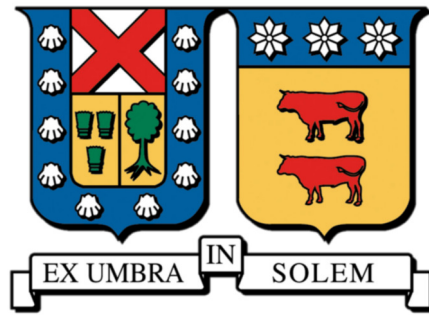


Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Obras Civiles



ESTUDIO DE CASO DE MANEJO DE RESIDUOS EN UNA OBRA DE CONDOMINIO EN LA ZONA SUR DE CHILE

Memoria de título presentada por

Catalina Belmonte Miralles

Como requisito para optar al título de

Constructor Civil

Profesor guía: Sr. Felipe Araya A.

Valparaíso, 2023

I. Agradecimientos

A mi Universidad y todos los profesores que se hicieron parte de mi proceso formativo, gracias por entregarme todos los conocimientos que me permiten tener un buen desempeño profesional hoy en día.

A mi profesor de memoria, Felipe Araya, muchas gracias por apoyarme y guiarme en este último proceso de la carrera.

II. Dedicatoria

A mi familia en Puerto Montt e Iquique, que a pesar de la distancia, me apoyaron incondicionalmente en mi paso por esta linda carrera.

A mi papá, por confiar en mí cada vez que yo misma dudaba de mis resultados, siempre me dijiste que todo saldría bien.

A mi mamá, por viajar tantas veces a verme a Valparaíso, tus visitas siempre fueron renovadoras de energía, porque me hacías sentir en casa nuevamente. Gracias por tu compañía y paciencia durante mis clases en pandemia, fue una época muy diferente a lo que esperábamos que fueran mis últimos años de estudio.

A Paula, que es todo un ejemplo de esfuerzo y perseverancia, sigue persiguiendo tus sueños, sé que lograrás todo lo que te propongas.

A Gabriel, que con su alegría y chistes puede llenar cualquier espacio, siempre estaré para ti hermano.

A Mati, que próximamente entrará al mundo universitario, ¡mis mejores deseos para tu nueva etapa!

Por último, gracias a Nicolás por estar a mi lado durante mis 2 años de estudios en pandemia y en mi proceso de realizar la memoria, tu cariño y motivación me ayudó a superar muchos obstáculos, nunca dejaste que me rindiera, te lo agradezco muchísimo.

Un abrazo a todos.

III. Resumen

La industria de la construcción es uno de los grandes generadores de residuos sólidos a nivel mundial, llevando una estricta relación con el crecimiento y desarrollo de cada país. A medida que los países aumentan en población y desarrollo económico, se requiere cada vez más recursos y materiales constructivos para poder cumplir con la demanda en el área de la construcción. En Chile, este rubro aporta en gran medida a la economía del país, debido al movimiento financiero que genera por requerir la compra de materiales en grandes cantidades, contratación de mano de obra, arriendo y compra de maquinarias o equipos, entre otros. En ocasiones se refiere al ámbito de la construcción como un termómetro de la economía nacional, debido a que al existir alguna incertidumbre en el país, ya sea de ámbito político, social o económico, muchos proyectos de este rubro se ven paralizados hasta que las condiciones vuelvan a ser óptimas. A pesar de traer grandes beneficios a nivel productivo, también presenta un aporte importante en la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) durante todo el proceso constructivo. Dado esto, es fundamental que se avance en materia de una construcción sustentable y se trabajen los efectos negativos que estos desechos producen en el largo plazo.

En la actualidad, se requiere que las empresas del país adopten medidas para llevar a cabo una construcción sostenible en el tiempo, cuidando los recursos empleados de la mejor manera y sin comprometer la disponibilidad de estos en el futuro, velando por una correcta disposición final de residuos en botaderos autorizados y recolección de material que pueda ser reciclado o reutilizado. Para sumarse a esta iniciativa, la obra analizada en esta memoria implementa un proyecto de sustentabilidad en obra, donde se consideran distintas formas de valorización de los residuos, como la reutilización de productos dentro de la obra, reciclaje de materiales, valorización energética en el caso de las maderas sin residuos nocivos, reubicación de hormigón sobrante, construcción de prefabricados en obra, entre otros. Adicionalmente, se obtienen beneficios económicos con la venta de materiales de interés para recolectores.

En esta memoria, se analiza el plan de gestión de residuos de una obra en el sur de Chile, permitiendo observar su funcionamiento, conocer las dificultades y facilidades que se enfrentan al poner en marcha este plan, permitiendo proponer mejoras que sean aplicables a obras futuras.

IV. Abstract

The construction industry is one of the most important solid waste generators worldwide, keeping a strict relationship with the growth and development of each country. As countries increase in population and economic development, more construction resources and materials are required to meet the demand in the construction area. In Chile, this item contributes to a large extent to the country's economy, due to the financial movement it generates by requiring the purchase of materials in large quantities, hiring labor, leasing and purchasing machinery or equipment, among others. Sometimes the field of construction is referred to as a thermometer of the national economy, since, when there is some uncertainty in the country, be it political, social or economic, many projects in this area are paralyzed until conditions become optimal again. Despite bringing great benefits at the production level, it also presents an important contribution in the generation of construction and demolition waste (CDW) during the entire construction process. Given this, it is essential that progress be made in terms of sustainable construction and the negative effects that these wastes produce in the long term.

Currently, companies in the country are required to adopt measures to carry out a sustainable construction over time, taking care of the resources used in the best way and without compromising their availability in the future, ensuring a correct final disposal of waste in authorized dumps and collection of material that can be recycled or reused. To join this initiative, the work analyzed in this report implements a sustainability project on site, where different forms of waste recovery are considered, such as the reuse of products within the work, recycling of materials, energy recovery in the case of wood without harmful residues, relocation of excess concrete, construction of prefabricated on-site, among others. Additionally, economic benefits are obtained from the sale of materials of interest to collectors.

In this report, the waste management plan of a construction in southern Chile is analyzed, allowing to observe its operation, learn about the difficulties and facilities faced when implementing this plan, allowing to propose improvements that are applicable to future works.

Índice General

I. Agradecimientos.....	2
II. Dedicatoria	3
III. Resumen.....	4
IV. Abstract.....	5
Índice General.....	6
Índice de Figuras	9
Índice de Tablas	10
Índice de Gráficos.....	11
1. Introducción	12
1.1 Origen y propósito del análisis.....	15
2. Revisión de Literatura	17
2.1 Residuos de construcción y demolición (RCD)	17
2.2 Marco normativo sobre residuos en Chile	19
2.2.1 Ley N° 19.300/ 1994	19
2.2.2 Ley N° 20.879/ 2015	20
2.2.3 Decreto 189/ 2008	20
2.2.4 Norma Chilena NCh 3322/ 2013	20
2.2.5 Norma Chilena NCh 3562/ 2019	22
2.3 Gestión de residuos en el contexto internacional	23
2.4 Estudios en el extranjero sobre la clasificación de residuos	29
2.5 Gestión de residuos en el contexto nacional	34
2.5.1 Antecedentes Nacionales	34
2.5.2 Jerarquía de residuos	37
2.5.3 Objetivos y metas para un plan de gestión de residuos	38

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Obras Civiles

2.5.4 Ejemplo de gestión de residuos en obra de Concepción, Chile.....	40
2.6 Clasificación de los residuos	43
3. Objetivos.....	47
3.1 Objetivos Generales	47
3.2 Objetivos Específicos.....	47
4. Métodos	47
4.1 Caso estudio en una obra de condominio.....	48
4.1.1 Antecedentes de la obra.....	48
4.1.2 Plan “Recicla Sustentable”	49
4.2 Recolección de datos.....	55
4.3 Recolección de datos con entrevistas	55
4.4 Análisis cualitativo de contenido	57
4.5 Limitaciones de este estudio	60
4. Resultados	61
5. Discusión.....	63
5.1 Ejecución del plan “Recicla Sustentable”	63
5.2 Dificultades encontradas en el análisis	67
5.2.1 Manejo de personal.....	68
5.2.2 Disponibilidad de información	69
5.2.3 Gestión y recursos	71
5.3 Facilidades encontradas en el análisis.....	73
5.3.1 Incentivos	74
5.3.2 Control en obra	76
5.3.3 Ubicación.....	78
5.4 Influencia del nivel educacional en el rubro	79
5.5 Recomendaciones de mejoras	80
6. Conclusión	83

7. Referencias bibliográficas..... 85

Índice de Figuras

Figura 1. Principios de la economía circular.	18
Figura 2. Colores de contenedores para distintos residuos.....	22
Figura 3. Jerarquía en el manejo de los residuos.....	23
Figura 4. Jerarquía de residuos.	38
Figura 5. Metodología de trabajo.	48
Figura 6. Imagen referencial del Condominio.....	49
Figura 7. Distribución de puntos de acopio.....	50
Figura 8. Categorías de residuos a reciclar en obra.....	50
Figura 9. Moldajes para cámaras eléctricas.....	52
Figura 10. Moldajes para cámaras eléctricas en proceso de hormigonado.	52
Figura 11. Mesa vibradora para prefabricados de hormigón.....	53
Figura 12. Molde de solerilla simple.....	53
Figura 13. Molde de solera tipo A.....	54
Figura 14. Mesa vibradora y solerilla adquiridas por la empresa.....	54
Figura 15. Cambios en plan de gestión de residuos	65
Figura 16. Esquema de dificultades en el plan de gestión de residuos.....	67
Figura 17. Esquema resumen de las facilidades encontradas en el análisis cualitativo.	73
Figura 18. Propuestas de mejoras para obras futuras.	80

Índice de Tablas

Tabla 1. Semejanzas en el plan de gestión de residuos entre España, Brasil y Colombia.	25
Tabla 2. Semejanzas en plan de gestión de residuos entre España, Brasil, Colombia y Chile.....	27
Tabla 3. Barreras y dificultades en la gestión de residuos de la construcción.	33
Tabla 4. Clasificación y toneladas declaradas por actividades de construcción.	36
Tabla 5. Ejemplo de objetivos y metas para un plan de gestión de RCD.....	39
Tabla 6. Esquema informativo sobre los RCD en obra de Concepción.	41
Tabla 7. Residuos presentes en obra de Concepción.....	42
Tabla 8. Clasificación y valorización de los RCD.....	45
Tabla 9. Perfil de los trabajadores.	56
Tabla 10. Diccionario de codificación.....	58
Tabla 11. Frecuencia de respuestas sobre las facilidades y dificultades en el manejo de residuos...	62

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Disposición final de residuos a nivel nacional.	13
Gráfico 2. Escombros de una obra de edificación.	35
Gráfico 3. Tratamiento de los RCD declarados, toneladas valorizadas y eliminadas.	36

1. Introducción

El rubro de la construcción tiene gran importancia en aspectos económicos de un país. En Chile, se estima que el sector de la construcción generó en el año 2009 el equivalente al 34,4% de los residuos urbanos totales del país (Castillo y Ossio, 2012), lo que, a su vez, corresponde al 56% de los residuos sólidos industriales (CONAMA, 2010). En este país, más de 1 millón 250 mil toneladas de envases y embalajes se generan al año, donde se recicla aproximadamente un 12%, dejando más de 60 mil toneladas de residuos convertidos en desechos que podrían ser valorizados de alguna forma. En promedio, los chilenos generan 1,3 kilogramos de residuos al día, pero se estima que sólo se recicla un 4% de los desechos domiciliarios (Ministerio del Medio Ambiente, 2019). Los residuos totales generados a nivel nacional alcanzaron en 2020 un total de 20 millones de toneladas según el Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente (REMA) del año 2021, donde aproximadamente un 79% de los residuos sólidos no peligrosos fueron eliminados en rellenos sanitarios y vertederos, y sólo el 21% restante fue valorizado. Los escombros o desechos indicados anteriormente, corresponden a los residuos declarados en el Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER)¹, por lo que, en realidad existen más residuos si se incluyeran los vertederos no autorizados. En los últimos años se ha visto una mejora en la disposición final de residuos, ya que, en el año 2015 un 50% de los restos totales declarados en SINADER fueron enviados a rellenos sanitarios y un 40% a vertederos. En el año 2019, los rellenos sanitarios recibieron un 63,2% de residuos, mientras que los vertederos disminuyeron la cifra de recepción de residuos a un 8,8%. Por otro lado, un 15,3% de los residuos declarados fueron enviados a depósitos de cenizas, un 7,3% a otros destinos y un 2,4% a monorellenos². El detalle de la disposición final de residuos entre 2015 y 2019, se observa en el Gráfico 1.

¹ SINADER: Sistema Nacional de Declaración de Residuos, es un sistema de declaración vía portal web, que permite a los generadores y destinatarios de residuos (industrias y municipios) declarar, anualmente o en periodos, de acuerdo a las obligaciones que impone el Reglamento del RETC (Art. 26, 27 y 28).

² Monorellenos: Celda o depósito diseñado para recibir y confinar lodos de aguas servidas, favoreciendo su degradación en condiciones controladas.

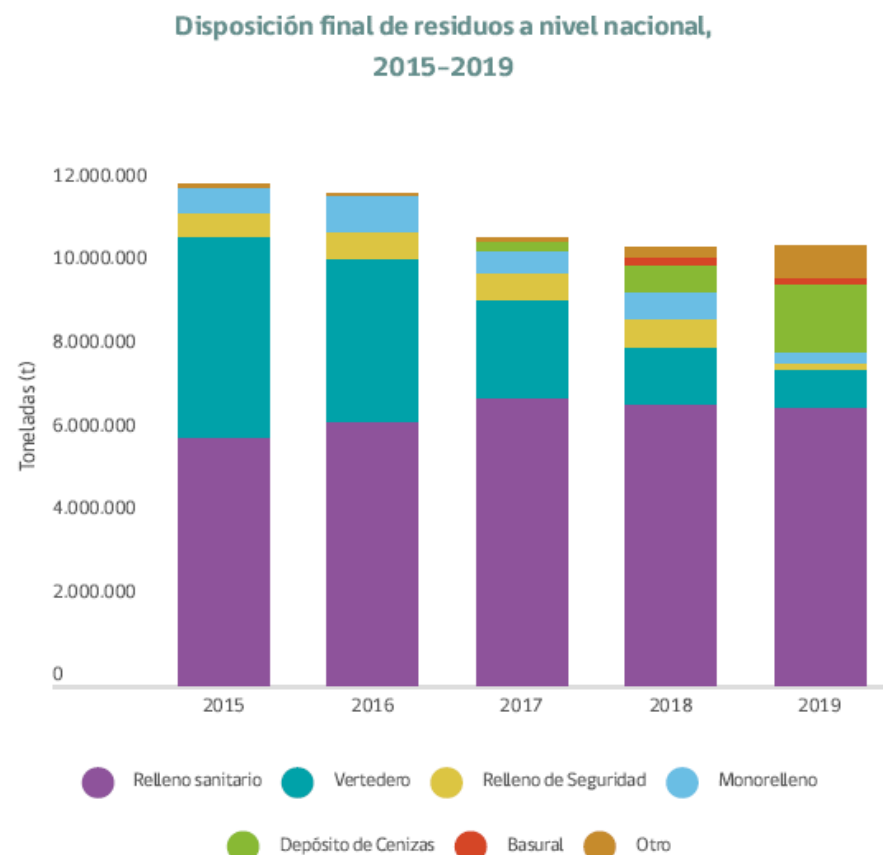


Gráfico 1. Disposición final de residuos a nivel nacional.

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente. Sexto Reporte de Estado del Medio Ambiente (2021).

Es posible apreciar que, con el pasar de los años, ha disminuido la cantidad de residuos que tienen como disposición final el vertedero, teniendo mayor protagonismo los rellenos sanitarios y depósitos de cenizas, en conjunto con una disminución de las toneladas de desechos sólidos generados. Dentro de esta gran cantidad de toneladas de desechos, el sector de la construcción representa un 35% de los residuos inertes del país (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

El rubro de la construcción corresponde a uno de los sectores que más aporta al movimiento económico del país, sin embargo, toda obra de edificación, ya sea habitacional o de obras civiles, genera gran cantidad de residuos y escombros que contaminan el medio ambiente. Según el informe MACH 59 de macroeconomía y construcción (Cámara Chilena de la Construcción, 2022), la tasa de participación de los trabajadores de la construcción en el empleo total de la economía disminuyó durante el período de crisis sanitaria, desde 8,6% promedio (2015-2019) a 7,8% en 2020, por lo que, las medidas de confinamiento tuvieron un mayor impacto en el sector de construcción respecto al resto de los sectores de la economía. A pesar de no paralizar completamente el sector, sí algunas obras fueron pausadas por incertidumbre económica del mandante o por brotes de COVID-19. A pesar de esto, en el año 2021 existió una mayor apertura de la economía, por lo que, en promedio, la mano de

obra de la construcción representa cerca de 8% del empleo nacional. Respecto a los desechos asociados a la construcción, estos son denominados Residuos de Construcción y Demolición (NCh 3562, 2019), en adelante RCD y dependen del tipo de trabajo que se realiza en obra, ya sea la construcción de una edificación nueva, demolición, reparación o reacondicionamiento. Para el caso de una obra nueva, en un principio de la construcción se tienen restos vegetales provenientes del escarpe de terreno y demolición de estructuras existentes, como radier, muros o panderetas, por lo que, en esta etapa constructiva los RCD corresponden a este material vegetal y restos de posibles demoliciones. Durante el período de obra gruesa, los RCD están conformados principalmente por restos de madera, piedras, placas fenólicas, alambres, acero y recortes de tuberías eléctricas y sanitarias. Más adelante, en la etapa de terminaciones, los materiales que se desechan corresponden principalmente a despuntes de acero galvanizado para tabiques, planchas de yeso cartón, tuberías, cerámicos, alfombras, etc.

La clasificación de los RCD depende de su composición, donde existen las siguientes categorías:

- Peligrosos
- No peligrosos

Dentro de los no peligrosos, se subdivide en:

- Residuos inertes
- Residuos no inertes
- Residuos asimilables a domiciliarios

La gestión de los RCD implica prevenir, reducir, valorizar y disponer finalmente de los residuos en lugares que cuenten con la autorización sanitaria correspondiente (NCh 3562, 2019). Un correcto manejo de residuos en obra genera beneficios económicos y ambientales. En el primer caso, al prevenir la generación de escombros en exceso y entregar una valorización a los residuos existentes, se obtienen disminuciones en el gasto por retiro a botaderos autorizados y se da un nuevo uso a materiales que usualmente serían considerados residuos. Un ejemplo de esto es el hormigón considerado como pérdida, puede ocurrir una cubicación sobredimensionada que genere una pérdida de este producto, además que existe un porcentaje de este material que queda atrapado en la bomba

hormigonera y al finalizar esta faena, se elimina el sobrante (500 litros aproximadamente) vertiéndose en el suelo de la obra. Esto ocurre con cada camión que trae el hormigón, por lo que, al sumar esa pérdida junto a algún eventual error de cubicación, se obtiene bastante material que puede ser reubicado dentro de la obra, pudiendo usarse como emplantillado de otra edificación, radier en instalación de faenas, prefabricados en obra, entre otros. Para el caso de los beneficios ambientales, cualquier residuo que pueda ser reubicado o reutilizado y que evite usar nueva materia prima o ser eliminado en algún botadero, será de gran utilidad para el medio ambiente.

El problema en el manejo de los RCD radica en la falta de planificación por parte de las constructoras para gestionar los residuos en forma sustentable y así disminuir los impactos ambientales y económicos. Para poder promover un buen manejo de estos residuos, se puede jerarquizar la gestión de residuos, considerando en primer lugar la prevención al momento de generar estos desechos en exceso, luego reutilizar, reciclar y valorizar energéticamente (NCh 3562, 2019). Finalmente, si no se puede realizar alguna de las acciones anteriores, se debe velar por una disposición final en un lugar autorizado.

