



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

# **PROPONER GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS ORIENTADAS A MINIMIZAR RESIDUOS SÓLIDOS LLEVADOS A BOTADERO EN EDIFICACIÓN EN ALTURA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

MAURICIO ANDRÉS LEAL VALENZUELA

PROFESORA GUÍA:  
MARÍA DEL PILAR GALLEGO YÁÑEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
JORGE PULGAR ALLENDES  
FERNANDA AGUILERA PACHECO

SANTIAGO DE CHILE

2020

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE:** Ingeniero Civil

POR: Mauricio Andrés Leal Valenzuela

FECHA: 23 de marzo de 2020

PROFESORA GUIA: María del Pilar Gallego Yáñez

**PROPONER GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS ORIENTADAS A  
MINIMIZAR RESIDUOS SÓLIDOS LLEVADOS A BOTADERO EN  
EDIFICACIÓN EN ALTURA**

El crecimiento poblacional es un problema al que se ven enfrentadas todas las grandes ciudades del mundo. Santiago de Chile no es la excepción. Este crecimiento trae consigo la necesidad de infraestructura que proporcione a la población un lugar para vivir y desarrollar sus actividades. Para atender a estas necesidades, la industria de la construcción se encuentra en constante crecimiento.

En la materialización de una edificación se consumen grandes cantidades de recursos y, como consecuencia, se generan grandes cantidades de residuos sólidos que, sin el adecuado manejo, son finalmente llevados a botadero. Esto ocurre debido a falencias en las distintas etapas, desde el diseño arquitectónico y estructural, la elección de materiales, la relación con proveedores, la ejecución de las tareas en obra y la gestión del elemento resultante como desecho.

El objetivo de esta memoria es generar una guía de buenas prácticas de gestión de residuos, orientada a minimizar el volumen de los residuos llevados a botadero en edificación en altura.

A lo largo de este trabajo se identifica la situación actual en torno a la clasificación y el manejo de residuos de construcción, en Chile y el extranjero. Se estudia un grupo de seis obras de edificación en altura de la constructora EBCO S.A. en Santiago de Chile, en las que se hace un seguimiento al volumen de escombros llevados a botadero y se identifican las medidas aplicadas en cuanto a gestión de residuos. Se presenta una serie de alternativas categorizadas según la jerarquía de gestión de residuos: prevenir, reutilizar y reciclar. Se analizan algunas de las acciones propuestas, identificando las dificultades para su ejecución y evaluando su impacto económico y ambiental.

El resultado del trabajo se resume en una tabla indicando los distintos tipos de residuos, las actividades en que se generan y las alternativas de gestión propuestas. A partir de esta se propone finalmente la guía de buenas prácticas aplicables, con los debidos ajustes, a cualquier proceso de características similares en el área de edificación.

# TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .	i
TABLA DE CONTENIDO	ii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	vi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivo General</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos Específicos</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Metodología</b>	<b>2</b>
1.3.1. Revisión bibliográfica	2
1.3.2. Caracterización de residuos	2
1.3.3. Gestión de residuos	2
1.3.4. Análisis de prácticas	2
1.3.5. Generación de guía de buenas prácticas	2
<b>2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Restricciones legales, normativas e iniciativas gubernamentales</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Residuos y gestión</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Valorización</b>	<b>14</b>
<b>3. CARACTERIZACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	<b>23</b>
<b>3.1. Clasificación de Residuos</b>	<b>23</b>
3.1.1. Residuos peligrosos	23
3.1.2. Residuos no peligrosos	25
<b>3.2. Ejemplos de Gestión de Residuos</b>	<b>26</b>
<b>3.3. Obras estudiadas</b>	<b>28</b>
<b>4. PREVENCIÓN</b>	<b>43</b>
<b>4.1. Prevención en etapa de diseño</b>	<b>43</b>
<b>4.2. Prevención en etapa de construcción</b>	<b>44</b>

