construcción sigue creciendo a un ritmo acelerado y es importante reconsiderar su estado actual y priorizar aquellas áreas en las que hay que trabajar para reducir y frenar los daños medioambientales que implica su desarrollo.

La certificación, realización de cursos y apego a las normativas entrega competencias laborales que puede (y debiese) implicar un reconocimiento del Estado y/o organizaciones a las habilidades y conocimientos que posee una persona o empresa para ejercer un trabajo y, por tanto, constituye un aporte significativo para el sector construcción, sobre todo en materias de sustentabilidad e innovación. Estos nuevos perfiles y planes formativos serán una herramienta fundamental para impulsar capacitaciones en los trabajadores y trabajadoras de la construcción, abriendo así un camino de desarrollo profesional y personal para ellos.

De las acciones mas importantes para una construcción mas sustentable, destaca el reducir los residuos, donde aquellos que no se puedan disminuir, se deben reutilizar, y finalmente, aquellos no reutilizables se deben reciclar para así valorizar aquellos sobrantes. Todo este proceso se debe hacer de una manera planificada y sistémica para cada uno de los materiales con fin de que no terminen en un vertedero.

Hay que tener en consideración que la recuperación y reutilización de materiales no necesariamente implica instantáneamente un enfoque alineado a la Economía Circular, ya que hay que tener en cuenta los efectos adversos del reciclaje, como por ejemplo, el elevado consumo de energía que requiere, especialmente para los materiales con alta energía incorporada, como el acero y el hormigón. Por lo tanto, el destinar esfuerzos en evitar la generación del residuo siempre será una mejor acción circular que reciclarlo.

La evidencia indica que gran parte de los RCD son reutilizables. Se aprecia que en algunos lugares se alcanzan tasas de recuperación superiores al 90 % gracias al empleo de métodos de recuperación en destino como un complemento a la recuperación en origen/obra.

La construcción industrializada se entiende en Chile como: obras de construcción mediante procedimiento seriado, repetitivo, rítmico y estandarizado, que puede incluir prefabricados, realizados en sitio, robotizados, automatizados, entre otros. Industrializar procesos tiene mejoras significativas en los índices de productividad, ya que, por ejemplo, labores que se realizan en una misma obra se trasladan a un ambiente controlado, en el que se aseguran el control

de calidad de las materias primas, de la fabricación del elemento y de la gestión y administración. También hay beneficios en seguridad y gestión de residuos.

En los últimos tiempos se han visto importantes avances en aplicación de principios circulares, gracias a mejores diseños, estandarización, construcción off-site, y otros, ya que, en general, éstos están alineados con los objetivos de reducción de costos (por ende, de materiales). Es en el aspecto de la recuperación y valorización de estos RCD generados donde existe el gran desafío, consiste en crear condiciones nuevas que impulsen el cambio, ya que, generalmente, una gestión de manejo responsable y de valorización de residuos aumenta los costos en el corto plazo, pero la ganancia es mayor a futuro.

Bibliografía y referencias

1. Biblioteca del Congreso Nacional. (2016). Biblioteca del Congreso Nacional. www.bcn.cl/leychile.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>
2. Bravo, J., Valderrama, C., & Ossio, F. (2019). Cuantificación Económica de los Residuos de Construcción de una Edificación en Altura: Un Caso de Estudio. *CIT Informacion Tecnologica*, 30(2), 85–94. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000200085>
3. C-CalC. (2022). Cenergie.be. <https://www.cenergie.be/nl/diensten/advies/c-calc>
4. Cementos sostenibles a partir de residuos de construcción y demolición. (2021). Uam.es; Universidad Autónoma de Madrid.
<https://www.uam.es/uam/investigacion/cultura-cientifica/noticias/cementos-sostenibles-residuos>
5. Circular buildings toolkit. (2022). Arup.com. <https://ce-toolkit.dhub.arup.com/>
6. Construye2025. (2019). Escombros de la construcción llenarían 15 veces el Estadio Nacional para 2025 ¿Qué hacemos para evitarlo? – Construye2025.cl.
<https://construye2025.cl/2019/11/05/escombros-de-la-construccion-llenarian-15-veces-el-estadio-nacional-para-2025-que-hacemos-para-evitarlo/>
7. Construye2025.cl. (2018). Poliestirec: la historia del emprendimiento que convirtió el “plumavit” en pintura de alta calidad – Construye2025.
<https://construye2025.cl/2021/07/29/poliestirec-la-historia-del-emprendimiento-que-convirtio-el-plumavit-en-pintura-de-alta-calidad/>
8. Corporación de Desarrollo Tecnológico (2021). Portafolio de modelo de negocios en economía circular para la construcción.
<https://www.cdt.cl/wp-content/uploads/2022/06/Portafolio-de-modelos-%E2%80%A8-de-negocio-en-econom%C3%ADa-circular-para-la-construcci%C3%B3n-Informe-final-de-la-consultor%C3%ADa-1.pdf>
9. Corporación de Desarrollo Tecnológico (2021). Cdt.cl. <https://www.cdt.cl/aridos-reciclados-disminuirian-fuertemente-los-residuos-en-contruccion/>
10. Creación de la ISO/TC 323 – Economía Circular. (2022). Enelamericas.com.
https://www.enelamericas.com/es/economia_circular_latam/articulos/creacion-de-la-iso-tc-323-economia-circular.html
11. Decreto Extento N°37 (2019). Minvu.cl.
http://documentos.minvu.cl/min_vivienda/decretos_exentos/Documents/DEDIJURN%C2%B0%20%20%20%2037.pdf
12. Diagnóstico Nacional de Sitios de Disposición Ilegal de Residuos – Estrategia de Economía Circular en Construcción. (2021). [EconomyCircularConstruccion.cl](http://economycircularchile.cl).
<https://economycircularchile.cl/2021/06/22/diagnostico-nacional-sitios-de-disposicion-ilegal-de-residuos/>