1.1 Origen y propósito del análisis

El análisis que se realiza al plan de reciclaje implementado en una obra de construcción localizada en el sur de Chile, nace del interés de la autora en una construcción más sustentable y en la observación de objetivos que no se estaban cumpliendo en el plan de reciclaje adoptado por la empresa en cuestión. Luego de conocer la iniciativa de esta empresa en la separación de residuos yendo más allá de lo mínimo exigido, se desarrolla un interés en el funcionamiento de este plan de gestión de residuos. Dentro de los objetivos de este plan de reciclaje, se considera acopiar todos los restos de materiales que puedan ser valorizados de alguna forma. Se debe tener claridad sobre los materiales a reciclar y quiénes serán los responsables del retiro de estos desechos para dar una disposición final más sustentable, en contraste con mezclar todos los desechos para enviarlos a un botadero autorizado.

En un comienzo, se identifican situaciones que no cumplen con las expectativas del plan de reciclaje, como la existencia de una menor cantidad de contenedores rotulados dentro de la obra o el mal uso de los moldes para realizar prefabricados de hormigón en la fase de obra gruesa. Tal como los ejemplos mencionados anteriormente, existen más situaciones observadas dentro de la obra que complican el correcto funcionamiento del plan implementado por la empresa, la que cuenta con grandes expectativas de cambio y mejora en el ámbito medio ambiental. Se realizan consultas sobre las reuniones realizadas en la obra para dar a conocer la iniciativa “Sello Compromiso PRO”³ impartida por la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), que busca reconocer a todas las empresas y obras de construcción que se sumen al cumplimiento de prácticas más amigables con el medio ambiente y sus trabajadores, realizando acciones que van más allá de lo estrictamente obligatorio en cuanto a exigencias legales.

En base a las averiguaciones realizadas, se toma conocimiento sobre la certificación Sello Compromiso PRO obtenida por esta obra de condominio, lo que genera un reconocimiento por ser líderes en materia de sostenibilidad en el área de la construcción. Al inicio de las faenas de esta construcción se presenta el plan “Recicla Sustentable” para ser impartido en la obra “Condominio Vista Volcanes” en Puerto Montt. El propósito de esta memoria es realizar un estudio de caso al plan de gestión de residuos de la obra mencionada, analizando dificultades y facilidades al momento de llevar a cabo este plan y así realizar recomendaciones para obtener mejoras en obras futuras de esta empresa.

³ Cámara Chilena de la Construcción (2021), Sello Compromiso PRO. Disponible en <https://compromisopro.cl/home>

2. Revisión de Literatura

2.1 Residuos de construcción y demolición (RCD)

La gestión de residuos de la construcción es de gran importancia debido a la cantidad de desechos que se generan cada día y la necesidad actual de mitigar los efectos dañinos que estos generan en nuestro medio ambiente. El sector de la construcción es uno de los principales generadores de escombros a nivel mundial y de no contar con un plan de gestión para estos residuos, se considera la totalidad de desechos como escombros y acaban con la disposición final en vertederos, rellenos sanitarios o incluso arrojado en lugares no autorizados para este fin.

Los desechos relacionados al rubro de la construcción son categorizados como Residuos de Construcción y Demolición (NCh 3562, 2019) y son definidos como residuos (peligrosos o no) que se generan en una obra de construcción y/o demolición y cuyo generador elimina o tiene la intención u obligación de eliminar según la legislación vigente. Como se ha mencionado anteriormente, la construcción tiene gran protagonismo en la generación de residuos, representando un 35% de los residuos inertes en Chile (Construye 2025, 2019), mientras que, según otras fuentes, los RCD representan entre un 24% y un 35% de los residuos a nivel mundial (CONAMA, 2010) y es uno de los cinco sectores prioritarios del plan de acción de la Unión Europea para la economía circular (CONAMA, 2019). Tradicionalmente, los RCD se manejan en un proceso de producción lineal y su generación, gestión e inadecuada disposición representa un gasto y pérdida de recursos, tanto para el sector público como para el privado y, además, ha tenido impactos negativos en la salud de las personas, el espacio urbano y natural, deteriorando, tanto el entorno social como el ambiental (Hoja de Ruta RCD, 2020). Además, este rubro es el mayor consumidor de materias primas y otros recursos, utilizando alrededor del 50% de la producción mundial de acero y más de 3 mil millones de toneladas de materias primas (Hoja de Ruta RCD, 2020). Debido a esto, es fundamental avanzar hacia una economía circular en la construcción, lo que implica cambiar la forma en que se gestionan los recursos materiales, el consumo y la producción. La transición hacia una economía circular implica dejar de lado el proceso lineal que se ha realizado históricamente, el cual extrae materia prima, fabrica, construye, utiliza, demuele y procede a disponer en vertederos. La economía circular puede contribuir al crecimiento económico, crear empleos, impulsar la innovación y reducir el impacto ambiental. A

continuación, se presenta la Figura 1 con los 3 principios necesarios para realizar cambios y avanzar hacia una economía circular en el rubro de la construcción.

- Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural, controlando las existencias finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables, por ejemplo, reemplazando los combustibles fósiles con energías renovables.
- Principio 2: Optimizar los rendimientos de los recursos, haciendo circular productos, componentes y materiales en uso con la mayor utilidad en todo momento, tanto en ciclos técnicos como biológicos.
- Principio 3: Fomentar la efectividad del sistema al revelar y diseñar externalidades negativas, al agua, el aire, el suelo y la contaminación acústica, cambio climático, toxinas congestión, y efectos negativos para la salud relacionados con el uso de recursos.

Figura 1. Principios de la economía circular.

Fuente: Gobierno de Chile. Hoja de Ruta RCD- Economía Circular en Construcción, 2020.

Respecto a los residuos generados en la construcción, dependen del tipo de obra a ejecutar, donde las construcciones nuevas cuentan en sus inicios con desechos asociados a material de excavación y escarpe, pudiendo utilizar ese residuo para rellenar otras zonas del terreno de la obra en caso de ser aprobado por el profesional a cargo. En caso contrario, si no se necesita rellenar el terreno de la obra con este material vegetal, se debe encontrar un lugar para brindar a este desecho una disposición final apropiada. Este material de excavación corresponde a tierra, piedras, rocas, capas vegetales, entre otros (NCh 3562, 2019). Si la obra corresponde a la demolición de una estructura existente, los restos generalmente corresponden a restos estructurales como madera, hormigón, acero y restos de las terminaciones existentes en la edificación.

2.2 Marco normativo sobre residuos en Chile

En Chile, existe legislación vigente que garantiza el derecho a un medio ambiente libre de contaminación, establece sanciones a quienes no cumplan con estas obligaciones, incorpora recomendaciones sobre la valorización de materiales que anteriormente eran considerados desechos, rige la conformación de rellenos sanitarios, entre otros. A pesar de tener normativas que sancionen ciertas conductas que dañen el medio ambiente, no existe una legislación que indique la obligatoriedad de reciclar en las obras de construcción, ya que, sólo se indican regulaciones respecto a desechos industriales y residuos peligrosos, dejando como decisión de la empresa constructora si se realiza un plan de gestión de los residuos que no son considerados peligrosos.

A continuación, se presentan algunas leyes, normas y decretos referidos al manejo de residuos de distinto origen. Si bien, la mayoría de estas normativas están creadas con un enfoque de desechos no asociados netamente a la construcción, si pueden ser aplicables al rubro, ya sea por sancionar conductas inadecuadas en la disposición final de los residuos, regularizar los colores de los contenedores, entregar lineamientos para crear rellenos sanitarios, etc.

2.2.1 Ley N° 19.300/ 1994

Esta ley tiene como objetivo entregar la garantía constitucional que asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. En su Artículo 1°, indica “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia”. Esta ley asegura que cualquier daño al medio ambiente debe ser reparado materialmente e indemnizado, además de promover el acceso a la información y campañas educativas con el fin de proteger el medio ambiente a través del conocimiento de las personas.

2.2.2 Ley N° 20.879/ 2015

En esta ley, se indican sanciones con multa a una serie de conductas relacionadas con el transporte de desechos o depósitos de basura en sitios eriazos, vertederos clandestinos o ilegales en bienes nacionales de uso público, o en la vía pública, para así evitar poner en riesgo la salud de la población y el medio ambiente. Aplicado al rubro de la construcción y sus residuos, se sanciona la acción de utilizar vertederos clandestinos para la disposición final de los RCD.

2.2.3 Decreto 189/ 2008

Este reglamento indica las condiciones sanitarias y de seguridad básicas que debe cumplir cualquier relleno sanitario. Este lugar se define como una instalación para eliminar residuos sólidos domiciliarios y asimilables, diseñada, construida y operada para minimizar molestias y riesgos para la salud y la seguridad de la población y daños para el medio ambiente, donde las basuras son compactadas en capas al mínimo volumen practicable y son cubiertas diariamente. Este decreto se relaciona con el rubro de la construcción debido a que una gran cantidad de los RCD acaban en rellenos sanitarios, si el tipo de material a desechar fuera el adecuado para tener esta disposición final.

2.2.4 Norma Chilena NCh 3322/ 2013

Esta norma rige los colores designados para efectuar labores de reciclaje, determinando un color por cada categoría de contenedores.

- Color azul - denominado para papel y cartón, en este contenedor se deben depositar todo tipo de papeles y cartones que se pueden encontrar en envases de cartón como cajas o envases de alimentos, periódicos, revistas, papeles de envolver o folletos publicitarios entre otros.
- Color amarillo - denominado para contenedores plásticos como botellas, envases de alimentación o bolsas.
- Color gris claro - en este contenedor se deben depositar los metales de diferente origen.

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Obras Civiles

- Color verde - en este contenedor se depositan envases de vidrio, como las botellas de bebidas, refrescos y agua. Es importante mencionar que no se debe utilizar este contenedor para desechos de cerámica o cristal.
- Color beige - asignado para cartón de bebidas, aquí se pueden depositar todos los envases de cartón (tetra pack) que contienen refrescos, leches, bebidas alcohólicas y alimentos.
- Color rojo - corresponde a los desechos peligrosos, almacenan residuos como baterías, pilas, aceites o medicamentos. Las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que se debe someter la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reúso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos, están reguladas por el Decreto Supremo N° 148 del Ministerio de Salud.
- Color burdeo - aplica para aparatos eléctricos y electrónicos, en este contenedor se deben depositar electrodomésticos voluminosos, audio y video, computación y electrodomésticos pequeños.
- Color gris oscuro - en estos contenedores se depositan los residuos que no pueden ser reciclados o que el mercado aún no está establecido y que deben ser dispuestos en rellenos sanitarios.

Si bien esta norma no está enfocada al rubro de la construcción, muchos de estos contenedores sí son utilizados en las obras para realizar labores de reciclaje.



Figura 2. Colores de contenedores para distintos residuos.

Fuente: Norma Chilena NCh 3322/2013

2.2.5 Norma Chilena NCh 3562/ 2019

Esta norma trata sobre la gestión de residuos de construcción y demolición, la clasificación y directrices necesarias para la conformación de un plan de gestión de residuos. Esta normativa está dedicada completamente al manejo de RCD, cuyos desechos son denominados como residuos provenientes de proyectos nuevos, rehabilitación, reparación y reacondicionamiento de obras existentes, tanto como la demolición de obras que han perdido su valor. La gestión de los RCD tiene como objetivo disminuir pérdidas económicas, reducir impactos ambientales, sanitarios y sociales por una disposición final de residuos en sitios no autorizados. Dentro de las recomendaciones de esta norma, se indica la jerarquía del manejo de los residuos, indicando que, para llevar a cabo un proceso de valorización de residuos se debe prevenir, reutilizar, reciclar, valorizar energéticamente y por último tener una disposición final en un lugar autorizado.



Figura 3. Jerarquía en el manejo de los residuos.

Fuente: Norma Chilena NCh 3562 de 2019

Esta norma proporciona directrices para una gestión de RCD buscando incidir en la productividad de las obras, mejorar las condiciones de trabajo, seguridad y disminuir los impactos ambientales. Como es posible apreciar en la Figura 3, el hecho de reutilizar, reciclar y valorizar energéticamente, forman parte de la valorización que se busca introducir en el proceso de gestión de residuos, permitiendo de esta forma que los materiales de la construcción no sean utilizados una única vez.

2.3 Gestión de residuos en el contexto internacional

En el contexto internacional, es de gran relevancia conocer las normativas vigentes y la forma en que se realiza la gestión de RCD en otros lugares del mundo donde tienen un control de desechos más establecido que en Chile. A modo de ejemplo, países desarrollados como Dinamarca, Finlandia, Alemania, Irlanda y Luxemburgo tienen cifras de reutilización que superan el 50 % de valorización de los RCD (Castaño et al., 2013). En España, la gestión de los RCD se rige según las normativas del Real Decreto 105/2008 y la Orden 2690/2006, presentando un Plan de Gestión Integral de RCD que considera la tipificación de estos materiales, proyección del volumen de residuos a generar, aprovechamiento de materiales dentro de la obra, destino final preestablecido para los desechos, preparación de instalaciones para el almacenamiento de los residuos y asignación de un presupuesto para la gestión integral de los RCD (Daza Caro, J., 2021). Por otro lado, en Brasil la gestión de residuos se rige según la resolución 307/2002 emitida por la CONAMA y posee un plan de gestión basado en la caracterización de los residuos, prevención y planeamiento de los RCD al desarrollar el proyecto, sumado a la segregación y selección de residuos, acondicionamiento en instalaciones

preestablecidas, transporte controlado de los materiales, reciclaje de todo material apto para esta actividad y destino final de los desechos según distintas categorías (Daza Caro, 2021). Es posible apreciar que ambos planes de gestión tienen similitudes en cuanto al estricto control y planificación del manejo de estos desechos durante el desarrollo de sus proyectos. En Colombia, se cuenta con un plan de gestión basado en la prevención, minimización de desechos, separación de los materiales, almacenamiento controlado y disposición final en lugares autorizados (Daza Caro, J., 2021). En este caso, también se exige un estricto control en todo el proceso de reducción de residuos y la disposición final que tendrán en caso de no ser reciclados. A continuación, se presenta el resumen de las semejanzas que presentan estos 3 planes de gestión integral de residuos en los países mencionados anteriormente.

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Obras Civiles

Tabla 1. Semejanzas en el plan de gestión de residuos entre España, Brasil y Colombia.

Fuente: Daza Caro, 2021.

SEMEJANZAS EN EL PROCEDIMIENTO LOGÍSTICO			
FASE	ESPAÑA REAL DECRETO 105/2008 Y ORDEN 2690/2006 DE LA CAM.	BRASIL RESOLUCIÓN 307/2002 DE CONAMA.	COLOMBIA RESOLUCIÓN 472 DE 2018
PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN	•Planeación de cantidades de materiales para la obra. •Se debe separar los RCD por tipo de material en la obra. •Se deben almacenar los RCD dependiendo el tipo de material. •Se debe realizar un control de la escorrentía superficial y se debe dar un manejo adecuado.		
RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE	•Se debe acordar la carga de una manera que el volumen enrase con el contenedor del transporte, •El cargue y descargue se debe realizar de una manera que evite la dispersión de partículas. •La carga se debe cubrir con el fin de evitar el contacto con el agua o el viento o dispersión de partículas. •Los vehículos deben de dar cumplimiento con las normas vigentes de tránsito y transporte, emisiones atmosféricas y estar autorizados por movilidad.		
ALMACENAMIENTO	•Residuos generados en la construcción con susceptibilidad de ser aprovechados. •Residuos sobrantes del proceso de excavación. •Residuos producidos en cimentación y en el pilotaje. •Pétreos. •No pétreos. •RCD susceptibles de aprovechamiento. •RCD que no pueden ser aprovechados. •Residuos peligrosos.		

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Obras Civiles

APROVECHAMIENTO	Se debe realizar separación por material, llevarlo a plantas de tratamiento y aprovechamiento autorizadas con el fin de que sean convertidos en productos o materia prima y puedan ser utilizados nuevamente. En actividades de obras civiles se genera una gran cantidad de residuos. Después de clasificados y segregados los residuos del tipo A y B se deben reciclar y en caso de que el residuo no sea aprovechable se debe disponer finalmente en lugares adecuados y autorizados.
DISPOSICIÓN FINAL	Los lugares dispuestos para la disposición final de los RCD deben estar autorizados por los municipios o el distrito encargado. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Al realizar un comparativo de la Tabla 1 con la norma chilena de gestión de residuos NCh 3562 de 2019, es posible encontrar similitudes entre los planes de gestión de residuos de los 3 países analizados comparándolos con Chile (disposiciones de la NCh 3562/2019). En la tabla 2, se encuentra el comparativo entre la tabla 1 y la información recolectada de la NCh 3562/2019, donde, a pesar de no tener la misma forma de organizar las fases de un plan de gestión, es posible estructurar las directrices que entrega la norma chilena y ordenarlas para realizar el comparativo.

Tabla 2. Semejanzas en plan de gestión de residuos entre España, Brasil, Colombia y Chile.

Fuente: Elaboración propia.

Semejanzas en plan de gestión de residuos					
Fase		España	Brasil	Colombia	Chile (NCh 3562/2019)
Prevención y Reducción		● Planeación de cantidades de materiales para la obra. ● Se debe separar los RCD por tipo de material en la obra. ● Se deben almacenar los RCD dependiendo del tipo de material. ● Se debe realizar un control de la escorrentía superficial y se debe dar un manejo adecuado.			● Estimación de los residuos a generar. ● Establecer medidas para la clasificación de los RCD y recolección selectiva.
Recolección y transporte		● Se debe acordar la carga de una manera que el volumen enrase con el contenedor del transporte. ● El cargue y descargue se debe realizar de una manera que evite la dispersión de partículas. ● Los vehículos deben de dar cumplimiento con las normas vigentes de tránsito y transporte, emisiones atmosféricas y estar autorizados por movilidad.			● Logística de recolección interna. ● Asegurar trazabilidad de los RCD y sus procesos, teniendo un encargado en obra para este fin.
Almacenamiento		● Residuos generados en la construcción con susceptibilidad de ser aprovechados. ● Residuos sobrantes del proceso de excavación.			● Acopio de RCD provisorio en la obra. ● Segregación y acondicionamiento de los RCD si corresponde.

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Obras Civiles

	● Residuos producidos en cimentación y en el pilotaje. ● Pétreos. ● No pétreos. ● RCD susceptibles de aprovechamiento. ● RCD que no pueden ser aprovechados. ● Residuos peligrosos.	
Aprovechamiento (valorización)	Se debe realizar separación por material, llevarlo a plantas de tratamiento y aprovechamiento autorizadas con el fin de que sean convertidos en productos o materia prima y puedan ser utilizados nuevamente. En actividades de obras civiles se genera una gran cantidad de residuos, después de clasificados y segregados los residuos del tipo A y B se deben reciclar y en caso de que el residuo no sea aprovechable, se debe disponer finalmente en lugares autorizados.	Se debe contar con acciones de valorización (emitir certificado de tratamiento de residuos para valorización y disposición final).
Disposición final	Los lugares dispuestos para la disposición final de los RCD deben estar autorizados por los municipios o el distrito encargado (Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2017).	Se debe contar con un programa de recolección de residuos y disposición final. Disponer de documentos que acrediten que los RCD generados en su obra se han entregado a un gestor de residuos autorizado.

Como es posible observar, la norma chilena aborda los pasos para una gestión de residuos en términos más generales que las normativas extranjeras con que se compara, sin embargo, tienen en común la indicación de clasificar y segregar los RCD según la materialidad, con el fin de realizar una recolección más eficiente de los residuos. Otro punto importante a notar, corresponde a lo detallada

que es la fase de almacenamiento de materiales en los países extranjeros que fueron analizados, ya que, especifican las clasificaciones que se deben realizar al momento de almacenar los desechos, en contraste con la normativa chilena, que sólo indica el acopio de los RCD en la obra y segregar los materiales, sin especificar las categorías de clasificación. En base a esta información recolectada, es posible apreciar que la normativa chilena debe ser aún más específica al momento de entregar las directrices para realizar un plan de gestión de RCD, ya que, no menciona la forma de valorización de los materiales ni la obligación de llevar los materiales a plantas de reciclaje, indicando sólo que se debe contar con acciones de valorización, sin especificarlas. En resumen, la única normativa actual sobre residuos de la construcción sólo entrega recomendaciones pero no indica la obligatoriedad de realizar dichas acciones.