4.2.1.	Optimización de faenas constructivas .....	44
4.2.2.	Adquisición de materiales pre-dimensionados .....	48
4.2.3.	Control de flujo de materiales en obra.....	52
5.	REUTILIZACIÓN.....	53
5.1.	Reutilización interna .....	53
5.2.	Reutilización externa .....	58
6.	RECICLAJE .....	61
7.	ANÁLISIS DE PRÁCTICAS .....	65
7.1.	Generación de escombros en obras estudiadas .....	65
7.2.	Reciclaje en obras estudiadas .....	73
7.3.	Reutilización de cartón .....	75
7.4.	Reutilización de placas fenólicas .....	76
7.5.	Reutilización de sacos .....	77
7.6.	Reciclaje de Poliestireno (PS) .....	78
7.7.	Pre-dimensionamiento de cerámicas .....	79
7.8.	Pre-dimensionamiento de tabique de volcometal .....	80
7.9.	Costo total del programa .....	82
8.	GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS.....	83
9.	CONCLUSIONES.....	87
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	90
11.	ANEXOS .....	93
	Anexo A - Ficha Técnica N° 000 Guía de Buenas Prácticas .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Metas de recolección y valorización de envases y embalajes no domiciliarios. <b>Fuente: MMA, 2019.</b> .....	8
Tabla 2.2. Clasificación de residuos de construcción. <b>Fuente: Ramos, 2017.</b> .....	11
Tabla 2.3. Generación de RCD en Brasil, 2005. <b>Fuente: Vázquez, 2013.</b> .....	15
Tabla 2.4. Producción de RCD en Alemania, campos de aplicación e índice de reciclaje. <b>Fuente: Vázquez, 2013.</b> .....	16
Tabla 3.1. Distribución de RCD. <b>Fuente: adaptado de RCDA, 2018.</b> .....	27
Tabla 3.2. Características generales de obras a estudiar. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	28
Tabla 3.3. Registro de retiro de escombros, Obra A. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	30
Tabla 3.4. Registro de retiro de escombros, Obra B. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	32
Tabla 3.5. Registro de retiro de escombros, Obra C. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	34
Tabla 3.6. Registro de retiro de escombros, Obra D. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	37
Tabla 3.7. Registro de retiro de escombros, Obra E. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	39
Tabla 3.8. Registro de retiro de escombros, Obra F. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	41
Tabla 6.1 Ejemplos de empresas recicladoras y tipos de plásticos procesados en la Región Metropolitana. <b>Fuente: MMA, 2012.</b> .....	64
Tabla 7.1. Promedio de volumen de generación mensual de escombros por metro cuadrado total a construir [ $m^3/m^2/mes$ ], según obras estudiadas. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	65
Tabla 7.2. Proyección de generación de escombros en los cinco meses estimados a término de la Obra A. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	66
Tabla 7.3. Proyección de generación de escombros en un mes restante estimado a término de la Obra B. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	67
Tabla 7.4. Proyección de generación de escombros en once meses restantes estimados a término de la Obra C. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	68
Tabla 7.5. Proyección de generación de escombros en catorce meses restantes estimados a término de la Obra D. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	70
Tabla 7.6. Proyección de generación de escombros en cuatro meses restantes estimados a término de la Obra E. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	71
Tabla 7.7. Proyección de generación de escombros en nueve meses restantes estimados a término de la Obra F. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	72
Tabla 7.8. Registro de retiro de reciclaje, Obra A. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	73

Tabla 7.9. Registro de retiro de reciclaje, Obra B. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	73
Tabla 7.10. Registro de retiro de reciclaje, Obra C. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	73
Tabla 7.11. Registro de retiro de reciclaje, Obra D. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	74
Tabla 7.12. Registro de retiro de reciclaje, Obra E. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	74
Tabla 7.13. Registro de retiro de reciclaje, Obra F. <b>Fuente: EBCO S.A.</b> .....	74
Tabla 7.14. Ahorro asociado al plan de reciclaje. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	75
Tabla 7.15. Superficies a proteger con cartón. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	76
Tabla 7.16. Evaluación de reutilización de cartón para protección de piso flotante y tinajas. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	76
Tabla 7.17. Evaluación reutilización de placas fenólicas para estructura de cubierta de techo. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	77
Tabla 7.18. Evaluación de reutilización de sacos de rafia. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	78
Tabla 7.19. Evaluación de reciclaje de PS. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	78
Tabla 7.20. Análisis de cerámicas pre-dimensionadas. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	80
Tabla 7.21. Análisis de pérdida de montantes de tabiques. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	81
Tabla 7.22. Análisis de pérdida de yeso-cartón de tabiques. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	81
Tabla 7.23. Evaluación de pre-dimensionamiento de tabiques. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	81
Tabla 7.24. Evaluación de implementar todas las alternativas estudiadas. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	82
Tabla 8.1. Resumen de materiales, usos en construcción y propuestas de gestión de residuos.....	83