13. Diagnostico Sobre la Gestión de Residuos Sólidos de las Empresas del Sector Construcción, y Propuesta de Acuerdo de Producción Limpia "Plan Industrialización y Construcción Limpia". (2018). Construye2025.cl.
[https://construye2025.cl/rcd/wp-content/uploads/2019/01/CDT_Informe_Final_Diagnostico_Gestion_Residuos_PUBLICO_\(2018.01\).pdf](https://construye2025.cl/rcd/wp-content/uploads/2019/01/CDT_Informe_Final_Diagnostico_Gestion_Residuos_PUBLICO_(2018.01).pdf)
14. Economía Circular: Un nuevo comité técnico de la ISO recién conformado. (2019). Ibtnorca.org. <https://www.ibnorca.org/es/noticias/economia-circular-un-nuevo-comite-tecnico-de-la-iso-recien-conformado>
15. Economía circular en la construcción: enorme oportunidad – Estrategia de Economía Circular en Construcción. (2022). Economiacircularconstruccion.cl.
<https://economiacircularconstruccion.cl/2022/01/18/economia-circular-en-la-construccion-enorme-oportunidad/>
16. ERDC Arquitectos (2012). Espacio Habitable de Hormigón, Madera y Vidrio / ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/02-231762/espacio-habitable-de-hormigon-madera-y-vidrio-erdc-arquitectos/5108a2f6b3fc4b276d000198-espacio-habitable-de-hormigon-madera-y-vidrio-erdc-arquitectos-foto>
17. EU taxonomy for sustainable activities. (s/f). Finance. https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
18. Felipe Ossio – Certificación de Edificio Sustentable. (2022). Certificacionsustentable.cl.
<https://www.certificacionsustentable.cl/tag/felipe-ossio/>
19. Gestión de Residuos para Mejorar la Productividad en la Empresa. (2020). Cdt.cl.
http://informatica.cdt.cl/documentos/registroCDT/ediciones_tecnicas/documentos/40_Gestion_de_Residuos_para_Mejorar_la_Productividad_en_la_Empresa.pdf
20. Glasinovic, V., Chile, F., & Rivera, D. (2020). Esta nota técnica fue desarrollada por Fundación Chile para la Comisión Nacional de Productividad, en el marco del proyecto Productividad del sector de la Construcción. Cnep.cl. <https://cnep.cl/upload/Background-Report-Economi%CC%81a-Circular-y-sector-Construccion%CC%81n-en-Chile.pdf>
21. Glosario Construcción Circular. (2021). Felipeossio.com. <https://felipeossio.com/glosario-construccion-circular-2/>
22. Glosario – RCD Estrategia Sustentable. (s/f). Construye2025.cl.
<https://construye2025.cl/rcd/glosario/>
23. Gobierno de Chile - Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2010). PRIMER REPORTE DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CHILE. Hidronor.cl.
http://www.hidronor.cl/pdf/1_Primer_Reporte_del_Manejo_de_Residuos_S%C3%B3lidos_en_Chile_Conama_2010.pdf
24. Greenrec Le Panto (2021). Greenrec.cl. <https://greenrec.cl/wp-content/uploads/2022/03/21-09-08-Boletin-Greenrec-Lepanto.pdf>
25. Hoja de Ruta de Economía Circular en Construcción 2035 (2020). Construye2025.cl.
http://construye2025.cl/rcd/wp-content/uploads/2020/08/HDR-PAGINA_RCD_200825.pdf