2.4 Estudios en el extranjero sobre la clasificación de residuos

En cuanto a investigaciones en el extranjero, existen estudios que evalúan acciones realizadas por trabajadores y su comportamiento respecto a la gestión de residuos, evidenciando cómo afecta la conducta de estos en el proceso de recolección de materiales, la importancia de las recompensas e incentivos, los beneficios del acopio de materiales in situ en la obra, las dificultades y debilidades que se aprecian en el proceso de separación de residuos, entre otros.

Según una investigación de Chen et al., (2002)⁴ se demuestra que la actitud de los trabajadores durante el proceso de construcción puede marcar una gran diferencia en la generación de residuos, observando que si los trabajadores no manipulan los materiales con el suficiente cuidado, el desperdicio de estos productos aumenta, siendo esta una de las principales causas del desperdicio de materiales de construcción. Esto se puede evitar o reducir si se motiva a los trabajadores a ser más conscientes y responsables con los materiales que se les entregan. Para lograr esto, los trabajadores requieren recompensas tanto emocionales como económicas para mejorar la autodisciplina en el manejo de materiales de construcción y gestión de los residuos. Hay muchas formas de recompensas y sanciones para motivar a los trabajadores, como el uso de programas motivacionales y programas de incentivos económicos basados en el control del material por parte de bodega.

⁴ Chen, Z., Li, H., & Wong, C. T. (2002). An application of bar-code system for reducing construction wastes. *Automation in Construction*, 11(5), 521-533.

Por otro lado, un estudio de Poon et al., (2001)⁵ investigó la factibilidad de realizar la separación de residuos in situ en las obras de construcción en Hong Kong evaluando tres métodos alternativos de clasificación de residuos y comparándolos con el uso de una instalación principal de clasificación de residuos fuera de la obra. Los resultados obtenidos indican que la separación en obra tiene las ventajas de requerir menos esfuerzo y da como resultado una mejor separación de desechos inertes y no inertes. Una encuesta realizada en este estudio, obtuvo como resultado que los participantes en la construcción son reacios a llevar a cabo la clasificación de residuos en el sitio, incluso cuando se entregan altas propinas por realizar esto. Por otro lado, tienen pocos incentivos para realizar la clasificación de residuos, dado que, consideran que es muy demandante en términos de tiempo y uso de mano de obra.

Un estudio realizado en 2021 por Yu et al.⁶ indica que la clasificación in situ es eficaz para reducir los residuos de la construcción y recuperar materiales valiosos para su reutilización y reciclaje, lo que reduce los costos de eliminación. Por otro lado, los contratistas son reacios a llevar a cabo la clasificación de residuos en el sitio de construcción debido a las condiciones del mismo (congestión, espacio limitado), el período de construcción ajustado, la alta demanda de mano de obra, los costos de operación elevados y la falta de puntos de reciclaje. Es posible apreciar que, con 20 años de diferencia, el personal de construcción sigue siendo reacio a la clasificación de materiales de construcción.

Un estudio de Wang et al., (2010)⁷ sobre los factores críticos que contribuyen a la eficacia de la clasificación de residuos in situ, obtuvo como resultado un total de 6 puntos de importancia que se deben considerar para favorecer la clasificación de materiales en obra, los cuales se detallan a continuación.

1. Mano de obra: Se requiere de mano de obra para trabajar específicamente en la clasificación de residuos dentro de la obra.

⁵ Poon, C. S., Ann, T. W., & Ng, L. H. (2001). On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. *Resources, conservation, and recycling*, 32(2), 157-172.

⁶ Yu, A. T., Wong, I., Wu, Z., & Poon, C. S. (2021). Strategies for effective waste reduction and management of building construction projects in highly urbanized cities—A case study of Hong Kong. *Buildings*, 11(5), 214.

⁷ Wang, J., Yuan, H., Kang, X., & Lu, W. (2010). Critical success factors for on-site sorting of construction waste: a China study. *Resources, conservation, and recycling*, 54(11), 931-936.

2. Mercado del material reciclado: Se debe tener un mercado para los materiales reciclados que se obtengan tras la clasificación de residuos, para que los contratistas puedan obtener beneficios económicos por reciclar. De lo contrario, no existe motivación para realizar la clasificación de materiales in situ.
3. Clasificación de residuos: Se debe tener especial cuidado de no contaminar los materiales que se deseen reciclar, debido a que las leyes chinas no permiten la reutilización de estos materiales. Se deben implementar recursos para separar los materiales antes que se mezclen con otros productos.
4. Manejo de residuos: Se debe mejorar la gestión del manejo de residuos mediante incentivos como una mejor imagen pública, promover la competitividad entre empresas y disminuir costos en los proyectos. Es de gran importancia la cooperación del personal de administración, como gerentes de proyectos, profesionales de supervisión, entre otros.
5. Espacio del sitio de construcción: Los encuestados refirieron que es de gran importancia tener un espacio definido especialmente para la clasificación de residuos, dado el poco espacio de las construcciones en países orientales.
6. Equipos para clasificar materiales: La implementación de equipos para clasificar materiales, reemplazando la separación manual de elementos, generaría una mejora en la eficacia de esta operación, sin embargo, los entrevistados del estudio se presentaron reacios a utilizar estos equipos por la percepción de disminuir el costo de la mano de obra.

Respecto a las debilidades y dificultades que se pueden encontrar al momento de clasificar materiales de construcción, Yuan et al., (2013)⁸ realizó un estudio de la evolución de la clasificación de residuos de construcción en Hong Kong, basándose en el estudio de 6 casos de obras de

⁸ Yuan, H., Lu, W., & Hao, J. J. (2013). The evolution of construction waste sorting on-site. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 483-490.

construcción identificando las mejoras considerables que han tenido por las regulaciones de gestión implementadas en el país, sin embargo, se obtuvo el hallazgo de dificultades repetitivas al momento de clasificar los materiales. Los factores que limitan las prácticas de reciclaje son las siguientes:

1. Espacio de la obra
2. Esfuerzo de la gestión
3. Mano de obra y costos
4. Interferencia con las actividades usuales de la obra
5. Desperdicio de la capacidad de clasificación
6. Mercado de materiales reciclables y beneficio ambiental
7. Actitud de las partes interesadas del proyecto frente a la implementación de la clasificación de materiales.

En la misma línea de estudios, Yu et al. (2021)⁴ indica que las principales barreras y dificultades en la gestión de residuos de la construcción son el bajo incentivo de los clientes debido al alto costo inicial, el sitio de la obra congestionado para realizar la clasificación en el lugar, el alto costo del reciclaje, la preocupación por la calidad de los productos reciclados, el mercado de reciclaje poco desarrollado, la mano de obra de reciclaje insuficientemente calificada, las bajas sanciones de la disposición final ilegal en comparación con el costo del reciclaje, entre otros.

Toda barrera o dificultad que ha sido analizada en el estudio de Yu et al (2021), indica la causa que genera dicha problemática y se puede observar en la Tabla 3. La mayoría de estas dificultades pueden ser aplicables al estudio de caso de la obra Condominio Vista Volcanes, ya que, efectivamente existe presupuesto restringido por parte de la constructora para implementar mejores condiciones debido al alto costo que esto generaría. Algunas barreras que aplican para este estudio están asociadas al alto costo del reciclaje, ya que, el hecho de reciclar en una obra conlleva inversiones que deben ser realizadas por parte de la empresa, tales como: contratación de personal con dedicación exclusiva a las labores de reciclaje, la compra de contenedores para permitir la segregación del material sobrante, contratar el retiro de material por parte de empresas recicladoras, entre otros. Respecto a la calidad de los materiales reciclados, no existe actualmente una normativa que regularice el estado que debe tener un material para poder ser reutilizado, por lo que, en la obra analizada se realiza una inspección visual para saber si un material se puede reutilizar. En el punto sobre el mercado del reciclaje inmaduro, actualmente en la ciudad de Puerto Montt existen pocas empresas recicladoras de

materiales y solicitan un mínimo de volumen en metros cúbicos para poder realizar los retiros en obra, por lo que, es necesario contar con una zona de acopio protegida de las condiciones climáticas para poder reunir el volumen solicitado por dicha empresa. Respecto a los vertederos ilegales, esta empresa lleva el registro del retiro de escombros en SINADER (Sistema Nacional de Declaración de Residuos), por lo que, no se realizan retiros hacia botaderos no autorizados. Algunas veces, si el tipo de material es adecuado, se realiza el retiro de desechos para ser vertidos en rellenos sanitarios. El apoyo del gobierno ha sido mencionado en esta tabla como una barrera o dificultad para la gestión de residuos, sin embargo, en nuestro país existen nuevas iniciativas que intentan abrirse paso hacia una construcción basada en la economía circular, por lo que, actualmente se encuentra en trabajo esta dificultad. Por otro lado, la dificultad de falta de espacio en el sitio de construcción sí afecta en gran medida en la obra analizada debido a la falta de un lugar definitivo para el punto de acopio general de residuos.

Tabla 3. Barreras y dificultades en la gestión de residuos de la construcción.
Fuente: Yu, A. T., Wong, I., Wu, Z., & Poon, C. S. (2021).

Barreras/Dificultades	Causas
Bajo incentivo de los clientes	La mano de obra y el tiempo, que incurren en un alto costo inicial, disuaden a los clientes de considerar la adopción de prácticas de gestión de residuos.
Condición del sitio compuesto	Espacio insuficiente para la clasificación in situ y el almacenamiento temporal de los residuos clasificados.
Alto costo de reciclaje	Los costos de mano de obra y transporte del reciclaje de desechos de construcción son altos, particularmente para la madera y el hormigón.
Calidad de los materiales reciclados.	Falta estandarización de la calidad.
Mercado de reciclaje inmaduro	Hay pocas empresas locales de reciclaje, especialmente para madera y hormigón, lo que genera altos costos de reciclaje.
Manos de obra calificadas insuficientes	Mano de obra calificada insuficiente para manejar el encofrado de aluminio.
Vertedero ilegal	Algunas áreas públicas de llenado son demasiado remotas y están infrautilizadas. Las sanciones por vertido ilegal son insignificantes en comparación con las sumas de los contratos.
Apoyo gubernamental inadecuado a la tecnología verde	Actitud conservadora del Gobierno en la aprobación de tecnologías verdes innovadoras. Procedimiento de aprobación largo y complicado.
Influencia de BEAM Plus	El bajo logro para satisfacer los estrictos requisitos del 60% de reciclaje de residuos de construcción para acreditar solo 2 créditos. Desalentar la minimización del uso de acero, reutilizar el suelo excavado para relleno, revitalizar y reutilizar los cimientos y el marco estructural existentes, revisar la declaración del método de acuerdo con las condiciones del sitio para reducir el trabajo abortivo, ya que estos intentos no se consideran para la acreditación. Falta de un sistema de seguimiento del cumplimiento de los requisitos de acreditación.

2.5 Gestión de residuos en el contexto nacional

2.5.1 Antecedentes Nacionales

Los proyectos de edificación en Chile que comprendieron sus obras entre los años 2002 y 2018, generaron entre 37 millones de m³ y 50 millones de m³ de RCD (Molina-Ramírez et al., 2019). Históricamente, la industria de la construcción se ha basado en una economía lineal, en la cual se extraen materias primas, elaboran materiales y productos, luego se construye y finalmente se desecha. Este proceso provoca una gran pérdida de recursos naturales y materias primas, asociado a la generación de RCD (Construye 2025, 2020). La situación actual en Chile respecto a la gestión de los RCD es crítica, ya que, 9 regiones del país no cuentan con lugares autorizados para disposición de residuos asimilables (Construye 2025, 2020), perjudicando la implementación de planes de gestión de residuos aplicables a todo el país. Esta baja preparación para implementar una economía circular en Chile, perjudica al Estado y a la comunidad, generando un gran gasto público, impactos en la salud de las personas y entorno social y ambiental. Lograr implementar un plan de gestión de residuos en este país es de gran importancia, tanto para el sector público como el privado, obteniendo beneficios medioambientales y económicos. Según un estudio⁹, la etapa con mayor generación de desechos en una construcción habitacional son las terminaciones, generando 3,56 veces más residuos que en la etapa de obra gruesa (Construye 2025, 2020). Por esto, es fundamental implementar un plan de gestión de residuos con claras indicaciones de la forma de valorización de todos los materiales que son utilizados a lo largo del proceso de construcción de alguna estructura. A continuación, se presenta el gráfico 2 con la distribución de los escombros presentes en la construcción de una edificación en altura (estudio de caso).

⁹ Bravo, Jorge, Valderrama, Claudia, & Ossio, Felipe. (2019). Cuantificación Económica de los Residuos de Construcción de una Edificación en Altura: Un Caso de Estudio. *Información tecnológica*, 30(2), 85-94. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200085>

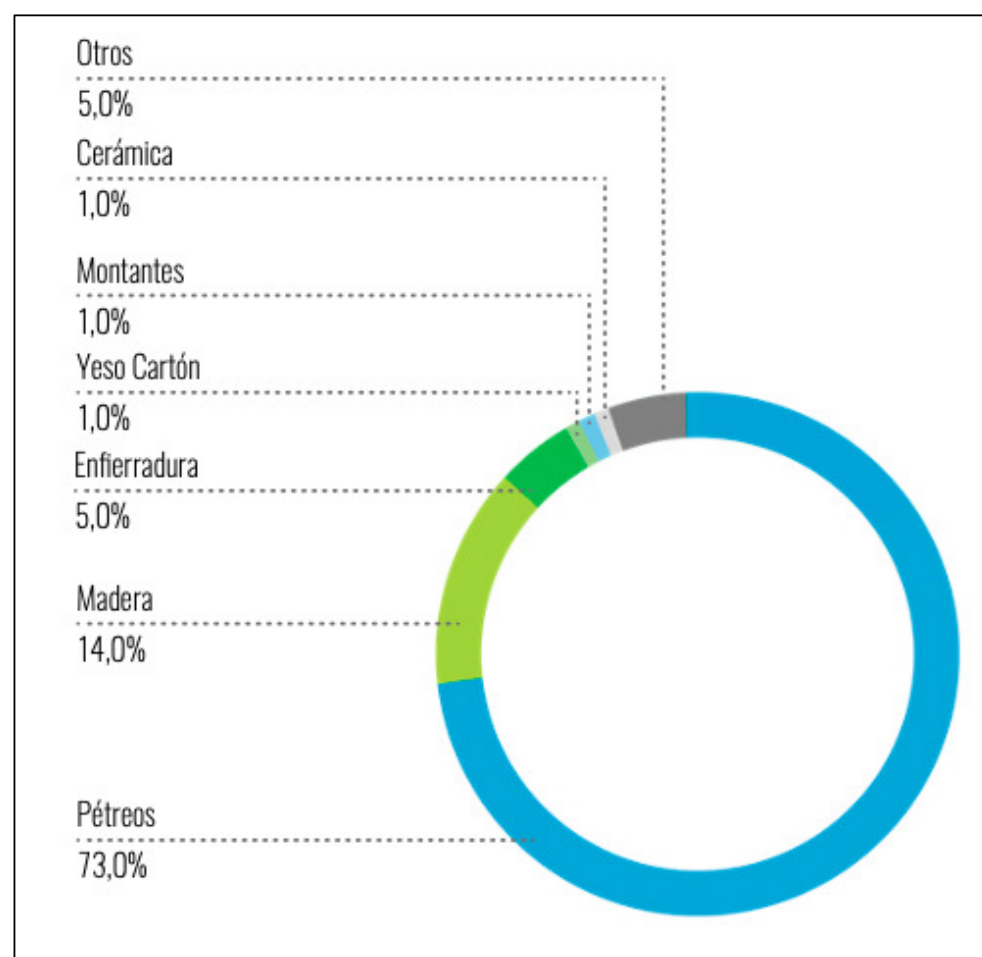


Gráfico 2. Escombros de una obra de edificación.

Fuente: Estudio Viconsu. Edificio habitacional Pacific Blue, 22 pisos. 16.691 m². 2018.

Como es posible apreciar en el Gráfico 2, el 73% de los desechos de aquella construcción corresponden a materiales pétreos, los cuales tienen un alto potencial de ser áridos reciclados, sin embargo, no existe dicha industria actualmente en Chile (Construye 2025, 2020). La reutilización o reciclaje de los materiales pétreos es crítica, debido a que se han identificado más de 1.000 hectáreas de extracción ilegal (Ministerio de Bienes Nacionales, 2019)¹⁰, las que se encuentran en el desierto y en riberas de ríos, generando modificaciones en los cauces, provocando socavaciones y debilitamiento de estructuras viales. Además, se estima que en la Región Metropolitana se necesitan alrededor de 11 millones de metros cúbicos para el consumo en construcción, sin embargo, las plantas recolectoras sólo pueden surtir 4 millones de metros cúbicos, dejando un amplio volumen de áridos obtenidos de forma ilegal (Hoja de Ruta RCD, 2020). Dado esto, es de gran importancia implementar una economía circular para evitar extraer recursos naturales innecesariamente, generando daños irreparables en el medio ambiente. A continuación, se presenta el Gráfico 3 con las toneladas de valorización y eliminación de residuos en 2017, contando sólo con información declarada en el

¹⁰ <https://www.bienesnacionales.cl/?p=35576>

Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)¹¹ y los residuos corresponden sólo al área de construcción e inmobiliarias.

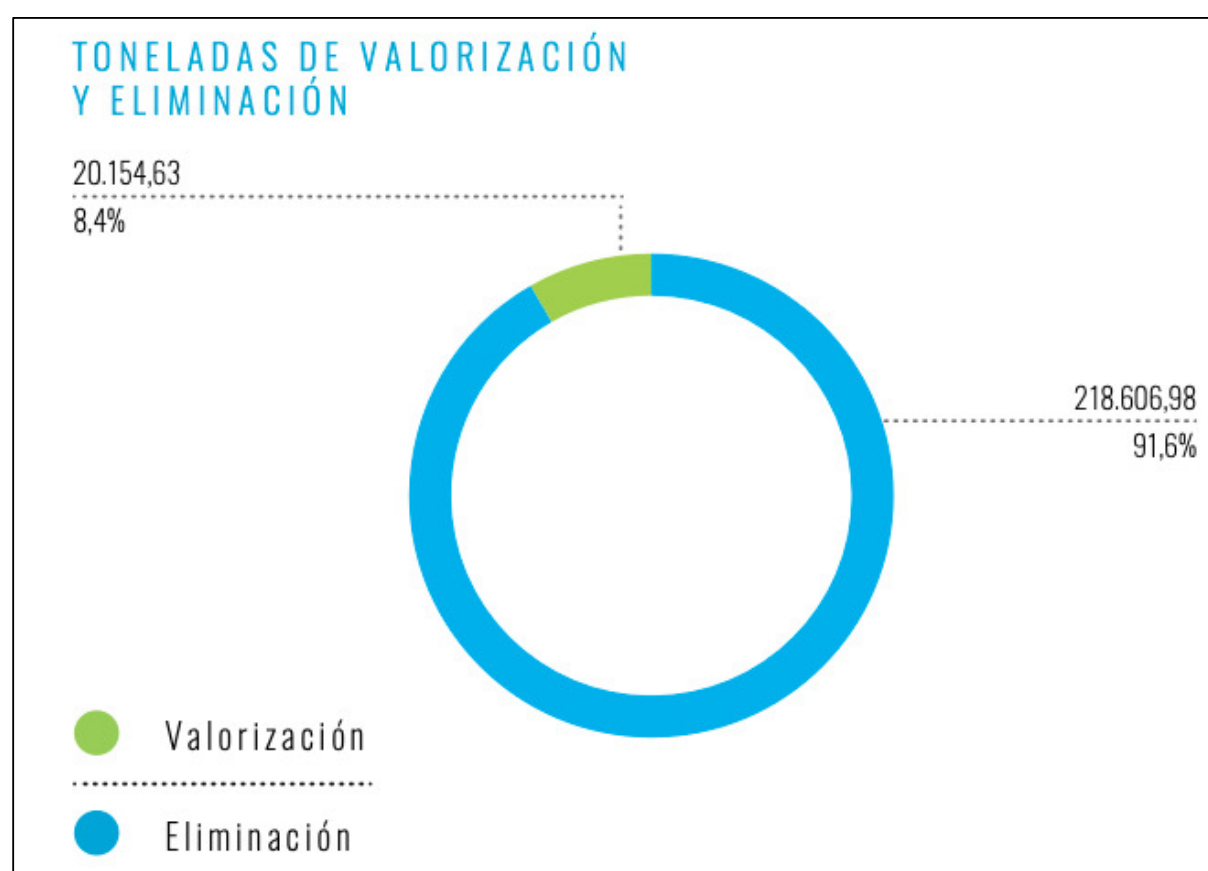


Gráfico 3. Tratamiento de los RCD declarados, toneladas valorizadas y eliminadas.