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1. Representación del paso de economía lineal a economía circular. <b>Fuente: MMA, 2016.</b> .....	6
Ilustración 2.2. Jerarquía en el manejo de residuos. <b>Fuente: MMA, 2016.</b> .....	8
Ilustración 2.3. Esquematización de costo asociados a RESCON. <b>Fuente: Aguirre y Latorre (2004)</b> .....	11
Ilustración 2.4. Importancia porcentual de RESCON en el global de residuos sólidos en Chile. <b>Fuente: Minvu, 2018.</b> .....	13
Ilustración 2.5. Esquema de fabricación de papel a partir de fibras secundarias. <b>Fuente: Espinal, 2016.</b> .....	17
Ilustración 2.6. Proceso de fabricación de tableros de madera artificial. <b>Fuente: Reyes, 2018.</b> .....	18
Ilustración 2.7. Roca de bauxita. <b>Fuente: mineralenlinea.com</b> .....	19
Ilustración 2.8. Esquema de fabricación de acero a partir de chatarra. <b>Fuente: Silva y Bravo, 2004.</b> .....	20
Ilustración 2.9. Gránulos y escamas resultantes de proceso de reciclaje de plásticos. <b>Fuente: Nones, 2019.</b> .....	21
Ilustración 3.1. Bodega modelo BRP2 para almacenaje de materiales peligrosos. <b>Fuente: EBCO S.A.</b> .....	24
Ilustración 3.2. Acopio de residuos peligrosos. <b>Fuente: EBCO S.A.</b> .....	24
Ilustración 3.3. Punto limpio constructora CVV. <b>Fuente: Constructora CVV, 2018.</b> .....	26
Ilustración 3.4. Sector de acopio Axis Desarrollos Constructivos. <b>Fuente: Axis Desarrollos Constructivos, 2018.</b> .....	27
Ilustración 3.5. Acopio de escombro siendo vaciado por cargador frontal, Obra A. ....	29
Ilustración 3.6. Registro de retiro de escombros, Obra A. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	30
Ilustración 3.7. Registro de retiro de escombro, Obra B. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	32
Ilustración 3.8. Acopio de cartón, Obra B. ....	33
Ilustración 3.9. Ducto de bajada de escombros, Obra C. ....	34
Ilustración 3.10. Registro de retiro de escombro, Obra C. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	35
Ilustración 3.11. Acopio de PET, tapas y cartón, Obra C. ....	36
Ilustración 3.12. Contenedores de latas y aluminio sin los colores adecuados, Obra C. ....	36
Ilustración 3.13. Registro de retiro de escombro, Obra D. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	37
Ilustración 3.14. Ejemplo de capacho para escombro. <b>Fuente: emaresa.cl</b> .....	38
Ilustración 3.15. Registro de retiro de escombro, Obra E. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	39
Ilustración 3.16. Acopio de plásticos en punto limpio de Obra E. ....	40
Ilustración 3.17. Registro de retiro de escombro, Obra F. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	41
Ilustración 3.18. Punto limpio Obra F. ....	42
Ilustración 4.1. Escalera prefabricada en instalación, aún con ganchos de izaje, Obra A. ....	44
Ilustración 4.2. Ejemplo de muro con escurrimiento de lechada ya endurecida, Obra C. ....	45