26. Hoja de Ruta de Medio Ambiente para Regular los Residuos de la Construcción. (2021). Cdt.cl. <https://www.cdt.cl/la-hoja-de-ruta-de-medio-ambiente-para-regular-los-residuos-de-la-construccion/>
27. Informe del Estado del Medio Ambiente/ Capitulo 10/ Residuos. (2021). Gob.cl. <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/10-residuos.pdf>
28. Instituto Nacional de Normalización. (s/f). Inn.cl. <https://ecommerce.inn.cl/>
29. Level(s). (s/f). Environment. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en
30. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (s/f) Minvu.cl. http://documentos.minvu.cl/min_vivienda/decretos_exentos/Documents/DEDIJURN%C2%B0%20%20%20%2037.pdf
31. Objetivos y metas de desarrollo sostenible. (2018). Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
32. Promesa IUS - IUSLatam. (2016). IUSLatam - Ciudades Inteligentes; IUSLatam. <https://iuslatam.com/sobre-ius/>
33. Reporte de Sostenibilidad 2021. (2021). Aza.cl. https://www.aza.cl/wp-content/uploads/2022/05/ReporteAZA2021-20mayobaja_v2.pdf
34. Revaloriza · Lote 865 sector industrial lajarilla, 2520000 Valparaíso, Viña del Mar, Chile. (2022). Revaloriza · Lote 865 sector industrial lajarilla, 2520000 Valparaíso, Viña del Mar, Chile. <https://www.google.com/maps/place/Revaloriza/@-32.9848414,-71.4915258,15.36z/data=!4m5!3m4!1s0x9689ddc02db68793:0xaa6d4768c246d6c4!8m2!3d-32.9856009!4d-71.4914969?hl=es>
35. Revaloriza: la empresa triple impacto que hará realidad la primera planta de RCD en Valparaíso – Construye2025. (2021). Construye2025.cl. <https://construye2025.cl/2021/05/27/revaloriza-la-empresa-triple-impacto-que-hara-realidad-la-primera-planta-de-rcd-en-valparaiso/>
36. Revista En Concreto 219. (2019). Issuu. <https://issuu.com/camaraconstruccion/docs/en-concreto-219?e=2518658/92925787>
37. Sector de la construcción podrá capacitar a cero costo para impulsar “cero residuos en sus obras”. (s/f). Cdt.cl. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de <https://www.cdt.cl/sector-de-la-construccion-podra-capacitar-a-cero-costo-para-impulsar-cero-residuos-en-sus-obras/>
38. SoyChile. (2022). Sin control crecen vertederos clandestinos de escombros de la construcción en Antofagasta. <https://www.soychile.cl/antofagasta/sociedad/2022/04/21/753633/aumento-vertederos-clandestinos-antofagasta-rescon.html>
39. Sustainability in buildings and civil engineering works -Design for disassembly and adaptability -Principles, requirements and guidance. (s/f). Steelconstruct.com. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://www.steelconstruct.com/wp-content/uploads/ISO-20887_2020_01.pdf

40. Sustentable, D. (2021, diciembre 1). Lanzas saco de cemento que se disuelve en la mezcla. Diario Sustentable. <https://www.diariosustentable.com/2021/12/lanzan-saco-de-cemento-que-se-disuelve-en-la-mezcla/>
41. Transformación Ecológica de TIMBERECCO. (2022). Catálogo Arquitectura Productos de Arquitectura y Construcción. <https://www.catalogoarquitectura.cl/cl/productos/transformacion-ecologica-timberecco>
42. Vidal Caroline (2015). Trabajo fin de grado: Estudio Comparativo de los Sistemas de Gestión de RCDs entre España y Brasil. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14184/VidalRainho_Caroline_TFG_2015.pdf?sequence=2

Anexos

Tipología
RESIDUOS COMO RECURSO
 Empresa: **PINTURAS POLIESTIREC SpA.**

PRODUCTO:
POLIESTIREC
 RECUBRIMIENTOS SUSTENTABLES

ESMALTE AL AGUA
 COLOR []

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) RELACIONADOS
 8 11 12 13 15

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Ficha Informativa Iniciativas Circulares

Figura 5.1: Formato de ficha propuesta para la guía y catálogo de aplicación de buenas prácticas de Economía Circular, en el sector construcción en Chile; parte 1 - Caso ejemplo Poliestirec. Fuente: Elaboración propia

Tipología

RESIDUOS COMO RECURSO

Enjeresa
Empresa

PINTURAS POLIESTIREC SpA.




 Año: 2020


 Clientes:
 Usuarios en General


www.poliestirec.cl


 Físicamente en
 Puerto Montt,
 abarcando todo
 Chile

INICIATIVA



Fabricación de pinturas en base a plumavit reciclado, a través de tecnología purificadora de aire mediante nano partículas en la pintura.

ATRIBUTOS CIRCULARES



Reducción de Co2, evitando que el EPS (Plumavit) llegue a vertederos, lagos y mares. Además, descontamina el aire mediante nano partículas. Incentiva el reciclaje local. .

ESTRATEGIA



- Aumentar la eficacia de los materiales.
- Reducir el uso de materiales altos en carbono.

Ficha Informativa Iniciativas Circulares

Figura 5.2: Formato de ficha propuesto para la guía y catálogo, de aplicación buenas prácticas de Economía Circular, en el sector construcción en Chile; parte 2 - Caso ejemplo Poliestirec. Fuente: Elaboración propia