Fuente: Hoja de Ruta RCD – Economía Circular en Construcción, 2020.

Clasificación y toneladas declaradas por actividades de construcción

En la Tabla 4 se encuentra el desglose de residuos de construcción considerados en el gráfico 3. El detalle de los códigos mencionados como clasificación se encuentran en el Anexo 1 de esta memoria.

Tabla 4. Clasificación y toneladas declaradas por actividades de construcción.

Fuente: Hoja de Ruta RCD – Economía Circular en Construcción, 2020.

¹¹ <https://retc.mma.gob.cl/que-es-el-retc/>

CLASIFICACIÓN RESIDUOS nombre LER	TONELADAS	PORCENTAJE
Residuos mezclados de construcción y demolición, distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	152.583,2	63,9%
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	47.486,2	19,9%
Tierra y piedras, distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	34.539,6	14,5%
Hormigón.	2.072,3	0,9%
Madera.	783,4	0,3%
Plástico.	363,4	0,2%
Hierro y acero.	291,6	0,1%
Materiales de construcción a base de yeso, distintos de los especificados en el código 17 08 01.	268,0	0,1%
Metales mezclados.	136,2	0,1%
Tejas y materiales cerámicos.	116,0	0,0%
Materiales de aislamiento, distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	84,4	0,0%
Zinc.	20,0	0,0%
Ladrillos.	17,5	0,0%
TOTAL	238.761,7	100%

2.5.2 Jerarquía de residuos

Una propuesta para mejorar la problemática de la escasa valorización de residuos en Chile, se presenta como un esquema de jerarquía de residuos definida en la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, teniendo como objetivo identificar las oportunidades de recuperación de los residuos para brindarle un nuevo uso y disminuir la generación de estos desechos. De este modo, se entrega un orden de preferencia para tener un mejor uso de los materiales. El esquema de la Figura 4 consiste en una pirámide invertida que indica como prioridad la prevención de la generación de residuos. Esto es posible modificando la forma de producción de los materiales, incorporando materias primas reutilizadas para prevenir la incorporación de elementos de un único uso en su vida útil. Posteriormente, se encuentran las metodologías de valorización de los residuos, los que consisten en la reutilización, reciclaje y valorización energética de estos. Después de intentar estos 3 métodos de valorización, se podría llegar a la disposición final en lugares autorizados.

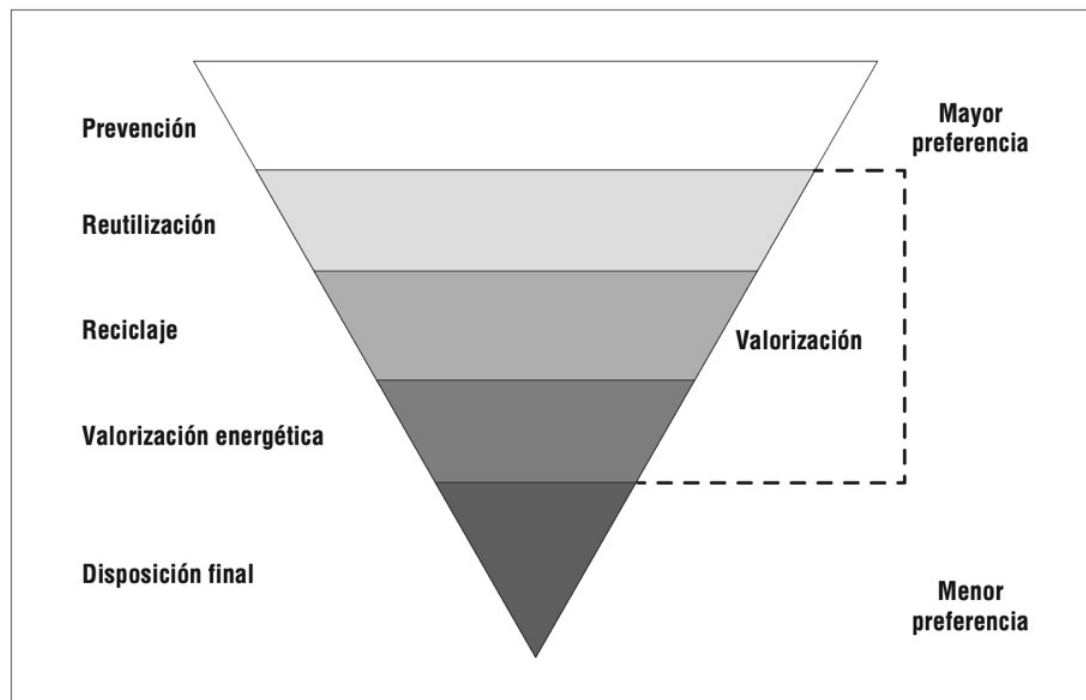


Figura 4. Jerarquía de residuos.

Fuente: Ossio et al., 2019.

El uso de este esquema de valorización dentro de las obras de construcción lograría generar grandes cambios en materia medioambiental, sin embargo, una dificultad es entregar adecuadamente la información a los trabajadores del rubro para lograr el desarrollo de planes de gestión bien ejecutados. Un estudio (Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), 2017) identificó que el 60% de los profesionales de la construcción no conocía leyes, reglamentos, normativas o manuales respecto a la gestión de residuos. Esta cifra es de suma importancia, debido a que la falta de información es una de las grandes brechas que se deben superar para realizar un cambio real en el rubro de la construcción.

En Chile, aún no es obligatorio contar con un plan de gestión de RCD al momento de ejecutar cualquier tipo de obra, sin embargo, actualmente se cuenta con algunos lineamientos y directrices proporcionados por la norma chilena NCh 3562 del año 2019.

2.5.3 Objetivos y metas para un plan de gestión de residuos

A continuación, se presenta la Tabla 5 con ejemplos de objetivos y metas para un plan de gestión de residuos. Estos ejemplos son recomendaciones provenientes de la normativa chilena NCh3562/2019 y deben tener colaboración de la administración de obra, un encargado de capacitar a los trabajadores y un encargado de plan de gestión de residuos.

Tabla 5. Ejemplo de objetivos y metas para un plan de gestión de RCD.

Fuente: Norma chilena NCh 3562 de 2019

N°	OBJETIVO	META	INDICADOR	ACCIONES	PLAZO	RESPONSABLE
1	Implementar un registro con la cantidad de residuos generados en la obra (m ³ y ton)	Obtener un promedio de los residuos generados en la obra, por ejemplo m ³ /m ² , por etapa, por tipo de residuo, de manejo u otro	Volúmenes de residuos destinados a reciclaje y disposición final	Análisis de etapas respecto a la generación de tipos de residuos y su potencial de reciclaje y disposición final de RCD	Mensual	Encargado del plan de gestión de RCD
2	Optimizar el volumen de residuos asociados a la gestión de disposición final	Reducir en un 20% el volumen de residuos enviados a disposición final de RCD (línea base)	m ³ reales v/s m ³ de línea base	Separar materiales que tengan potencial de reciclaje y gestionar su valorización, con el fin de disminuir el volumen	Mensual	Encargado del plan de gestión de RCD, con el apoyo de la administración de la obra

3	Capacitar a trabajadores, profesionales y contratistas de los distintos niveles de la obra involucrados	Incorporar contenidos de la temática al plan de inducción de la obra	Cantidad de personas capacitadas en la temática	Realizar plan de capacitación con contenidos conforme a los distintos cargos y funciones dentro de la obra	Mensual	Encargado del plan de gestión de RCD y encargado de capacitación, con el apoyo de la administración de la obra
---	---	--	---	--	---------	--

2.5.4 Ejemplo de gestión de residuos en obra de Concepción, Chile

Se obtiene información sobre la cantidad de residuos contabilizados en una obra de construcción en altura realizada en la ciudad de Concepción, Chile. Los datos de la obra se pueden apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6. Esquema informativo sobre los RCD en obra de Concepción.

Fuente: Hidalgo, 2018.

NOMBRE DE LA EMPRESA	Constructora Vanrom SPA.
DIRECCIÓN DE LA OBRA	Maipú 1520, Concepción.
TIPO DE VIVIENDA	12 pisos en construcción con un total de 54 departamentos
RESIDUOS QUE GENERAN	Hormigón celular, planchas de vulco metal, madera, fierro, yeso, cemento, bekron, cerámica, alfombra, espuma niveladora, espuma de poliuretano, nylon, malla raschel, tinetas de pintura, tinetas de pasta muro y elementos de seguridad (guantes, lentes, mascarillas, tapones auditivos, entre otros).
DISPOSICIÓN FINAL	- El acero se vende por kilogramo. - La madera se regala a los trabajadores de la obra. - El resto de residuos se lleva a botadero.
M3 GENERADOS POR DÍA	10 m3 aproximado.

A través de visitas a la obra e inspecciones en terreno realizadas por el autor de la memoria de título consultada (Hidalgo,E., 2018), se obtuvo información sobre los materiales que son valorizados y/o reciclados en dicha construcción, permitiendo llegar a resultados porcentuales en base a los escombros acumulados en un día de trabajo en la etapa de terminaciones. La información se visualiza en la Tabla 7 presentada a continuación.

Tabla 7. Residuos presentes en obra de Concepción.

Fuente: Hidalgo, E., 2018.

RESIDUOS	Cantidad (m3)	Reciclables y/o reutilizables	Sin Valorización
Mezclas de Hormigón	3		15%
Madera (pallets, Moldaje sin uso)	2	10%	
Basura restante (papel, cartón)	1	5%	
Restos de Ladrillo	2		10%
Material a base de yeso (Polygip)	2		10%
Restos de fibrocemento (Siding)	1		5%
Acero	5	25%	
Material de cubierta	2	10%	
Tuberías	2	10%	
TOTAL	20 m3	60%	40%
		100%	

La frecuencia de retiro de escombros varía dependiendo de la etapa constructiva de una obra, ya que, durante la etapa de obra gruesa se retiran 7 m³ de escombros cada 2 días, sin embargo, al momento de comenzar la etapa de terminaciones se observa un aumento de desechos alcanzando una cifra de 10 m³ diarios de retiro de escombros. Esto coincide con lo mencionado anteriormente sobre el aumento de desechos durante la etapa de terminaciones, donde según estudios, la etapa de terminaciones genera 3,56 veces más residuos que la obra gruesa.

En base a los residuos de construcción hallados en esta obra, se entregan recomendaciones sobre el manejo de estos escombros (Hidalgo,E., 2018), las que se categorizan de la siguiente forma:

- Aceites, pinturas y productos químicos: Utilizar el contenido de los recipientes hasta ser vaciados en su totalidad y poner estos desechos a disposición del productor (Ley REP¹²).

¹² Ley REP: Ley de Responsabilidad Extendida del Productor, indica responsabilidades en materiales de uso prioritario como por ejemplo: baterías, aceites, lubricantes, neumáticos, entre otros.

- Despunte de madera: Agrupar los despuntes en un mismo lugar para facilitar el retiro de este residuo por parte de los trabajadores para uso de calefacción.
- Metales: El mejor uso de este material es realizar una valorización de venta a empresas de fundición.
- Plásticos: Separar los plásticos según su tipología para ser valorizados energéticamente.
- Planchas de yeso-cartón: Se propone el reciclaje de estas planchas a cargo de una empresa especializada para realizar un proceso continuo de producción de yeso para planchas nuevas.
- Residuos inertes: Los residuos inertes pueden ser utilizados en forma de rellenos sanitarios en lugares establecidos donde representen ningún riesgo medio ambiental o para la salud de las personas.

2.6 Clasificación de los residuos

Los residuos de construcción y demolición (RCD) se pueden clasificar en dos grandes grupos, según lo indicado en la Norma Chilena NCh 3562 del año 2019, donde se mencionan los siguientes:

- Residuos peligrosos
- Residuos no peligrosos:
 - Residuos inertes
 - Residuos no inertes
 - Residuos asimilables a domiciliarios

Los residuos peligrosos son aquellos que presentan un riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente. Se clasifican según su toxicidad (aguda, crónica o extrínseca), inflamabilidad, reactividad y corrosividad, siendo suficiente contar con sólo una de estas características para que un residuo sea considerado peligroso. También se deben caracterizar, manejar, valorizar y declarar en conformidad al Decreto 148/2003.

Los residuos inertes corresponden a restos que no experimentan transformaciones químicas, físicas o biológicas significativas y no son solubles, combustibles ni biodegradables y no afectan negativamente otros materiales con los que entran en contacto. Por otro lado, los residuos no inertes corresponden a los que no se pueden categorizar dentro de los inertes, debido a que sí sufren transformaciones al ser desechados y tampoco se pueden categorizar dentro de residuos asimilables a domiciliarios. En esta última categoría mencionada, se encuentran los desechos que pueden tener una disposición final en un relleno sanitario sin interferir con su operación normal.

A continuación, se presenta la Tabla 8 extraída de la Norma Chilena NCh 3562 de 2019, donde se entrega información sobre la clasificación y posibilidad de valorización de los RCD según el tipo de material que se utiliza en la construcción. Los materiales que presentan tecnología de valorización tipo D, son posibles de valorizar dentro del país o en el extranjero, para evitar que sean eliminados. Por el contrario, la categoría ND corresponde a los materiales donde no existe disponibilidad o se desconoce una forma de valorización en la actualidad. El objetivo de esta tabla es proporcionar orientación al usuario en cuanto a la clasificación de los RCD. Los códigos proporcionados en la tabla corresponden a los Indicados en la Lista Europea de Residuos (LER)¹³. Se presentará solo la primera parte de la tabla a modo de referencia, se puede observar la totalidad de la información en el Anexo 1 de esta memoria.

¹³ Decisión 20000/532/CE del 3 de mayo de 2000 (DOCE L226 de 06/09/00). Lista Europea de Residuos.

Tabla 8. Clasificación y valorización de los RCD.

Fuente: Norma Chilena NCh 3562 de 2019.

Clasificación		Código	RCD	Tecnología de valorización	Fase, tipo de proyecto o faena
No peligrosos	Inertes	170101	Hormigón	D	Demolición - Construcción
		170102	Ladrillos	D	Demolición - Construcción
		170103	Tejas y materiales cerámicos	D	Demolición - Construcción
		170107	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintos de las especificadas en el código 170106.	ND	Demolición - Construcción
		1702020	Vidrio	D	Demolición - Construcción
		170205	Vidrios espejos o multicapas	ND	Demolición - Construcción
		170504	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 170507 (en caso de no ser valorizada en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de relleno autorizada).	D	Excavaciones y movimiento de tierras
		170508	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 170507 (en caso de no ser valorizado en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de relleno autorizada).	ND	Demolición - Construcción
		161104	Revestimientos y refractarios procedentes de procesos no metalúrgicos, distintos de los absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintas de las especificadas en el código 150202.	ND	Demolición - Construcción

Después de abordar las temáticas de gestión de residuos en el contexto internacional y nacional, conociendo las altas cifras de reutilización de materiales y disminución de escombros, las semejanzas y diferencias entre las normativas de gestión de residuos de Chile y otros países, los estudios de casos extranjeros sobre la clasificación de materiales y los datos de las normativas

chilenas sobre reciclaje y gestión de escombros, es posible indicar que el análisis al plan de gestión de residuos de esta memoria permitirá que este conocimiento se replique en otras obras y así conocer el ámbito que se debe reforzar en cada empresa para obtener un mejor desempeño en sus planes de gestión de residuos, lo que resultaría muy beneficioso en términos económicos y medioambientales para Chile. Es de gran importancia conocer la clasificación de materiales que entregan las normativas y las sugerencias que se indican anteriormente como el uso de la pirámide de valorización para mejorar el manejo de desechos en nuestro país.

3. Objetivos

3.1 Objetivos Generales

- Analizar la implementación del plan de gestión de residuos de una obra residencial en el sur de Chile.

3.2 Objetivos Específicos

- Analizar aspectos normativos de la gestión de residuos en el rubro de la construcción residencial en Chile.
- Analizar cualitativamente las entrevistas realizadas a trabajadores de la obra respecto al plan de reciclaje en términos de facilidades y dificultades para su implementación.
- Identificar información sobre facilidades y dificultades en la gestión de residuos en la obra analizada para establecer recomendaciones para su mejora en obras futuras.

4. Métodos

Los datos para este estudio fueron recolectados a través de 16 entrevistas semiestructuradas con personal involucrado en el plan de gestión de residuos de esta obra ubicada en el sur de Chile. Las entrevistas se recopilaban a través de un muestreo conveniente al buscar personal asociado al tema de interés. De forma general, se busca personal con un mínimo de 4 años de experiencia, sin embargo, se realiza una excepción con un trabajador que contaba con 1 año trabajando en el rubro. Debido a que este trabajador había realizado labores con la cuadrilla de control de pérdidas en el proyecto anterior de esta misma empresa y contaba con 5 años de experiencia como trabajador no profesional. La información se recolectó entre los meses de julio y diciembre de 2022 y los años de experiencia de los entrevistados varían desde 1 a 25 años, teniendo como promedio 11,8 años de experiencia. Las entrevistas fueron realizadas de forma presencial y grabadas con autorización de los implicados, con el fin de poder citar sus respuestas y categorizarlas en base a un análisis cualitativo de contenido. A continuación, se presenta un esquema de resumen (Figura 5) de la metodología de trabajo de esta memoria.

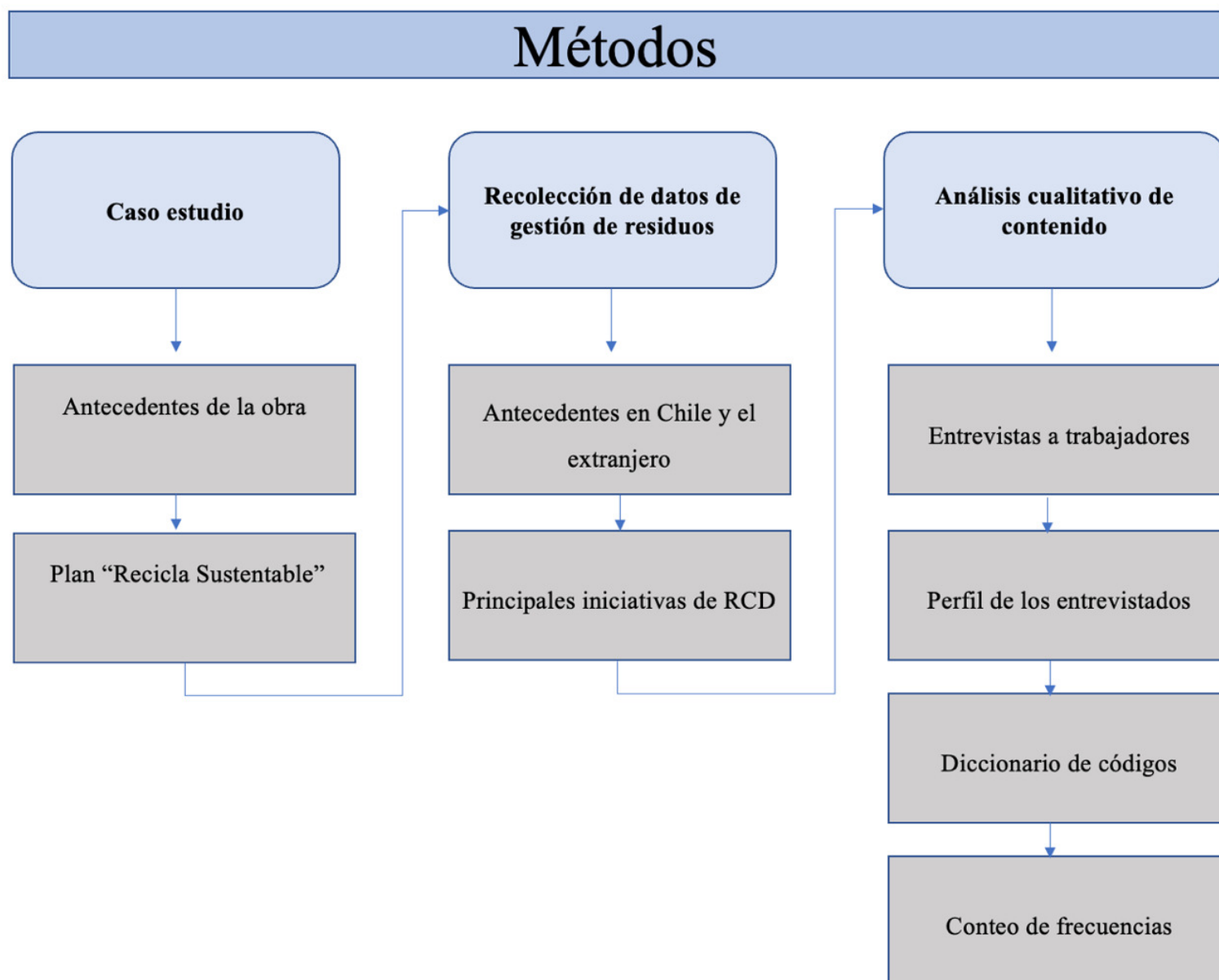


Figura 5. Metodología de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

4.1 Caso estudio en una obra de condominio

4.1.1 Antecedentes de la obra

La obra donde se realiza este estudio corresponde a la construcción de un Condominio de 7 edificios en la ciudad de Puerto Montt. El proyecto tiene beneficios del Estado porque cuenta con el subsidio habitacional mencionado en el Decreto Supremo 19 y la cantidad de viviendas corresponde a 280 departamentos distribuidos en edificios de 4 pisos, con 10 departamentos por cada nivel. El terreno del Condominio donde se implementa el plan de gestión de residuos cuenta con 15.300 m², donde se

distribuyen los contenedores y puntos de acopio que se consideran necesarios para ejecutar un plan de valorización de los escombros de la obra.