Ilustración 4.3. Material absorbente remanente en encuentro de muro y losa, Obra A.....	45
Ilustración 4.4. Placa fenólica descartada por mal estado, Obra A. ....	46
Ilustración 4.5. Trabajador doblando barras de refuerzo en taller de enfierradura, Obra C.....	47
Ilustración 4.6. Ejemplo de patrones para problema de corte unidimensional. <b>Fuente: Castro, 2010.</b> .....	48
Ilustración 4.7. Paño de cerámica en muro de baño, Obra A. ....	49
Ilustración 4.8. Mueble de cocina prefabricado, listo para su instalación, Obra A.....	50
Ilustración 4.9. Tableros predimensionados para estantería de closet, Obra A. ....	50
Ilustración 4.10. Tabique cortado para ajuste a altura de piso, Obra A.....	51
Ilustración 4.11. Excedente de perfiles metálicos acopiado para reciclaje, Obra A.....	52
Ilustración 5.1. Tinetas usadas para traslado de herramientas y materiales, Obra A. ....	53
Ilustración 5.2. Cuñete reutilizado como contenedor de basura, Obra A. ....	54
Ilustración 5.3. Sector de acopio de cartón, confeccionado con pallets de madera reutilizados, Obra A.....	54
Ilustración 5.4. Reúso de placa fenólica como refuerzo de tabique, Obra A. ....	55
Ilustración 5.5. Reúso de placa fenólica para soporte de señalética, Obra A. ....	55
Ilustración 5.6. Cajas de cartón reutilizadas para protección del piso fotolaminado, Obra A.....	56
Ilustración 5.7. Sacos de rafia reutilizados para acopio de escombros en altura, Obra A.....	56
Ilustración 5.8. Saco de material compuesto, Obra A. ....	57
Ilustración 5.9. Tubería de PVC adaptada para sujeción temporal de cables, Obra A.....	57
Ilustración 5.10. Tubería adaptada para soporte permanente de ducto de descarga de WC, Obra A.....	57
Ilustración 5.11. Ejemplo de uso de tinetas para elaborar compostadora casera. <b>Fuente: ecoinventos.com</b> .....	58
Ilustración 5.12. Ejemplo de posa pies elaborado a partir de una tineta. <b>Fuente: estabueno.com.ar</b> .....	58
Ilustración 5.13. Ejemplo de lámpara elaborada a partir de una tinera. <b>Fuente: estabueno.com.ar</b> .....	58
Ilustración 5.14. Ejemplos de muebles y decoración elaboradas a base de pallets reutilizados. <b>Fuente: reciclacion.cl</b> .....	59
Ilustración 5.15. Mostrador de evento elaborado en base a pallets. <b>Fuente: donpallets.cl</b> .....	59
Ilustración 5.16. Cubierta de cocina de granito con perforaciones para lavaplatos y encimera, Obra A. ....	60
Ilustración 5.17. Restos de granito de cubierta de cocina acopiados informalmente, Obra A.....	60
Ilustración 5.18. Ejemplo de platos artesanales de granito. <b>Fuente: chileamano.com</b> .....	60
Ilustración 6.1. Barrera de seguridad elaborada con madera pintada, Obra A.....	62
Ilustración 6.2. Cómo identificar una botella de PET. <b>Fuente: recipet.cl</b> .....	62
Ilustración 6.3. Ejemplos de bidones de PEAD. <b>Fuente: resimport.com</b> .....	63
Ilustración 6.4. Ejemplos de uso de PEBD. <b>Fuente: asipla.cl</b> .....	63



Ilustración 7.1. Proyección de generación de escombros en los cinco meses estimados a término de la Obra A. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	66
Ilustración 7.2. Proyección de generación de escombros en un mes restante estimado a término de la Obra B. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	68
Ilustración 7.3. Proyección de generación de escombros en once meses restantes estimados a término de la Obra C. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	69
Ilustración 7.4. Proyección de generación de escombros en catorce meses restantes estimados a término de la Obra D. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	69
Ilustración 7.5. Proyección de generación de escombros en cuatro meses restantes estimados a término de la Obra E. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	71
Ilustración 7.6. Proyección de generación de escombros en nueve meses restantes estimados a término de la Obra F. <b>Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	72
Ilustración 9.1. Resumen para seguimiento de meta de generación de escombros. <b>Fuente: Elaboración propia en base a EBCO S.A.</b> .....	88

# 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional es un problema al que se ven enfrentadas todas las grandes ciudades del mundo. Santiago de Chile no es la excepción. En los últimos años la población ha aumentado sostenidamente. Según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2018), se estima que la población de la ciudad de Santiago aumente de los 5,6 millones de habitantes existentes en 2017 a 6,4 millones de personas en el año 2050.