Figura 6. Imagen referencial del Condominio.

Fuente: Información entregada por la empresa.

4.1.2 Plan “Recicla Sustentable”

El plan de gestión de residuos en obra propuesto por la empresa tiene como objetivo manejar los residuos de la obra de manera responsable con el medio ambiente. Para lograrlo, se plantea implementar varios puntos limpios dentro de la obra para que los residuos sean categorizados y acopiados en distintos contenedores que serán etiquetados según el tipo de material a contener. Además de definir los materiales que serán reciclados, se debe identificar a las empresas que se hagan cargo de dichos residuos y establecer las condiciones de retiro, ya sea con una frecuencia de retiro determinada o cuando se acumule el volumen solicitado por las empresas recicladoras.

A continuación, se detalla en la Figura 7 la distribución de los puntos limpios que se desea habilitar dentro de la obra y el patio de acopio general, donde se almacenará el material hasta su retiro por alguna empresa.

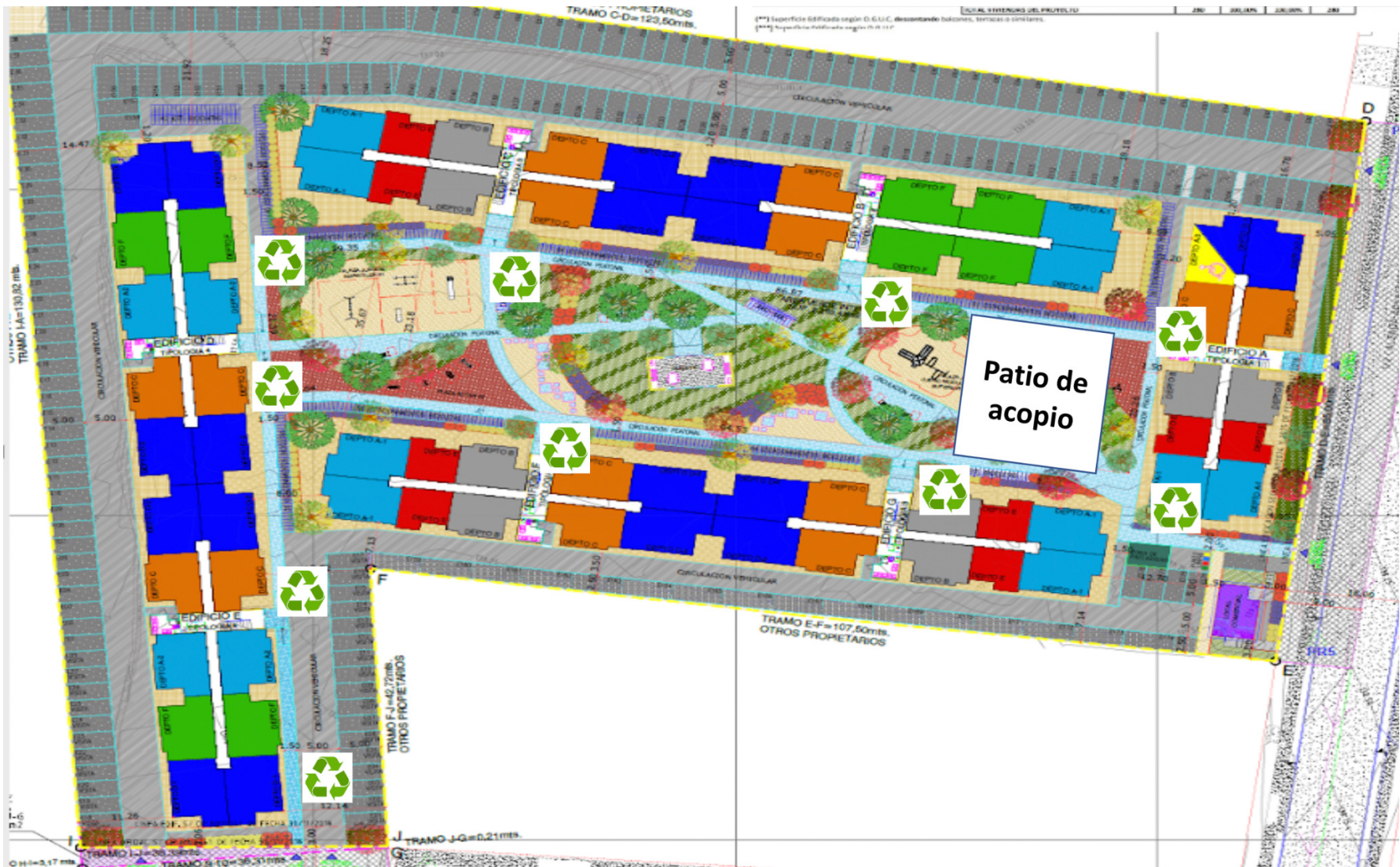


Figura 7. Distribución de puntos de acopio.

Fuente: Información proporcionada por la empresa.

Para los puntos limpios se utilizarán distintas categorías de materiales a reciclar, las que se detallan a continuación en la Figura 8.



Figura 8. Categorías de residuos a reciclar en obra.

Fuente: Información proporcionada por la empresa.

El plan de gestión de residuos “Recicla Sustentable” considera 40 contenedores que serán distribuidos en 10 puntos limpios dentro de la obra. Se tiene un punto de acopio general donde se acumulan los materiales antes de su retiro por la empresa correspondiente. Además, se asigna una cuadrilla de 4 trabajadores que serán encargados de separar y acopiar los materiales de los edificios en los contenedores correspondientes según su rotulado. El responsable de esta cuadrilla de trabajadores del plan de gestión de residuos, es el Supervisor de Control de Pérdidas, quien debe tener la consideración de mantener el orden de los contenedores, buscar empresas recicladoras que quieran retirar material desde la obra, programar el retiro de escombros (material no reciclable), vender los residuos de acero de construcción y acero galvanizado, entre otros.

El proyecto de construcción se divide en 3 fases de hormigonado de los 7 edificios proyectados, por lo que, estos desfases permiten utilizar el sobrante de los hormigonados de las primeras torres para ser vaciados en sobrelosas de terrazas y emplantillados de las torres siguientes, radier para bodegas y comedores para la instalación de faenas, etc. Además, se implementa un taller de prefabricados para realizar soleras, solerillas y protecciones para las instalaciones de gas y eléctricas que se ubican bajo terreno. Si se desea reutilizar el hormigón para realizar prefabricados, se debe planificar la preparación de moldajes con la cuadrilla asignada al plan de gestión de residuos. En las siguientes imágenes se pueden apreciar los moldajes preparados por la cuadrilla encargada de los prefabricados .



Figura 9. Moldajes para cámaras eléctricas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Moldajes para cámaras eléctricas en proceso de hormigonado.

Fuente: Elaboración propia.

Para la reutilización del hormigón, se realiza la compra de una mesa vibradora (Figura 11) para colocar los moldes de solerillas (Figura 12) y soleras tipo A (Figura 13) sobre ésta para lograr un correcto vibrado del hormigón y así evitar nidos en los elementos.



Figura 11. Mesa vibradora para prefabricados de hormigón.

Fuente: Lechuga Hermanos - equipos para la Construcción. (2021). <http://www.lh.cl/>



Figura 12. Molde de solerilla simple.

Fuente: Lechuga Hermanos - equipos para la Construcción. (2021). <http://www.lh.cl/>



Figura 13. Molde de solera tipo A.

Fuente: Lechuga Hermanos - equipos para la Construcción. (2021). <http://www.lh.cl/>

En la Figura 14 se aprecia la mesa vibradora adquirida en la obra junto al moldaje de solerillas.



Figura 14. Mesa vibradora y solerilla adquiridas por la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Recolección de datos de la gestión de residuos

Se recopila información respecto a los residuos de construcción y demolición (RCD) para tener un marco conceptual de la gestión de residuos en Chile y otros países. Dentro de este eje, se deben conocer los tipos de RCD más comunes dentro de la industria de la construcción, los avances en materia sustentable en Chile y el extranjero, el aporte de esta industria a la economía del país, entre otros. Se investigan las propuestas de las principales instituciones del país donde se tenga una iniciativa de construcción sustentable, junto a las referencias bibliográficas que respalden la información obtenida. Las iniciativas más recientes corresponden al proyecto Construye 2025, Sello Compromiso PRO, “Hoja de Ruta RCD – Economía Circular” y la Norma Chilena NCh 3562 de 2019.

4.3 Recolección de datos con entrevistas

Se realizan entrevistas semiestructuradas a 16 personas con respuesta libre grabada en audio, con el fin de obtener información en palabras propias de cada trabajador y sus ideas sobre las facilidades y dificultades presentes al ejecutar el plan de gestión de residuos. El criterio de selección de los trabajadores consiste en que tengan de alguna forma una relación con el plan de gestión de residuos, con el fin de obtener respuestas de personas informadas en el tema. El promedio de experiencia de los entrevistados corresponde a 11,8 años en el rubro de la construcción. En la tabla 9 es posible observar el perfil de los trabajadores que fueron entrevistados.

Tabla 9. Perfil de los trabajadores.

Fuente: Elaboración propia.

Nº de entrevista	Profesión	Área de trabajo	Años de experiencia
1	Ingeniero Civil	Oficina Técnica	14 años
2	-	Control de pérdidas	25 años
3	Constructor Civil	Urbanización	20 años
4	Constructor Civil	Oficina Técnica	5 años
5	Arquitecto	Oficina Técnica	17 años
6	Ingeniero en Prevención de Riesgos	Oficina de Prevención de Riesgos	4 años
7	Constructor Civil	Depto. de Calidad	1 año
8	Constructor Civil	Oficina Técnica	7 años
9	Constructor Civil	Oficina Técnica	20 años
10	-	Control de pérdidas	7 años
11	-	Control de pérdidas	15 años
12	-	Control de pérdidas	4,5 años
13	-	Control de pérdidas (Supervisor)	4 años
14	Constructor Civil	Oficina Técnica	20 años
15	Constructor Civil	Jefe de Obra	8 años
16	Constructor Civil	Jefe de Terreno	18 años

Respecto a la etapa de entrevistas donde se recolecta información sobre la visión de los trabajadores respecto al reciclaje, se realizan las siguientes preguntas:

- Indique sus años de experiencia en el rubro

- Indique su oficio u ocupación
- ¿Ve usted algún beneficio en reciclar?
- ¿Usted cree que reciclar en un proyecto de construcción es importante? ¿Por qué?
- ¿Por qué cree que se recicla en esta obra?
- ¿Qué desafíos o dificultades existen al momento de reciclar?
- ¿Cómo se podría incentivar a los trabajadores a reciclar más?
- ¿Cómo se podría mejorar el reciclaje en la obra?

4.4 Análisis cualitativo de contenido

- Se analiza el plan “Recicla Sustentable”, complementando la información obtenida bajo la observación del trabajo en terreno y los resultados de las entrevistas realizadas a personal de la obra. Se realiza un análisis cualitativo de contenido analizando los datos recopilados a través de las entrevistas, revisando las respuestas transcritas para identificar las frases o palabras más repetitivas que permitan codificar dicha información. Estos códigos deben representar la esencia del texto que se analiza cualitativamente (Saldaña, 2013). El fin de codificar la información de las entrevistas es poder visualizar la información de forma más manejable (Namey et al., 2018). Se realizan dos diccionarios de codificación (dificultades y facilidades), donde se explica en detalle qué significa cada categoría principal y secundaria, junto a una frase de ejemplo asociada a dicho código. A través de este análisis cualitativo de contenido, es posible identificar los desafíos que tienen los trabajadores al ejecutar el plan de reciclaje, como también las propuestas que tienen para mejorarlo. En la tabla 10, se encuentran los códigos principales y secundarios asociados a las respuestas de los entrevistados. Al contar con la codificación de las entrevistas, es posible realizar una tabla de frecuencia analizando la cantidad de veces que es mencionado alguno de los códigos identificados al responder a las preguntas realizadas. Adicionalmente, se separa la información en base al perfil de los entrevistados, categorizando a los trabajadores como profesionales o no profesionales con el fin de buscar alguna tendencia en sus respuestas. La pregunta “¿Qué desafíos o dificultades existen al momento de reciclar?” entrega la información asociada a los códigos de dificultades del diccionario de códigos (Tabla 10).

Respecto a las preguntas “¿Cómo se podría incentivar a los trabajadores a reciclar más?” y “¿Cómo se podría mejorar el reciclaje en la obra?” ocurre que las respuestas entregadas por los trabajadores indican las mismas ideas o propuestas, por lo que, se decide analizar ambas preguntas en conjunto y así generar la sección de facilidades dentro del diccionario de codificación (Tabla 10).

Tabla 10. Diccionario de codificación
Fuente: Elaboración propia.

Código General	Código Específico	Definición	Ejemplo
DIFICULTADES			
Manejo de personal	Cuadrilla específica	Trabajadores de reciclaje tienen labores adicionales	“Se deben contratar más trabajadores para que exista una cuadrilla dedicada al reciclaje”
	Supervisión insuficiente	Falta de control de los supervisores con los residuos de sus trabajadores.	“Todos los supervisores deberían tener la obligación de gestionar los residuos de sus trabajadores”
Disponibilidad de información	Desinformación	Trabajadores no tienen el suficiente conocimiento sobre los beneficios e importancia del reciclaje.	“Las personas no tienen conocimiento sobre los beneficios del reciclaje”.
	Baja capacitación	Percepción de tener capacitaciones insuficientes dentro de la obra.	“Deberían realizarse capacitaciones sobre el reciclaje en obra con cierta frecuencia “
Gestión y Recursos	Contenedores	Cantidad insuficiente de puntos de acopio dentro de la obra.	“Deberían implementar más contenedores para facilitar el acceso a acopiar materiales”
	Empresas recicladoras	Falta de empresas recicladoras de materiales de construcción dentro de Puerto Montt.	“No existen empresas recicladoras de materiales de construcción en Puerto Montt”

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Obras Civiles

FACILIDADES			
Incentivos	Bonificación	Incentivos económicos (bonos) para los trabajadores que tengan buen desempeño en sus labores de reciclaje.	“Deberían entregar bonos por reciclaje para motivar a los trabajadores”
	Premios	Premiaciones mensuales (no económicas) para los trabajadores si cumplen con una meta de volumen reciclado establecida.	“La empresa podría entregar premios mensualmente a los trabajadores que reciclan mayor cantidad”
	Capacitación específica	Charlas con regularidad establecida y asistencia de grupos pequeños	“Para mejorar el reciclaje se deben realizar capacitaciones seguidas y con menos personal presente”
Control en obra	Programar reciclaje	Programar reciclaje con horarios y días establecidos.	“Programar horarios para la clasificación de residuos sería beneficioso”
	Multas a subcontratos	Multas por falta de aseo y correcto acopio de material.	“Se debe multar a los contratistas que no se hagan cargo de sus desperdicios”
	Obligatoriedad de reciclar	Obligación de reciclar para todos los trabajadores de la obra	“Reciclar no debería ser una opción, sino una obligación de cada trabajador”.
Ubicación	Mejor acceso a zona acopio	Puntos de acopio en lugares estratégicos	“A veces los contenedores están muy distanciados entre sí”
	Mayor orden de espacios	Respetar rotulado y mantener el orden	“Los trabajadores no respetan el rotulado de los contenedores y acopian distintos tipos de residuos”

4.5 Limitaciones de este estudio

Dentro de las limitaciones de este estudio, se contempla que los resultados pueden tener un sesgo debido al tipo de método utilizado para categorizar y organizar la información de las entrevistas, ya que, este análisis varía de un investigador a otro (Saldaña, 2013). A pesar de esto, la información obtenida permite identificar las principales problemáticas que existen al momento de ejecutar el plan de gestión de residuos y proponer mejoras para obras futuras que realicen un método de valorización de los residuos de construcción. Respecto al tamaño de la muestra, consta de un total de 16 entrevistados y podría parecer escasa, pero al comparar con otros estudios (n=6 Hacker et al., 2020; n=12 Yang et al., 2018) se observa que permite obtener resultados de interés para contribuir a la literatura en el rubro. Además, es posible observar que en las últimas entrevistas realizadas se alcanza un punto de saturación de categorías (Hernández, 2014) donde no se encontraba información novedosa o que aportara mayor cantidad de códigos al análisis cualitativo. Por último, otra limitación esta asociada al caso estudio, debido a que puede no ser transferible directamente a otro tipos de proyectos (que no sean residenciales) y que se encuentren ubicados en la zona centro y norte del país, debido a que existen dificultades propias de la zona (falta de empresas recicladoras) por lo que se consideran válidos estos resultados dentro de la zona sur de Chile y dentro del contexto de la construcción de viviendas.

4. Resultados

El resumen de los resultados del análisis cualitativo de contenido se muestra en la Tabla 11. En ella, se presentan los criterios o códigos encontrados en el proceso de análisis cualitativo y se indica la cantidad de veces que cada código o idea principal se menciona en las respuestas de las entrevistas, así como también, la cantidad de entrevistados que refiere dicha idea (se muestra entre paréntesis). La tabla de resultados se divide en dificultades y facilidades, donde la primera corresponde a las ideas que entorpecen el proceso de gestión de residuos y por el contrario, en la sección de facilidades se indican los incentivos o propuestas de mejoras que facilitarían el manejo de residuos en el plan de esta empresa.

Al observar la tabla de resultados, es posible apreciar la cantidad de participantes por cada categoría identificando el número entre paréntesis de la columna “Total”. En base a esto, se observa que en el eje de las dificultades el código con mayor cantidad de participantes corresponde a Desinformación, con una contribución de 11 entrevistados (68,7% de participación). En segundo lugar dentro de las dificultades, se encuentra el código Contenedores con 8 repeticiones, obteniendo un 50% de participación de los entrevistados. Esta información indica que éstas son las 2 mayores dificultades percibidas por los trabajadores que han sido parte de este estudio.

Respecto a la sección de facilidades, es posible observar que el código con mayor frecuencia corresponde al incentivo de Capacitación Específica, obteniendo un recuento de 15 repeticiones, correspondientes a un 93,8% de todos los entrevistados. La categoría de incentivos al observarla en su totalidad considerando los 3 códigos (bonificación, premios y capacitación específica), obtuvo un 100% de participación, demostrando la gran importancia de esta sección en particular como forma de motivar a los trabajadores.

Tabla 11. Frecuencia de respuestas sobre las facilidades y dificultades en el manejo de residuos

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de respuestas (Cantidad de encuestados)				
Categoría	Codificación/Nivel estudios	Profesional	No profesional	Total
DIFICULTADES				
MANEJO DE PERSONAL	Cuadrilla específica	2(2)	2(2)	4(4)
	Supervisión insuficiente	4(4)	1(1)	5(5)
	Total	6(6)	3(3)	9(9)
DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN	Desinformación	6(6)	5(5)	11(11)
	Baja capacitación	1(1)	-	1(1)
	Total	7(6)	5(5)	12(11)
GESTIÓN Y RECURSOS	Contenedores	6(5)	4(3)	10(8)
	Empresas recicladoras	4(4)	-	4(4)
	Total	10(7)	4(3)	14(10)
FACILIDADES				
INCENTIVOS	Bonificación	5(5)	1(1)	6(6)
	Premios	6(6)	3(3)	9(9)
	Capacitación específica	14(10)	6(5)	20(15)
	Total	25(11)	10(5)	35(16)
CONTROL EN OBRA	Programar reciclaje	1(1)	-	1(1)
	Multas a subcontratos	2(2)	-	2(2)
	Obligatoriedad de reciclar	3(3)	-	3(3)
	Total	6(4)	-	6(4)
UBICACIÓN	Mejor acceso a zona acopio	3(3)	1(1)	4(4)
	Mayor orden de espacios	2(2)	-	2(2)
	Total	5(5)	1(1)	6(6)

5. Discusión

5.1 Ejecución del plan “Recicla Sustentable”

En el ítem de métodos se han mencionado las consideraciones del plan de gestión de residuos “Recicla Sustentable”, sin embargo, este plan de valorización tuvo algunos cambios durante la ejecución de la obra. En lugar de los 40 contenedores que se planeaba colocar dentro de la obra enfocados sólo al plan de gestión de residuos, se redujo esta cantidad a 25 recipientes con sus rotulados y los restantes se utilizaron para la acumulación de escombros no reciclables en la parte exterior de cada edificio, con el fin de mejorar el orden y aseo de la obra.

La cantidad de puntos limpios también se vio reducida, disminuyendo desde los 10 puntos que se proyectaban a sólo 7 para la clasificación de residuos. Se contempló en los inicios del proyecto una cuadrilla de 4 trabajadores que estarían completamente dedicados a la clasificación de materiales y distribución en el centro de acopio principal, además de realizar los prefabricados de hormigón con el material sobrante. Esta cuadrilla realizó dichas tareas con dedicación exclusiva durante pocos meses, debido a que estos trabajadores fueron reasignados a tareas de pulido de muros y aseo general de los edificios, quedando sin efecto el uso del taller de prefabricados de hormigón y escasamente se realizaba la clasificación de todos los materiales que se contemplaba en un principio.

Los elementos prefabricados que fueron utilizados dentro de la obra corresponden a placas de protección para las instalaciones de gas y las cajas eléctricas de los edificios que van ubicadas bajo terreno. También se realizaron prefabricados de soleras y solerillas, sin embargo, tenían una baja calidad en cuanto a resistencia (se dañaban fácilmente) y una terminación poco prolija, por lo que se decidió comprar estos elementos a empresas reconocidas dedicadas al rubro de los prefabricados de hormigón. Cabe destacar que los prefabricados realizados en obra que fueron descartados para su uso, acabaron como escombros desechados en vertederos autorizados. Por otro lado, el encargado de control de pérdidas adquirió nuevas labores dentro de la obra como Supervisor de Instalaciones, quedando en un segundo lugar las labores relacionadas al plan de gestión de residuos.

La información obtenida sobre la valorización de los materiales presentes en la obra, se organiza en 5 categorías establecidas en la NCh 3562/2019 para los RCD no peligrosos e inertes. Estas categorías corresponden a las siguientes:

1. Hierro y acero galvanizado
2. Hierro y acero no galvanizado
3. Madera libre de impregnación o pinturas
4. Envases de papel y cartón
5. Envases de plástico

Respecto a las 5 categorías mencionadas, en primer lugar se acopia el acero galvanizado utilizado en las áreas comunes y tabiquerías, sin embargo, debido a su bajo precio de venta se decide donar este material a personas externas a la obra, con el fin de valorizar de alguna forma estos residuos y traducir la entrega de este producto en un ahorro de volumen en el retiro a botadero. El acero no galvanizado (acero de construcción) correspondiente a recortes de enfierradura de refuerzo para muros y losas de hormigón armado se valoriza en forma de venta por kilogramo a una empresa dedicada a esta labor. Se mantuvo de forma prioritaria la valorización de la madera debido a su alto requerimiento para calefacción, por lo que, el hecho de no desecharla como escombros, es de gran ayuda porque va en directo beneficio de los trabajadores, realizando una valorización energética de recursos naturales. Los envases de papel y cartón que fueron acopiados dentro de la obra, en su mayoría lograron ser reciclados, sin embargo, una parte de ellos sufrió daños debido a las condiciones climáticas por la eliminación de la bodega para guardar este material, por lo que, se procede a eliminar como parte de los escombros todo el material humedecido. Los residuos categorizados como plásticos, mayoritariamente corresponden a residuos de tuberías de PVC eléctricas, PVC hidráulico, PPR para agua potable y tuberías de PVC sanitario, sin embargo, ese tipo de plástico no es recibido por las empresas recicladoras de la zona.

En base a información recopilada con trabajadores de la obra, los planes de gestión de residuos que fueron implementados en obras anteriores de esta empresa, tuvieron un destino parecido al de este proyecto, ya que, al acercarse el final de la obra gruesa y el inicio de las terminaciones, se privilegia el avance de la obra por razones económicas y se da menor importancia a la clasificación de los residuos.

Al principio del análisis al plan de gestión de residuos, la obra se encontraba en obra gruesa, sin embargo, al momento de la disminución de recursos del plan de gestión de residuos, se comenzaba también la etapa de terminaciones en algunos edificios. Al comenzar esta etapa, no fue posible

encontrar empresas recicladoras para los desperdicios producidos. Según un estudio, la etapa de terminaciones genera 3,56 veces más escombros que la obra gruesa (Construye 2025, 2020) y la mayor cantidad de residuos de terminaciones corresponden a recortes de planchas de yeso cartón en sus distintas variedades, montantes, canales de acero galvanizado y cerámicas (Estudio Vicons, Edificio habitacional Pacific Blue, 2018).

A continuación se presenta un esquema de resumen (Figura 15) con los cambios mencionados anteriormente.

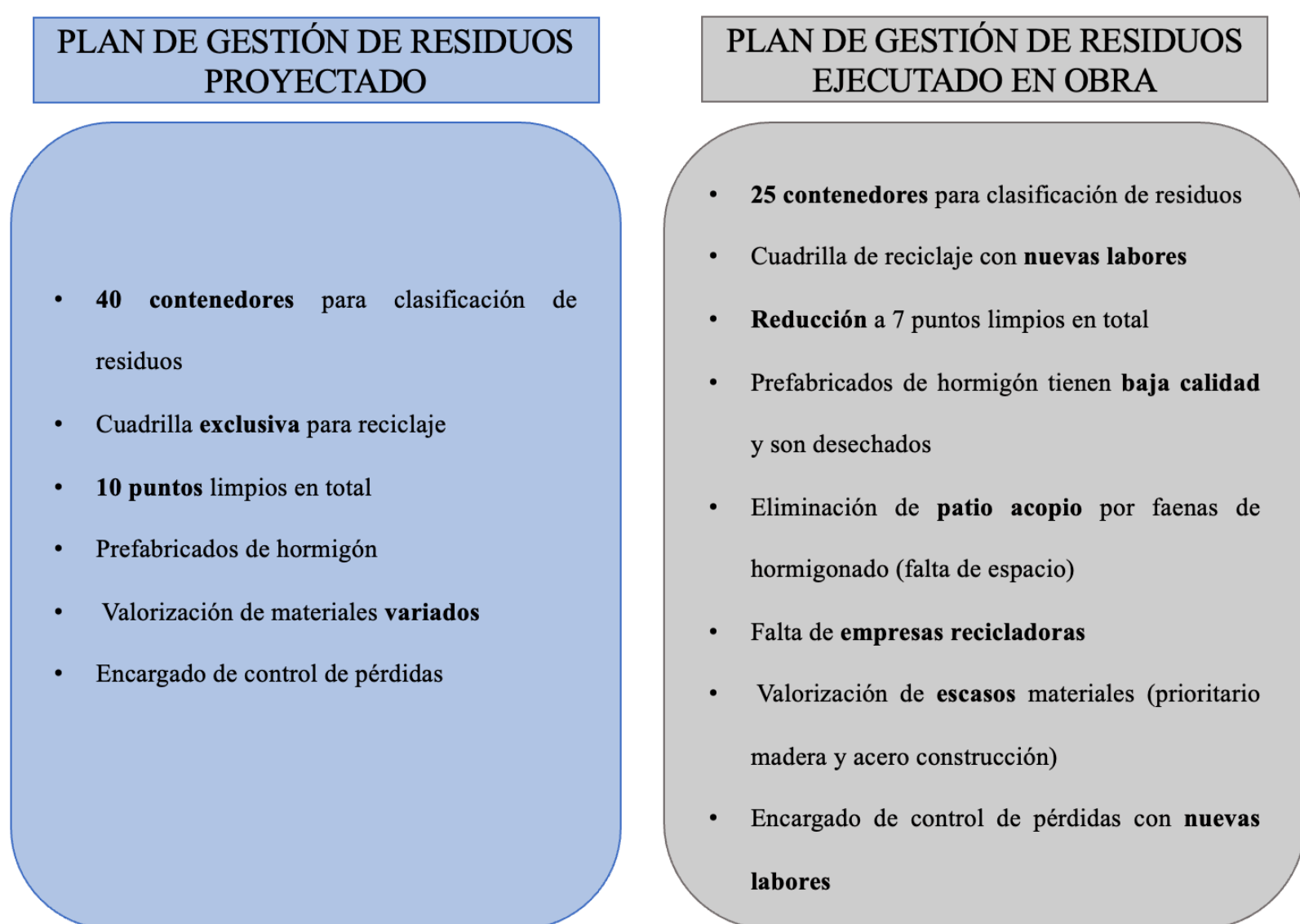


Figura 15. Cambios en plan de gestión de residuos.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las razones informadas por la empresa para disminuir los recursos del plan de gestión de residuos, se encuentra en primer lugar la falta de espacio dentro de la obra. A pesar de contar con gran espacio entre estacionamientos y áreas verdes, el patio de acopio general (Figura 7) era el único

lugar disponible para instalar las bombas de hormigonado para los edificios A, B y G, por lo que, por orden del Administrador de la obra se indica eliminar el patio de acopio general para dar paso a las faenas de hormigonado. Además, debido a la presencia de 4 grúas torre en la obra gruesa, no habían más lugares disponibles para este sector de clasificación de residuos. Las bodegas que eran utilizadas para la acumulación de cartón, papel y poliestireno expandido se adaptaron como comedor para los trabajadores y la bodega de materiales no contaba con espacio para el reciclaje de los RCD. Esta dificultad sobre la falta de espacio dentro de la obra es mencionada por autores relacionados a estudios en el extranjero como Yu et al. (2021), Yuan et al. (2013) y Wang et al. (2010). En segundo lugar, la razón que entrega la empresa sobre la decisión de reubicar a los trabajadores asociados al reciclaje, corresponde al incumplimiento del subcontratista de los pulidos de muros y losas de hormigón, por lo que, en lugar de generar un nuevo contrato con otra empresa, prefirieron completar esta partida con los trabajadores asociados al reciclaje, que tenían conocimientos sobre el uso de estas herramientas de pulido para no tener aumentos en el presupuesto de la obra respecto a ese contrato con la empresa que no completo sus tareas. La falta de empresas recicladoras dentro de la zona también es mencionada como una razón para detener el acopio de los materiales que inicialmente fueron considerados dentro del plan inicial de gestión de residuos. Al comienzo de la obra, se tenían consideradas las empresas que retirarían la mayoría de los residuos que se contemplaba valorizar, sin embargo, no se consideraron los espacios suficientes para acopiar el gran volumen de material que solicitaban las empresas para efectuar los retiros en obra. Esto puede ser comparado con la información obtenida como dificultad en la gestión de residuos por Yu et al. (2021) y Yuan et al. (2013) respecto a la falta de un mercado para el reciclaje.

5.2 Dificultades encontradas en el análisis

En base a las respuestas de los entrevistados, se organizan las dificultades en 3 categorías principales que resumen los códigos específicos realizados en el análisis cualitativo de contenido. A continuación, se presenta un esquema (Figura 16) con los códigos correspondientes a las dificultades encontradas en el estudio.



Figura 16. Esquema de dificultades en el plan de gestión de residuos.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 Manejo de personal

Dentro de esta categoría, existen dos códigos específicos correspondientes a Cuadrilla Específica y Supervisión Insuficiente, los cuales serán analizados de forma independiente.

- **Cuadrilla específica** - Para esta problemática, se repite dos veces esta respuesta en profesionales y dos veces en no profesionales, demostrando que para ambos tipos de trabajadores se aprecia de igual forma la problemática de la falta de una cuadrilla específica dedicada al reciclaje. Citando a uno de los entrevistados, refiere que “falta gente que esté dedicada completamente al reciclaje, la obra está todavía en obra gruesa entonces no se ve reflejado tanto el reciclaje, sólo vemos despuntes de madera y hormigón entonces no tenemos el reciclaje de materiales que se ven en terminaciones”. En base a las respuestas recibidas, los trabajadores ven la problemática de no tener trabajadores dedicados sólo a la separación y acopio de materiales, entonces los encargados de limpieza de los edificios deben darse el trabajo de ir a la zona de acopio de materiales con todos los residuos que acumularon y comienzan a separarlos por contenedor. Esta tarea toma un tiempo extra a las actividades de limpieza que estaban acostumbrados a realizar antes de la implementación del plan de gestión de residuos, por lo que, muchas veces deben dejar de reciclar para cumplir con las labores de limpieza al exterior e interior de los edificios. Otro entrevistado indica que “deberían tener gente que se dedique exclusivamente al reciclaje y no que lo haga el maestro que esté libre en ese momento”. Según el estudio de Wang et al., (2010), la mano de obra dedicada específicamente al trabajo de la clasificación de residuos es uno de los 6 factores críticos que contribuyen a la eficacia de esta labor, por lo que, el hecho de tener esta referencia por parte de los entrevistados, confirma que es una problemática a la que se debe buscar solución para asegurar el funcionamiento del plan de gestión de residuos.
- **Supervisión Insuficiente** – Esta problemática fue referida por 4 profesionales y 1 entrevistado no profesional. La supervisión insuficiente indica que el personal de supervisión no tiene control sobre la gestión de residuos de sus trabajadores, por lo que realmente no tienen conocimiento sobre si cumplen con el acopio y separación de residuos. Al existir un Encargado de Control de Pérdidas, muchas veces los supervisores descansan en que esta persona se hará cargo completamente de la gestión de todos los residuos, sin embargo,

realmente ese Encargado de Control de Pérdidas también es supervisor de los moldajes, andamios y recibe los camiones con áridos y hormigón. Considerando todas estas responsabilidades y la importancia del avance de obra, lentamente se va quitando importancia a la gestión de residuos. Si el encargado de las pérdidas no tiene tiempo para gestionar la clasificación de los materiales, los supervisores de cada edificio no tienen la obligación de destinar sus trabajadores al reciclaje, ya que, tienen sus tareas asignadas durante el día y la prioridad será en beneficio de avanzar en la obra. Un entrevistado indica que “Al no ser una obligación el reciclaje, la mayor dificultad es destinar maquinaria o mano de obra que se dedique exclusivamente a eso, porque siempre los trabajadores están apurados y optan por botar todo en un mismo lugar, no se dan el tiempo de separar los materiales. Básicamente, la barrera aquí es una falta de cultura y el reciclaje pasa a ser un trabajo extra, porque los encargados del reciclaje actuales tienen otros trabajos asignados”.

5.2.2 Disponibilidad de información

Dentro de esta categoría, existen dos códigos específicos correspondientes a la desinformación y la baja capacitación de los trabajadores.

- **Desinformación** – Esta dificultad es la que se repite mayor cantidad de veces (11 repeticiones) y es percibida como la mayor barrera al momento de llevar a cabo el plan de gestión de residuos. Al hablar sobre la desinformación, se refiere a que los trabajadores no tienen el suficiente conocimiento sobre los beneficios e importancia del reciclaje, por lo que, no presentan interés en el reciclaje de ningún material, a menos que su supervisor directo se lo pida. Un profesional de oficina indica que “la dificultad en un primer lugar es la mentalidad, las personas deben aprender a reutilizar y la segunda es dividir los materiales, acá se mezclan muchos materiales con escombros y otras cosas, todo se bota al mismo lugar, entonces es muy complicado mantener un orden en cuanto al reciclaje. Se intenta hacer, pero es difícil”. En conversaciones con los entrevistados, refieren que no quieren reciclar porque es en beneficio de la empresa y ellos no obtienen ninguna ganancia. Otras veces indican que es una pérdida de tiempo o que todo termina siendo desechado en los mismos vertederos, demostrando falta de conocimiento o información respecto al reciclaje de los RCD. Un

entrevistado refiere que “muchas veces se ve afectada la credibilidad con el reciclaje porque las personas se preguntan a dónde llega la plata que se recolecta con esto, haciendo alusión a que es sólo en beneficio de la empresa”. Uno de los trabajadores asignados a la cuadrilla de reciclaje también realiza labores de aseo dentro de los edificios e indica que la dificultad en terreno al reciclar “Es la flojera principalmente, la gente tiene mucha pega y no tiene tiempo de estar separando los materiales. También es falta de interés y de conciencia porque todos vemos información sobre el reciclaje y no querer hacerlo a pesar de eso, es simplemente falta de interés. También deberían tener gente que se dedique exclusivamente al reciclaje y no que lo haga el maestro que esté libre en ese momento.” La respuesta de este trabajador, deja en evidencia que realmente la gestión de residuos no tiene gente dedicada sólo a esa tarea, a pesar que el entrevistado forma parte de la cuadrilla de personal que debería tener como única responsabilidad la separación y acopio de materiales. Un estudio (Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), 2017) identificó que el 60% de los profesionales de la construcción no conocía leyes, reglamentos, normativas o manuales respecto a la gestión de residuos. Esta cifra es de suma importancia, debido a que la falta de información es una de las grandes brechas que se deben superar para realizar un cambio real en el rubro de la construcción.

- **Baja capacitación** – Esta subcategoría se encuentra relacionada a la información entregada en la obra al momento de ejecutar el plan de gestión de residuos. La falta de capacitación sólo fue indicada por 1 persona categorizadas como profesional, demostrando que esta dificultad no es percibida como una barrera para el plan de gestión de residuos. El entrevistado que indica la falta de capacitación como una dificultad, refiere que “el poder orientar y capacitar a los trabajadores es la parte más difícil, porque el personal es muy rotativo, entonces al no ser personal permanente se dificulta más el poder enseñarles a tener una conducta respecto al reciclaje y entender realmente en qué nos beneficia. Podemos tener la intención de capacitarlos pero no es algo que se realice con una frecuencia determinada y muchas veces se le da mayor importancia a otros temas que afectan la obra, como la prevención de riesgos o accidentes”. Lo que indica este entrevistado es de gran importancia, ya que, el personal rotativo dentro de la obra implica comenzar a capacitar al personal nuevamente en temas medioambientales y considerando que no se generan charlas frecuentes para volver a entregar la información del plan de gestión a los nuevos trabajadores, con el tiempo se pierde todo lo aprendido en las capacitaciones. La información que se entrega a los trabajadores que tengan

que reciclar, se acota a separar los residuos en determinados contenedores a la espera de ser acopiados en el punto de retiro de escombros, pero no se les explica el beneficio de realizar esa separación de materiales ni a donde van a llegar los desechos, dejando la creencia que todos los desperdicios llegan a un vertedero.

5.2.3 Gestión y recursos

Dentro de esta categoría, existen dos códigos correspondientes a contenedores y empresas recicladoras.