Este incremento demográfico trae consigo la necesidad de infraestructura que proporcione a la población un lugar para vivir y desarrollar sus actividades. Para atender a estas necesidades, la industria de la construcción se encuentra en constante crecimiento. Según la Cámara Chilena de la Construcción (CChC, 2018) en su informe Macroeconomía y Construcción (MACH), durante 2018 se experimentó un alza del 4% de la inversión en construcción, esperándose un crecimiento de 4,6% para 2019.

En los distintos procesos de la construcción se consumen, directamente, grandes cantidades de materiales, como por ejemplo hormigón, acero y madera en obra gruesa, yeso, cerámica y pintura en terminaciones, además de los envases y embalajes asociados. Las imperfecciones del diseño y errores en la manipulación llevan a la generación de alrededor de 600 mil toneladas al año de residuos de construcción (RESCON), sólo en la Región Metropolitana, como resultado de las diversas actividades asociadas a la edificación (Ramos, 2017). Estos corresponden al 34% del total de residuos sólidos generados en Chile (MINVU, 2018).

La motivación de este trabajo es aportar a la reducción en el impacto ambiental de la construcción de edificios, a través de una guía de buenas prácticas que considere medidas enfocadas a minimizar los residuos sólidos resultantes de las faenas constructivas, excluyendo demolición y excavación. Esto enmarcado y apoyado por el interés de la constructora EBCO S.A., que busca incorporar prácticas sustentables en sus actividades. Para conseguirlo, se analizarán los principales procesos que llevan a la generación de RESCON a partir de información recogida en seis (6) obras, con distintos niveles de avance, de la constructora EBCO en Santiago de Chile. Se considerará desde la etapa de adquisición del material, su utilización en obra y la gestión del residuo producido. Finalmente, se espera evaluar el impacto de algunas de las prácticas a nivel económico y ambiental, en relación a los costos asociados a retiro y disposición de residuos, el volumen de desecho que se dejaría de contaminar y posibles externalidades positivas.

## 1.1. Objetivo General

Proponer Guía de Buenas Prácticas orientadas a minimizar el volumen de residuos llevados a botadero en seis (6) construcciones de edificios habitacionales en altura, en Santiago de Chile.

## 1.2. Objetivos Específicos

1. Identificar y cuantificar los residuos producidos por las obras y los procesos en que se generan.
2. Estudiar prácticas de gestión de residuos que se llevan a cabo en obras reales.

3. Analizar impacto económico y ambiental de las prácticas presentadas.
4. Proponer guía de buenas prácticas para la reducción de residuos, considerando acciones desde la relación con proveedores hasta la utilización del material en obra y la valorización del recurso resultante como desecho.

### **1.3. Metodología**

#### **1.3.1. Revisión bibliográfica**

Estudiar normativa, legislación e iniciativas gubernamentales relativas a gestión de residuos. Conocer la situación actual sobre manejo de residuos de construcción, a partir de ejemplos en Chile y el extranjero. Investigar qué escombros y desechos se producen en la construcción de un edificio y la tecnología existente para su tratamiento.

#### **1.3.2. Caracterización de residuos**

Clasificar los distintos tipos de residuos producidos, reconociendo las actividades en que estos se generan.

Presentar los resultados sobre el manejo de residuos en constructoras chilenas y la situación actual en seis (6) obras vigentes de edificación habitacional en altura de la constructora EBCO, en la Santiago de Chile, con el fin de conocer la situación inicial respecto a la que medir el impacto de las acciones implementadas.