- **Contenedores** – Esta subcategoría fue indicada como una dificultad para reciclar por 8 personas en total, 5 de ellos corresponden a profesionales y los 3 entrevistados restantes son personas no profesionales. La falta de contenedores es referida como una dificultad por los trabajadores debido a la sensación de tener poca cantidad de recipientes en los puntos limpios, sin embargo, la realidad es que los contenedores parecían ser suficientes para la baja cantidad de material que se está valorizando en la obra, sin embargo, la percepción de los trabajadores entrevistados indica lo contrario. Como se menciona en el primer ítem de la discusión, hubo una reducción de la cantidad de contenedores en obra (de 40 a 25 unidades) pero gran cantidad de veces se aprecian los contenedores de valorización de materiales vacíos, en contraste con los contenedores de escombros generales que siempre se encuentran a tope de su capacidad. Uno de los entrevistados refiere que “la disposición de los espacios es una gran dificultad, también destinar personal para realizar el reciclaje, porque la persona que usa el material y lo genera como desecho no es la misma que debe separar y acopiar en un contenedor, ya que, no tiene ese tiempo durante la jornada. Quizás una infraestructura adecuada con mayor cantidad de contenedores podría ayudar”. Este punto es de gran importancia, ya que, no se les exige a los contratistas que junten sus materiales para ser retirados por personal de aseo ni que entreguen los departamentos (en etapa de terminaciones) en condiciones óptimas de limpieza. Si no se exige un mínimo de aseo, tampoco se exige la separación de residuos debido a que los contratistas trabajan y obtienen sus ganancias en base a la rapidez con que instalan o construyen, por lo tanto, el tiempo bien administrado es crucial en el día a día de un trabajador de subcontrato. Dado esto, el aseo y separación de residuos

como recortes de tuberías eléctricas, de agua potable, perfiles galvanizados o planchas de yeso cartón, no son una prioridad para estos trabajadores. Según la investigación de Wang et al., (2010), el hecho de implementar recursos para asegurar la correcta clasificación de residuos, es uno de los 6 factores críticos para ser eficaz en esta labor, por lo que, es primordial entregar una cantidad suficiente de contenedores o al menos bien organizados para evitar que los materiales sean contaminados con otros productos.

- **Empresas recicladoras** – La falta de empresas encargadas del reciclaje fue nombrada por 4 personas de categoría profesional, lo que indica que el 25% de los trabajadores (4 de 16 entrevistados) creen que es necesario que una empresa externa gestione la disposición final de los residuos. Este punto es relevante, dado que, la empresa puede capacitar a sus trabajadores y disponer de gran cantidad de contenedores pero si no existe alguien que responsablemente se haga cargo de los desechos y los elimine correctamente, todo el esfuerzo de la empresa sería en vano. En Puerto Montt, el reciclaje de materiales de construcción aún no se encuentra masificado y en caso de poder retirar el material desde la obra, solicitan un mínimo de volumen o peso considerable que implicaría tener un lugar amplio para almacenar los residuos y protegerlos de las condiciones climáticas, como por ejemplo, el almacenaje de papel y cartón, que en el sur de Chile se degrada rápidamente estando a la intemperie. Uno de los entrevistados indica que “la mayor dificultad es encontrar empresas que reciclan los materiales de construcción, eso es lo más complicado aquí en la región. Existen pocas empresas que realmente tengan interés en reciclar, al menos aquí en Puerto Montt. El hecho de separar los materiales es sencillo, aquí hay contenedores para acopio, hay una persona encargada del control de pérdidas, se hacen charlas a los trabajadores para que aprendan a reciclar, pero lo más difícil es que alguien se haga cargo de la disposición final de los residuos”. Existen materiales que, a pesar de tener la intención de reciclar como empresa, no fue posible encontrar quien se haga cargo de, por ejemplo, recortes de tubos de PVC eléctrico, PPR para agua potable, restos de planchas de yeso cartón o poliestireno expandido, que son de los principales desechos de las terminaciones en los edificios. Según el estudio de Wang et al. En 2010, un factor crítico para la clasificación de residuos es tener un mercado para los materiales reciclados que se extraigan de la obra para obtener beneficios económicos por reciclar. De lo contrario, no existe motivación para realizar la clasificación de materiales in situ. En apoyo a esta idea, Yuan et al. (2013) menciona las debilidades y dificultades que se

encuentran al momento de clasificar los residuos, indicando al igual que Wang et al, (2010), que el mercado de los materiales reciclables limitan las prácticas de valorización de los residuos.

5.3 Facilidades encontradas en el análisis

Las facilidades encontradas en este análisis fueron agrupadas en 3 categorías principales correspondientes a incentivos, control en obra y ubicación. A continuación se presenta un esquema resumen de las categorías correspondientes a las facilidades.

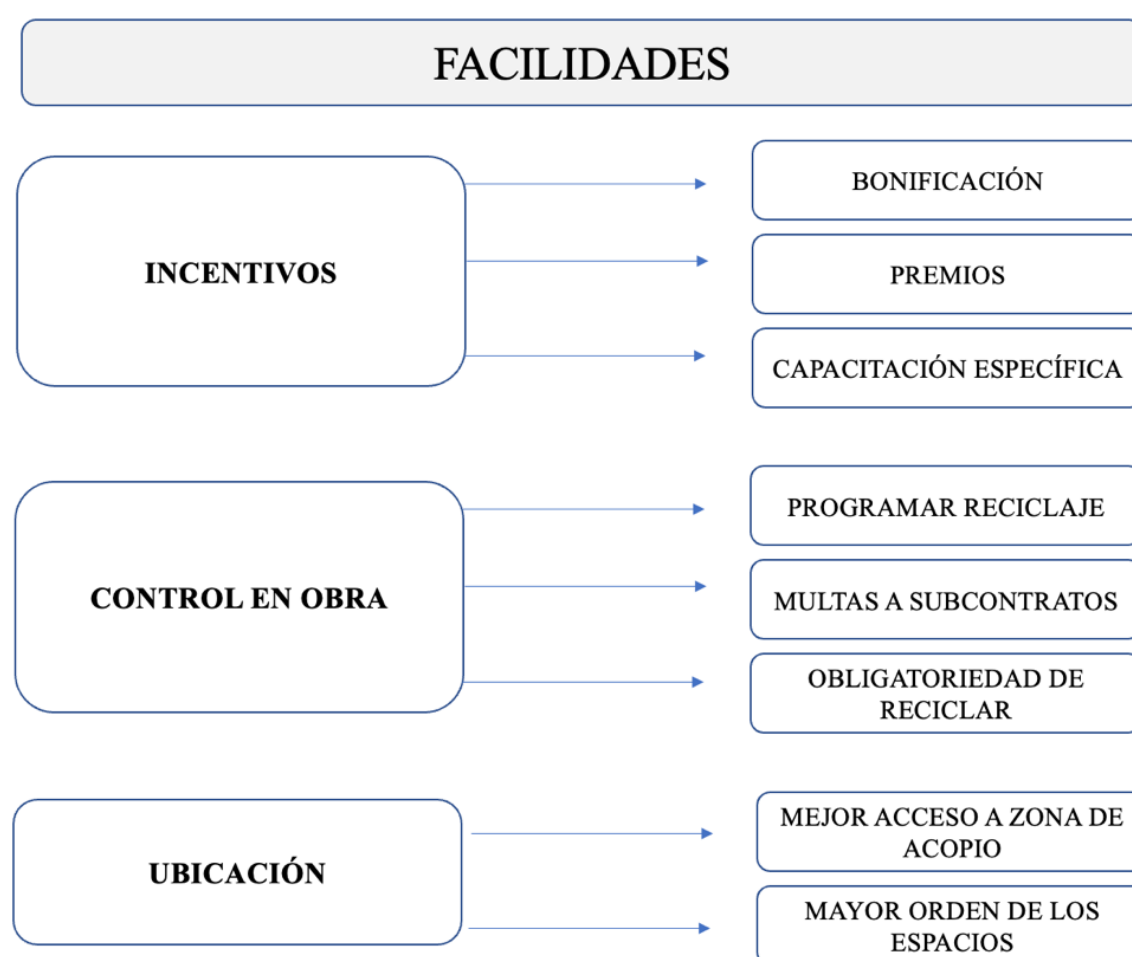


Figura 17. Esquema resumen de las facilidades encontradas en el análisis cualitativo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.1 Incentivos

- **Bonificación** - El incentivo de bonificación obtuvo un total de 6 repeticiones en 6 trabajadores, correspondiente a un 37,5% del total de entrevistados. La realidad de una bonificación por reciclar es poco práctica desde la mirada de la empresa, considerando que obtendrían grandes resultados en el ámbito medioambiental pero muy bajo desempeño laboral, debido a que los trabajadores probablemente preferirían ocupar su tiempo en separar y acopiar materiales para obtener la bonificación a final del mes, en lugar de cumplir con las tareas asignadas en tiempos previos al ofrecimiento del bono. Un entrevistado indica que “el incentivo más importante siempre es el dinero. Esa es la única forma en que la gente se motiva por algo desconocido, entonces creo que debiera existir un plan donde se organicen los residuos y se lleve un registro de cuánto ha reciclado cada trabajador, para que al final del mes se vea cuánto aportó cada uno al reciclaje y traducir eso en un beneficio económico”. La idea de este entrevistado es prometedora, sin embargo, se debería asignar a alguien la responsabilidad de llevar un control del reciclaje que lleva cada trabajador, lo que implica una nueva contratación de personal o asignar esta tarea extra a las labores diarias del personal de supervisión, lo que parece poco realista analizando la perspectiva de una empresa que debe cumplir con presupuestos y plazos. Otro entrevistado indica que “la única forma de incentivar a las personas es con plata. Aquí todas las personas trabajan por plata entonces se debe encontrar una forma de darles ese incentivo sin que dejen de hacer su trabajo principal”. Esta respuesta entrega la problemática de asignar un bono al reciclaje por el posible abandono de labores, por lo que, esta vía de incentivos es la menos probable que se realice en la obra. Un estudio de Chen et al. (2002) demuestra que la actitud de los trabajadores durante el proceso de construcción puede marcar una gran diferencia en la generación de residuos, mencionando que los trabajadores requieren recompensas tanto emocionales como económicas para mejorar la autodisciplina en el manejo de materiales y gestión de los residuos, por lo que, implementar beneficios económicos podría promover en gran medida el reciclaje en la obra.
- **Premios**— El incentivo de entregar premios para motivar a los trabajadores a ser más participativos en el plan de gestión de residuos obtuvo 9 repeticiones en 9 trabajadores, lo que corresponde al 56,2% del total de entrevistados. Dentro de todas las facilidades indicadas en este estudio, los premios por cumplir metas ocupan el segundo lugar de mayor frecuencia.

En obras anteriores, se realizaron premiaciones por una buena gestión de residuos y por cumplir con normativas de seguridad asociadas a la prevención de riesgos. La compra de estos premios se realiza con las ganancias de la venta de materiales sobrantes, como perfiles de acero galvanizado o acero de construcción. Los premios que se han utilizado para motivar a los trabajadores consisten en equipos electrónicos como audífonos de buena calidad o parlantes, zapatos de seguridad de calidad mayor a la que utilizan normalmente, entre otros. Un entrevistado indica lo siguiente: “yo creo que la forma más rápida de incentivar a alguien es darle algún premio o beneficio. No estoy de acuerdo con beneficios monetarios, pero sí con algún premio como lo hace el Departamento de Prevención, donde cada cierto tiempo elige un trabajador y lo premia por utilizar de forma prolongada correctamente todos sus EPP. Podríamos asignar un premio a la cuadrilla que más recicla, porque es difícil identificar a un solo trabajador que realice mejor este trabajo. Se puede evaluar quién mantiene más limpio y ordenado su sector llevando los residuos a la zona de reciclaje correspondiente y así identificar a un grupo de trabajadores para darles algún premio o incentivo”. Como indica este trabajador, es difícil identificar individualmente a las personas que mejor realizan las labores de recolección de materiales, pero una buena opción sería premiar a la cuadrilla completa, de este modo los trabajadores dentro de la cuadrilla que no hayan trabajado tanto en el reciclaje, pueden tener mayor motivación para el siguiente mes. Esto coincide con el estudio de Chen et al. (2002) que menciona que los trabajadores requieren recompensas tanto emocionales como económicas para mejorar la autodisciplina en el manejo de materiales y gestión de los residuos.

- **Capacitación específica** – Esta facilidad es la que obtuvo el resultado más alto de repeticiones, siendo mencionada por 15 personas en una muestra de 16 entrevistados. Una mayor capacitación a los trabajadores es la opción más factible y rápida de implementar dentro de la obra, considerando que no se necesitan recursos económicos para implementar capacitaciones, sino que solo se requiere de un tiempo breve dentro de la jornada laboral. La mejor forma de mejorar el reciclaje en obra es a través de la educación de las personas, considerando que se menciona en las entrevistas como mayor dificultad la falta de “cultura” en los trabajadores. La implementación de capacitaciones específicas en temática medioambiental y sobre el plan de gestión de residuos implica una organización previa entre la línea de mando, por lo que, la forma de interferir lo menos posible en las labores de los

trabajadores consiste en agregar esta temática en la charla matutina que tiene cada supervisor con sus trabajadores. Para esto, se debe capacitar a todos los supervisores para que ellos realicen correctamente el traspaso de información.

5.3.2 Control en obra

Dentro de esta categoría se encuentran 3 formas de llevar un mejor control en la gestión de residuos. Cabe destacar que esta categoría no obtuvo respuesta de personal no profesional.

- **Programar reciclaje** – La propuesta de programar el reciclaje fue mencionada por 1 entrevistado de la categoría profesional. Esto se refiere concretamente a definir horarios dentro de la jornada laboral para dedicarse exclusivamente a ordenar, separar materiales y acopiar en forma correcta en los contenedores que dispone la obra, sin embargo. Esta categoría se puede analizar desde dos miradas diferentes, siendo la primera la mirada medioambiental. Si se considera esta iniciativa desde aquel punto de vista, sería muy beneficioso al reducir los escombros que se desechan en rellenos sanitarios. Por otro lado desde la mirada de la empresa, no es conveniente tener a tantos trabajadores todos los días dedicados a esta labor aunque sea sólo una hora, porque interviene con el avance de la obra. El entrevistado indica que “(...) se podría programar el retiro de desechos, nosotros entre 12:30 y 14:00 hrs. tenemos que dejar de hacer ruido por el jardín de al lado, deberíamos a esa hora recopilar desechos en la losa y se deje esa hora para limpieza y acopiar los materiales en los contenedores porque es un horario de silencio, entonces no se puede trabajar tanto en ese horario. Adicionalmente, al final de la jornada, el personal debería limpiar y separar la basura.”. La idea de este trabajador es bastante prometedora, sin embargo, realizar esta labor todos los días y dos veces cada día, es excesivo. La propuesta se podría mejorar reduciendo esta labor a 2 o 3 días en la semana y sólo al final de la jornada.
- **Multas a subcontratos** – Este código fue mencionado por 2 trabajadores, que indicaron realizar multas a los contratistas para facilitar que cumplan con un mínimo de orden de sus materiales para que sean acopiados posteriormente. Esta multa en esta empresa sería una “no conformidad” y consiste en dar aviso al subcontrato sobre la infracción cometida, realizando

una evaluación económica sobre los costos de solucionar la infracción y posteriormente se cursa como un descuento en el estado de pago. En este caso, se realizaría una no conformidad por falta de orden y aseo, valorizando el tiempo de horas-hombre que tuvo que dedicar la empresa para limpiar los espacios que ensuciaron los contratistas. En este caso, se puede aplicar esta multa a todos los contratistas que desechen hojalaterías, perfiles para tabiquería, planchas de yeso cartón y madera en lugares indebidos, en lugar de dejar los materiales ordenados para que el personal de aseo de la empresa los reubique en los contenedores correspondientes. La idea puede funcionar en un principio para que los contratistas se hagan responsables de sus materiales, sin embargo, el hecho de realizar descuentos constantes por aseo generaría conflictos al momento de realizar los pagos. Según una investigación de Chen et al. (2002), los trabajadores necesitan de incentivos y sanciones para mejorar la autodisciplina en el manejo de materiales y la disminución de los residuos. Para este caso, el método de sancionar que se indica en la literatura mencionada, puede resultar conflictivo.

- **Obligatoriedad de reciclar** – La obligatoriedad de reciclar es mencionada por 3 personas de perfil profesional. Esta recomendación indica que todos los trabajadores de la obra, independiente de su área de desempeño, deben sumarse al plan de gestión de residuos. Es una idea factible, pero resultaría más fácil de implementar en trabajadores de la constructora, ya que, es más difícil solicitar esto a los subcontratos debido a que ellos generan ganancias en base al avance que tienen en terreno y no querrán ocupar tiempo en ordenar y separar sus materiales sobrantes porque asumen que hay otras personas encargadas de esta labor. Un entrevistado refiere “Yo creo que cada grupo de trabajadores debería encargarse de sus propios escombros, por ejemplo, que los carpinteros se preocupen de sus despuntes de maderas y que lleguen los restos realmente a la zona de acopio, para que no tenga que llegar un grupo de jornales a limpiar lo que ellos dejan.”. Esta propuesta de mejora sería ideal si se lograra que todos los trabajadores tomen consciencia sobre los beneficios medioambientales que generaría la idea mencionada anteriormente.

5.3.3 Ubicación

En esta categoría se clasifican 2 mejoras asociadas a la ubicación de los recursos necesarios para cumplir con el plan de gestión de residuos.

- **Mejor acceso a zona de acopio** – La idea de mejorar el acceso a la zona de acopio obtuvo 4 repeticiones por parte de los entrevistados y requiere del reordenamiento del punto limpio y la disposición de los contenedores en obra. Actualmente, los accesos al punto de acopio principal no se encuentran bloqueados pero sí puede considerarse que se encuentra lejano a algunos de los edificios (muchos contenedores fueron retirados de su posición inicial). Es por esto que se tienen contenedores en diversos puntos de la obra para asegurar un menor trayecto a realizar por los trabajadores (puntos limpios). Uno de los trabajadores refiere que “la forma de mejorar es educar a la gente con charlas enfocadas en pequeños grupos y colocar puntos limpios más cerca unos de otros, para que sea más fácil acceder a separar los residuos.”. Siguiendo esta misma línea, uno de los trabajadores encargados del aseo indica que “se deberían colocar más puntos de reciclaje, porque cuando se llena un contenedor, los maestros no van a caminar al contenedor vacío que les queda más lejos, probablemente van a seguir acopiando pero de forma más desordenada”. Según un estudio de Yu et al. (2021) los contratistas son reacios a llevar a cabo la clasificación de residuos en el sitio de construcción debido a las condiciones del mismo (congestión, espacio limitado), el período de construcción ajustado, la alta demanda de mano de obra, los costos de operación elevados y la falta de puntos de reciclaje.
- **Mayor orden de los espacios** – La propuesta de mejora sobre tener un mayor orden de los espacios fue referida por 2 entrevistados profesionales y está asociada a la excesiva acumulación de materiales en un mismo punto y el no respetar los etiquetados de los contenedores. Dentro de la obra, es posible observar contenedores etiquetados con un tipo de material y en su interior contienen plásticos de alimentos o desechos no reciclables, dándole un uso a ese contenedor como basurero. El orden de los espacios se encuentra asociado al manejo del supervisor de control de pérdidas, ya que, aquella persona programa la frecuencia de retiro de los materiales por parte de las empresas recicladoras y el retiro de escombros,

por lo que, se podría realizar una nueva distribución de los contenedores para asignar más espacio a los materiales que más se acopian, como es el caso de la madera y cartón. Según la investigación de Wang et al. (2010) sobre los factores críticos en la clasificación de residuos, es fundamental asegurar un sitio con suficiente espacio y destinado únicamente para la clasificación de los materiales.

En resumen, los códigos que obtuvieron la mayor participación respecto a las dificultades corresponden a Desinformación y Contenedores, indicando que las propuestas de mejoras para un proyecto futuro deben incluir un cambio en esta área, incorporando capacitaciones para mejorar el conocimiento de los trabajadores en todo nivel jerárquico y una mayor cantidad de contenedores disponibles para ejecutar el plan de gestión de residuos. Respecto a las facilidades, el código de Capacitación Específica obtuvo un 100% de participación de los entrevistados (Tabla 11), evidenciando una coincidencia con la mayor dificultad detectada (desinformación). En segundo lugar en el eje de facilidades, se encuentra el código Premios, indicando que es una iniciativa llamativa para incentivar a los trabajadores a adherirse a las propuestas medioambientales de la empresa.