Coordinar visitas a las distintas obras para conocer las características específicas de cada una y sus prácticas actuales de gestión de residuos, que se tendrán en cuenta en la elaboración de la guía de buenas prácticas.

#### **1.3.3. Gestión de residuos**

Una vez determinada la composición de los desechos, estudiar las opciones de reducción y su potencial de reutilización o reciclaje, identificando las tareas en que es generado cada tipo de residuos. Además de la conveniencia de hacerlo, ya sea por impacto, costo o facilidad, estableciendo relaciones con gestores de residuos o instituciones que hagan uso de los distintos materiales como insumo.

#### **1.3.4. Análisis de prácticas**

Estudiar algunas de las prácticas observadas o propuestas, determinando el impacto económico y ambiental de su implementación, en términos de costos para la obra y volumen de residuos asociados.

#### **1.3.5. Generación de guía de buenas prácticas**

En base a los resultados de los pasos anteriores, elaborar guía de buenas prácticas de gestión de residuos aplicables, con los debidos ajustes, a cualquier proceso de características similares en el área de edificación.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presenta la revisión de información disponible relativa al manejo de residuos sólidos de construcción. Entre las fuentes consultadas destacan trabajos de titulación, revistas, manuales, guías, leyes y normas.

Con el trabajo desarrollado en este capítulo se busca estudiar las restricciones legales y normativas, además de campañas gubernamentales orientadas a una construcción más responsable con el medio ambiente, conocer la situación actual de la industria en cuanto a la gestión de residuos y aprender de investigaciones sobre el tema o de iniciativas impulsadas por privados, ya sea constructoras, recicladores u otros. Esto para tener un marco de referencia que sirva de guía y respaldo a los procedimientos a proponer y evaluar.

### 2.1. Restricciones legales, normativas e iniciativas gubernamentales

El primer tema estudiado en torno al manejo de residuos de construcción es el relativo a restricciones legales y normativas atinentes, además de las iniciativas gubernamentales orientadas a concientizar y mitigar el impacto de estos.

La preocupación por temas medioambientales en Chile es relativamente reciente. En la **Ordenanza General de Urbanismo y Construcción**, publicada en 1992 por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se dejan ver las primeras nociones de preocupación por controlar el impacto ambiental del sector de la construcción. Si bien su aplicación es estricta, en cuanto a la preocupación medioambiental sólo plantea medidas básicas, como lo relativo al aseo del espacio público, emisiones de polvo y disposición de escombros o desechos de demolición exclusivamente en lugares autorizados.

Posteriormente, en 1994, es publicada la **Ley N°19.300 “Sobre bases generales del Medio Ambiente”**, en la que se establece un marco general para el derecho de vivir en un ambiente libre de contaminación y genera el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), un instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo con que se determina, antes de la ejecución, si un proyecto cumple la legislación vigente y lo responsabiliza del potencial daño que este pueda hacer al medio ambiente. Para lograrlo, se vale a su vez de otros instrumentos, como:

- Declaración de Impacto Ambiental (DIA), documento entregado bajo juramento, donde se describe la actividad o proyecto que se pretende realizar, para evaluación del organismo competente. No incluye, necesariamente, la incorporación de medidas de mitigación.
- Estudio de Impacto Ambiental (EIA), documento donde se describe detalladamente la actividad o proyecto que se pretende realizar, proporcionando antecedentes para la predicción, medición e interpretación de su impacto ambiental, así como de las medidas a tomar para mitigar sus efectos adversos.

Entre los tipos de proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, que debe someterse al SEIA, destacan embalses, centrales generadoras de energía, proyectos inmobiliarios de gran magnitud, aeropuertos, proyectos mineros, instalaciones fabriles, agroindustrias, proyectos forestales y obras en parques nacionales.

Para este trabajo resulta de interés lo relativo a proyectos inmobiliarios, el artículo 10 de la Ley N°19.300 (1994) establece que deberán someterse al SEIA, mediante DIA

o EIA, según corresponda, obras a ejecutarse en zonas declaradas como **latentes o saturadas** de un determinado contaminante. Entendiendo como **zona latente**, aquella en que la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo esté entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental, y como **zona saturada** aquella en que ya se encuentra sobrepasado el límite de calidad ambiental normado. Mientras que el artículo 11 especifica el requerimiento de un EIA para los proyectos que: presentan riesgos para la salud de la población; afectan la cantidad y calidad de recursos naturales renovables; signifiquen reasentamiento de comunidades humanas o alteraciones significativas a su forma de vida; se ubican próximos a poblaciones, recursos o áreas protegidas; alteren significativamente el valor paisajístico o turístico de una zona; o alteren monumentos o sitios con valor arqueológico, cultura o histórico.

Años más tarde, en 2012, se promulga el **Decreto 40**, que “Aprueba reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental” y busca actualizar lo establecido en la Ley N° 19.300. En cuanto a proyectos inmobiliarios, se suman a la obligación de hacer la DIA aquellos proyectos de desarrollo urbano que contemplen obras de urbanización y edificación de conjuntos habitacionales de más de 80 viviendas en zonas rurales, o 160 viviendas en zonas con límite urbano. Además de los proyectos en zona *latente* o *saturada* emplazados en áreas urbanizables, o en superficies mayores a 7 hectáreas, de más de 300 viviendas, edificios públicos con capacidad igual o superior a cinco mil personas, o más de 1000 estacionamientos.

Mientras, a nivel internacional, tal como lo plantea Leyton (2017), a partir de la década de los '70 surge en los países desarrollados el concepto de *Producción Limpia* (PL), en respuesta a los crecientes costos asociados al tratamiento de residuos, que se entiende como una estrategia de gestión ambiental, enfocada en generar medidas para detener la contaminación antes de que se produzca, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental.

Su aplicación se formaliza en Chile, a través de la **Política de Fomento a la Producción Limpia**, impulsada por el Ministerio de Economía y publicada en 1998, que tiene como propósito “catalizar, incentivar y facilitar el aumento de la competitividad y el desempeño ambiental de las empresas, apoyando el desarrollo de la gestión ambiental preventiva para generar procesos de producción más limpios” (Ministerio de Economía, 1998, p.1).

Esta política se traduce en un plan de acción de cuatro años (1997-2000), con cuatro principales lineamientos:

- Integrar, adaptar y desarrollar instrumentos de fomento de PL.
- Impulsar la cooperación para el fomento de PL, favoreciendo la emergencia de empresas experimentadas.
- Fortalecer la infraestructura tecnológica y de información, a través de la difusión de metodologías estandarizadas, campañas de sensibilización, programas de capacitación.
- Fortalecer la gestión y coordinación pública en el fomento de la PL, integrando objetivos y metas de PL en programas de fomento productivo y de infraestructura.

La implementación de la política se caracteriza por su enfoque flexible, permitiendo su integración con programas existentes, incentivando el permanente diálogo público-

privado y generando un cambio de sensibilidad social y cultural orientado a introducir prácticas preventivas de gestión ambiental en las actividades cotidianas.

En esta se presentan dos dimensiones, en inicio contrapuestas. La primera asociada a la preocupación por recuperar la calidad ambiental y prevenir la contaminación, que podría afectar directamente al sector productivo. La segunda apunta a incrementar la competitividad del sistema productivo, mediante la innovación tecnológica y capacitación permanente de la fuerza de trabajo, con las consecuencias ambientales que conlleva.

La experiencia internacional demuestra la posible integración favorable de ambas dimensiones, “a través de la incorporación de criterios de gestión ambiental preventiva en las empresas, orientados a incrementar su eficiencia y reducir los niveles de emisión y/o descarga, de modo de cumplir con las normas e incluso reducir la generación de contaminantes más allá de lo indicado por éstas.” (Ministerio de Economía, 1998, p.6)

Para gestar los primeros lineamientos de esta política en Chile se creó, en 1997, el *Comité Público-Privado de Producción Limpia*, cuyo principal instrumento son los *Acuerdos de Producción Limpia*, de ahora en adelante APL (ASCC, 2012).