5.4 Influencia del nivel educacional en el rubro

Al momento de realizar la tabla de resultados del análisis cualitativo de contenido, se decide separar a los trabajadores en 2 categorías, una son los profesionales y otra el personal no profesional en el área. El fin de realizar esta segregación, corresponde a identificar posibles diferencias en el nivel de conocimiento sobre el plan de gestión de residuos, las problemáticas presentes en la obra al ejecutar este plan y las facilidades que podrían aportar mejoras para un proyecto futuro. En base a los resultados obtenidos, los trabajadores profesionales tuvieron mayor cantidad de repeticiones en todos los códigos formulados a partir del análisis de las entrevistas, lo que indica un mayor entendimiento de las problemáticas de la obra respecto a la gestión de residuos. De este modo, es posible observar que la cantidad de información que proporcionaron los profesionales fue mayor a la de los no profesionales, ya que, estos últimos no mencionaron información respecto a 6 de los 14 códigos específicos (dificultades y facilidades), quedando esos puntos vacíos en la tabla de frecuencias de los resultados (Tabla 11). En contraste, los profesionales tienen repeticiones en todas las categorías de la misma tabla. En resumen, los resultados sugieren que existe una brecha respecto a la información asociada al nivel educacional de los trabajadores.

5.5 Recomendaciones de mejoras

Al realizar un análisis al funcionamiento del plan de gestión de residuos de esta obra, es posible conocer el desempeño real que tiene esta iniciativa, las problemáticas a las que se enfrentan los trabajadores, los cambios que fueron efectuados respecto al plan inicial, entre otros. Con esta información, se pueden realizar recomendaciones para su mejora en obras futuras y evitar repetir los mismos errores que desencadenaron el término de la gestión de residuos en esta obra. A continuación, se presenta un esquema de resumen de las propuestas para mejorar el plan de gestión de residuos (Figura 18).

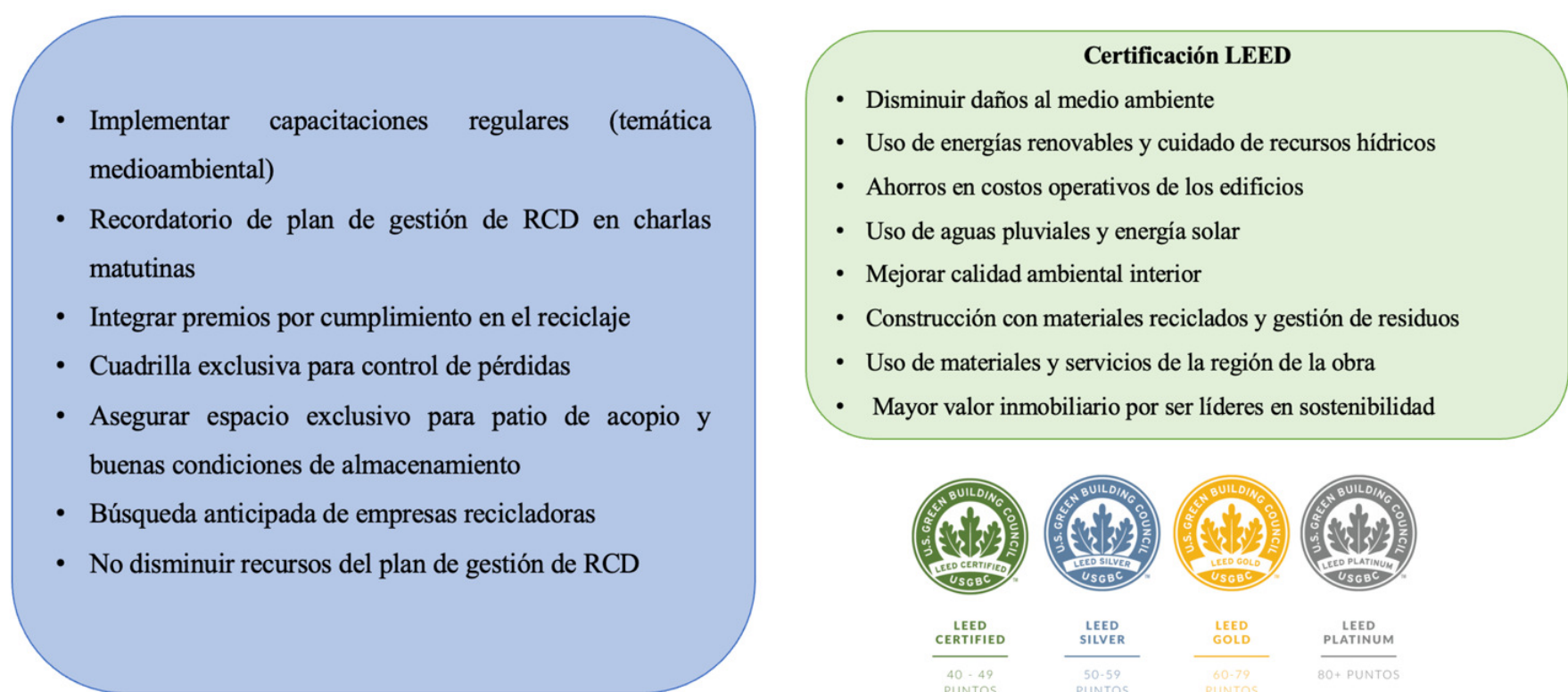


Figura 18. Propuestas de mejoras para obras futuras.

Fuente: Elaboración propia.

Los códigos que obtienen la mayor cantidad de repeticiones corresponden a la desinformación, contenedores, capacitación específica y premios. En el primer caso, los resultados cualitativos sugieren que existe una gran falta de conocimiento en términos medioambientales dentro del personal de la obra, sin embargo, los encuestados son conscientes sobre que falta mejorar este ámbito para tener mayor éxito en el plan de gestión de residuos. Esto coincide con un estudio realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico en 2017, identificando que el 60% de los profesionales

de la construcción no conoce leyes, reglamentos, normativas o manuales respecto a la gestión de residuos.

Para el caso de los contenedores, este código indica que existe la percepción por parte de los entrevistados de tener una cantidad insuficiente de estos elementos para poder ejecutar correctamente el plan de gestión de residuos. Para solucionar esta problemática, se recomienda mantener la cantidad inicial de contenedores que se consideraba en el plan “Recicla Sustentable”, que indica contar con 40 contenedores, pero se redujo a 25 unidades al momento de comenzar la obra.

Respecto a la capacitación específica, al igual que con la dificultad de desinformación, la forma de mejorar en obras futuras sería implementar charlas integrales con temática medioambiental con una frecuencia determinada no mayor a 2 meses entre una y otra, además de recordar los lineamientos del plan de gestión de residuos un día a la semana en la charla matutina que tienen los Supervisores con sus trabajadores. Los entrevistados sugieren que es mejor un enfoque de grupo restringido en vez de las charlas masivas, ya que, en grupos más acotados los oyentes prestan más atención (menor uso del celular). Finalmente, la facilidad mencionada en el código Premios es una buena opción según los encuestados, ya que, al menos en el ámbito de la prevención de riesgos, ha funcionado correctamente motivando al personal a usar sus elementos de protección personal para ganar algún premio. Uno de los factores críticos para la eficacia de la clasificación indicados por Wang et al. en 2010, es la implementación de mano de obra especializada para el reciclaje, por lo que se sugiere que en una obra futura se contrate personal para una cuadrilla dedicada completamente a las labores de separación y acopio de residuos. Como recomendación para obras futuras, se debe asegurar un espacio para el patio de acopio general y los puntos limpios, para evitar que sean eliminados o desplazados durante las fases de hormigonado de la obra gruesa. Otra dificultad que se debe abordar corresponde a la falta de empresas recicladoras, se debe buscar con anticipación las empresas interesadas en los materiales que valoriza la obra para coordinar el volumen y las condiciones mínimas de integridad de estos materiales para ser reciclados. Además, se debe respetar el plan de reciclaje acordado, evitando realizar disminuciones en los contenedores asignados a cada material y mantener el compromiso de los supervisores de reforzar esta iniciativa medioambiental en sus trabajadores. Respecto al plan de gestión de residuos inicial, se debe integrar un método de valorización para los materiales de la etapa de terminaciones, ya que, en esta obra se considera todo residuo de terminación como desecho para botadero.

De forma adicional, se integra como recomendación para una obra futura la incorporación de prácticas sostenibles y consideraciones del proyecto que permitan acceder a una certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Esta certificación es un sistema de clasificación creado por el U.S Green Building Council (USGBC) que acredota el diseño y construcción de edificios sostenibles. El objetivo de esta iniciativa es promover las prácticas de construcción que reduzcan el impacto ambiental de las edificaciones. Al acceder a esta certificación, los proyectos demuestran su compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad medioambiental, además de obtener beneficios en áreas como costos operativos para sus edificaciones, espacios saludables y productivos junto a un mayor valor inmobiliario. Para acceder a esta certificación se pueden incluir prácticas como sistemas de recolección de aguas pluviales y uso de energía solar con paneles fotovoltaicos, incorporación de termos para calefacción con uso de recursos hídricos y energías limpias, incluir la construcción con materiales reciclados y planes de gestión de residuos para todas sus etapas constructivas, incorporar una mejor ventilación de los espacios y mejorar el acceso a luz natural, entre otros. La certificación LEED cuenta con 4 categorías asociadas al puntaje asignado por las consideraciones del proyecto sostenible y consisten de menor a mayor complejidad en las siguientes: Certified, Silver, Gold y Platinum. Como propuesta de mejora para una obra futura, se puede considerar la compra de artefactos sanitarios de bajo consumo para tener un ahorro en el uso de agua, luminarias en áreas comunes con uso eficiente de energía eléctrica, la incorporación de paneles fotovoltaicos en cubiertas para uso de energías limpias, sistemas de recolección de aguas pluviales para riego y uso de sistemas solares térmicos (termos solares) para obtener agua caliente sanitaria, permitiendo éstos últimos, proporcionar entre un 50 y 70% del agua caliente demandada¹⁴.

¹⁴ Ministerio de Energía. (s.f). *¿Qué son los Sistemas Solares Térmicos?*.
<https://energia.gob.cl/educacion/que-son-los-sistemas-solares-termicos>

6. Conclusión

La industria de la construcción es uno de los grandes generadores de residuos sólidos a nivel mundial, llevando una estricta relación con el crecimiento y desarrollo de cada país. En Chile, este rubro aporta en gran medida a la economía, debido al movimiento financiero que genera por requerir la compra de materiales en grandes cantidades, contratación de mano de obra, arriendo y compra de maquinarias y equipos, entre otros. A pesar de los grandes beneficios que genera, también es uno de los rubros más contaminantes, siendo necesaria la implementación de planes de gestión de residuos en las empresas constructoras para disminuir el desperdicio de materiales. Actualmente, la normativa chilena es escasa en cuanto al manejo de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), ya que, sólo existe legislación vigente que entrega recomendaciones sobre cómo realizar un plan de gestión de residuos, leyes sobre mantener los espacios sin contaminación y libres de residuos, normativas que sancionan la disposición final de residuos en lugares indebidos, entre otros.

En este estudio se realiza un análisis al plan de gestión de residuos de una obra de construcción, quedando en evidencia que el plan de reciclaje inicial fue modificado y disminuido en cuanto a sus recursos, además de no contar con un método de valorización para los materiales de la etapa de terminaciones, la que corresponde a la etapa con mayor generación de desechos. En este estudio de caso, se logró cumplir con los objetivos indicados en la memoria, correspondientes a analizar aspectos normativos de la gestión de residuos de la construcción en Chile, analizar cualitativamente los resultados de las entrevistas e identificar las facilidades y dificultades en este plan de gestión para proponer mejoras para obras futuras. A partir del análisis cualitativo de contenido realizado a las entrevistas, la mayor dificultad percibida al momento de llevar a cabo las indicaciones del plan de gestión, corresponde a la desinformación de los trabajadores o como ellos mismos lo mencionaban, la existencia de una “falta de cultura del reciclaje”. La segunda dificultad con mayor incidencia en las entrevistas corresponde a la falta de contenedores para ejecutar correctamente el plan de reciclaje. En las facilidades, la mayor incidencia corresponde a la capacitación específica, demostrando que ayudaría en gran medida contar con más información medioambiental para generar consciencia en los trabajadores. En segundo lugar dentro de las facilidades, se encuentra el código de Premios, indicando que este beneficio incentivaría a los trabajadores a sumarse al plan de manejo de residuos de la empresa. Comparando los resultados obtenidos con la literatura mencionada en esta memoria, según una investigación de Chen et al. (2002), los trabajadores necesitan de incentivos y sanciones

para mejorar la autodisciplina en el manejo de materiales y la disminución de los residuos. La indicación de este autor coincide con la importancia de los incentivos para motivar a los trabajadores para generar un cambio, idealmente al entregar refuerzos positivos a los trabajadores (premios) en lugar de sanciones. Respecto a la desinformación, este resultado coincide con un estudio realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico en 2017, identificando que el 60% de los profesionales de la construcción no conocía leyes, reglamentos, normativas o manuales respecto a la gestión de residuos. A pesar que este estudio sólo evalúa a los profesionales del rubro, es un antecedente importante a considerar. Respecto al manejo de recursos dentro de la obra, como la cantidad de contenedores disponibles o la contratación de trabajadores para labores exclusivas de valorización de materiales, según la investigación de Wang et al. (2010), el hecho de implementar recursos para asegurar la correcta clasificación de residuos, es uno de los 6 factores críticos para ser eficaz en esta labor, por lo que, es primordial implementar todas las consideraciones necesarias para asegurar el éxito del manejo de residuos en obras futuras. Las mejoras que se proponen para esta empresa corresponden a implementar capacitaciones regulares con temática medioambiental, el reforzamiento de las indicaciones del plan de manejo de residuos, integrar premios a los trabajadores con mejor cumplimiento en la gestión de los materiales que se deseen valorizar, contratar una cuadrilla de trabajadores específicos para labores de reciclaje y no disminuir los recursos del plan, como fue el caso de los contenedores de los puntos limpios. Este estudio de caso contribuye al rubro de la construcción en el ámbito de la teoría aportando información primordial para identificar las principales barreras para llevar a cabo el manejo de residuos en la construcción, junto a las propuestas que indican los trabajadores para lograr una mejor ejecución de esta iniciativa medioambiental. Al llevar este estudio a la práctica, contribuye al permitir entender las consecuencias de las acciones tomadas en esta empresa al reducir los recursos de un plan de valorización, permitiendo que otras obras eviten tomar aquellas decisiones que afectarán el desempeño de un eventual plan de reciclaje. Como continuidad de esta memoria, se puede aplicar este análisis cualitativo de contenido a la etapa de terminaciones de otra obra, ya que, este estudio fue enfocado sólo en la etapa de obra gruesa e inicio de las primeras terminaciones de los edificios.

7. Referencias bibliográficas

- Bravo, J., Valderrama, C., Ossio, F. (2019). Cuantificación Económica de los Residuos de Construcción de una Edificación en Altura: Un Caso de Estudio. Información tecnológica, 30(2), 85-94. [https:// dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200085](https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200085)
- Cámara Chilena de la Construcción. (2022). Macroeconomía y Construcción. Mach 59.
- Cámara Chilena de la Construcción. Sello Compromiso PRO (2021). Disponible en <https://compromisopro.cl/home>
- Castaño, J. O., Misle Rodríguez, R., Lasso, L. A., Gómez Cabrera, A., & Ocampo, M. S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes. Tecnura, 17(38), 121-129.
- Castillo, E. y Ossio, F. (2012). Waste Construction Management in Social Housing Projects. 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture - PLEA2012. Lima, Peru.
- Chen, Z., Li, H., & Wong, C. T. (2002). An application of bar-code system for reducing construction wastes. Automation in Construction, 11(5), 521-533.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente-Gobierno de Chile. (2010). Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos En Chile Comisión Nacional del Medio Ambiente. Disponible en [http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/ C2050PRI2010.pdf](http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/C2050PRI2010.pdf)
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. (2019). La política europea en materia de economía circular. Disponible en https://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/2019/11/2_Pol%C3%ADtica-EC-en-la-UE.pdf
- Construye 2025. (2019). Hoja de Ruta RCD. Consulta Pública. Disponible en: <http://construye2025.cl/rcd/hoja-de-ruta/>
- Daza Caro, J. Comparación de tres normas legales sobre logística para disposición de los residuos de construcción y demolición (RCD), en España, Brasil, y Colombia.
- Decisión 20000/532/CE del 3 de mayo de 2000 (DOCE L226 de 06/09/00). Lista Europea de Residuos.
- Hacker, M. E., Kaminsky, J., Faust, K. M., and Rauch, S. (2020). “Regulatory Enforcement Approaches for Mass Population Displacement”. Journal of Construction Engineering and Management, 146(5).

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación (6th ed.). México eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Instituto Nacional de Normalización (2013). Aprueba y declara Norma Oficial de la República de Chile. Norma Técnica NCh 3322 - Colores de contenedores para identificar distintas fracciones de residuos.
- Instituto Nacional de Normalización (2019). Aprueba y declara Norma Oficial de la República de Chile. Norma Técnica NCh 3562 - Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) - Clasificación y directrices para el plan de gestión. Recuperado de www.diariooficial.cl
- Ministerio de Salud. (2003). Decreto 148. Aprueba Reglamento Sanitario Sobre manejo de Residuos Peligrosos.
- Ministerio de Salud. (2008). Decreto 189. Aprueba el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los rellenos sanitarios.
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. (2015). Ley N° 20879, Sanciona el Transporte de Desechos hacia Vertederos Clandestinos. Diario Oficial de la República de Chile. Santiago de Chile, 25 de noviembre de 2015.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Ley 20.920. Establece Marco para la Gestión de Residuos, la responsabilidad extendida del Productor y Fomento al Reciclaje. Disponible en: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1090894>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2021). Sexto Reporte de Estado del Medio Ambiente (Residuos), Gobierno de Chile.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (1994). Ley 19.300. Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Disponible en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>
- Namey, E., Guest, G., Thairu, L., and Johnson, L. (2008). "Data reduction techniques for large qualitative data sets". In Handbook for team-based qualitative research, 2(1), 137-161.
- Ossio, F., Molina-Ramírez, J., Larraín, H., y Schmitt, C. (2020). Políticas municipales estandarizadas para el manejo sustentable de residuos de construcción y demolición. En: Centro de Políticas Públicas UC (ed.) Propuestas para Chile. Concurso de Políticas Públicas 2019. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 289-317.
- Poon, C. S., Ann, T. W., & Ng, L. H. (2001). On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. Resources, conservation, and recycling, 32(2), 157-172.

- Rodríguez, G. A. R. (2021). Estudio de disposición a pagar para un manejo sustentable de Residuos de Construcción y Demolición en Chile. Tesis de magíster - UDP.
- Saldaña, J. (2013). *The Coding Manual for Qualitative Researchers* (2nd ed.). London: SAGE Publications Ltd.
- Vasquez, S., & Araya, F. (2022). Exploring Challenges to Implement an Integrated Urban Infrastructure Management Approach. In *Construction Research Congress 2022* (pp. 240-248).
- Vicencio, C. (2017). Propuesta de Modelo de Negocio para Empresa Asesora en Gestión de Residuos de Construcción, Chile. Memoria de título.
- Wang, J., Yuan, H., Kang, X., & Lu, W. (2010). Critical success factors for on-site sorting of construction waste: a China study. *Resources, conservation, and recycling*, 54(11), 931-936.
- Yang, Y., Ng, S. T., Xu, F. J., and Skitmore, M. (2018). “Towards sustainable and resilient high- density cities through better integration of infrastructure networks”. *Sustainable Cities and Society*, 42, 407–422.
- Yu, A. T., Wong, I., Wu, Z., & Poon, C. S. (2021). Strategies for effective waste reduction and management of building construction projects in highly urbanized cities—A case study of Hong Kong. *Buildings*, 11(5), 214.
- Yuan, H., Lu, W., & Hao, J. J. (2013). The evolution of construction waste sorting on-site. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 483-490.