En el año 2000, se publica el **APL, Sector de la Construcción, Región Metropolitana**, al que se suscribieron 51 empresas, entre ellas 16 constructoras, como por ejemplo la Constructora Baquedano, donde se identifican tres principales focos de acción: contaminación atmosférica, manejo de residuos sólidos y control de ruido.

Las metas referentes al manejo de residuos sólidos son:

- Implementar un sistema de segregación, almacenamiento transitorio al interior de las obras y posterior transporte al lugar de destino final.
- Disponer los residuos peligrosos en rellenos de seguridad y/o entrega a plantas de tratamiento y/o devolución a los proveedores y los residuos inertes en lugares de disposición autorizados y específicamente para dicho efecto.
- Promover la reducción de la generación de residuos sólidos.
- Promover la creación de mercados de reciclaje y de recuperación de residuos de construcción.

Con el propósito de alcanzar las metas establecidas, quienes se suscriban al acuerdo deben ejecutar una serie de acciones definidas para cada uno de los objetivos. Al ser de carácter voluntario, el no cumplimiento de dichas acciones no tiene grandes consecuencias, sólo significa la inhibición del uso del acuerdo como mecanismo de promoción por parte de la empresa.

Al año 2009 se evidenció que las constructoras suscritas pasaron de no cumplir la normativa ambiental vigente a entender el cumplimiento del acuerdo como una herramienta para aumentar la rentabilidad y competitividad del rubro, detectando los malos manejos de recursos.

Para potenciar la implementación de los APL, se desarrolla una serie de Normas Chilenas Oficiales que encausan su desarrollo, implementación y certificación del cumplimiento:

- NCh2796-Of2003: Acuerdos de Producción Limpia (APL) – Vocabulario.
- NCh2797-Of2009: Acuerdos de Producción Limpia (APL) – Especificaciones.

- NCh2807-Of2009: Acuerdos de Producción Limpia (APL) – Diagnóstico, seguimiento y control, evaluación final y certificación de cumplimiento.
- NCh2825-Of2009: Acuerdos de Producción Limpia (APL) – Requisitos para los auditores y procedimiento de la auditoría de evaluación de cumplimiento.

Buscando actualizar el desarrollo de producción limpia en Chile, se elaboró una serie de políticas comprendidas en distintos períodos:

- Política Nacional de Fomento a la Producción Limpia, entre 2001 y 2005, que busca desarrollar y fortalecer los APL, junto con la capacidad de articulación entre el sector público y el privado.
- Política de Producción Limpia al 2010, entre 2006 y 2010, cuyo objetivo general es profundizar y avanzar respecto a la política anterior, además de comprometer un mayor número de empresas a lo largo del país.
- Agenda de Producción Limpia 2014 – 2018, que apunta al desarrollo sustentable de Chile a través de la incorporación de la PL en las empresas.

A partir de 2014, se impulsó la **Agenda de Productividad , Innovación y Crecimiento**, con el objetivo de sentar las bases para una nueva fase de desarrollo en la economía del país, de la que nace el **Programa Estratégico Nacional en Productividad y Construcción Sustentable (PyCS)**, cuya visión al año 2025 es: “una Industria de la construcción sustentable y competitiva a nivel global, comprometida con el desarrollo del país a través de la incorporación de innovación, nuevas tecnologías y fortalecimiento del capital humano, teniendo como foco el bienestar de los usuarios y el impacto a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones” (CORFO, 2016, p.6)

Hasta la fecha el programa ha promovido la discusión en torno a la forma de concebir la construcción, por ejemplo a través de iniciativas como **Construye 2025**, cuyos cuatro ejes estratégicos son la construcción industrializada, construcción sustentable, innovación y mejora continua (I+D+i+e) y la transformación digital. Este a su vez ha impulsado programas específicos para trabajar ciertos aspectos, como el programa **CONsentido**, orientado a dirigir a la industria a pasar de una economía lineal, donde lo que se consume termina como relleno en un basural, a una circular, donde se limite el consumo y desperdicio de materias primas. “Una economía circular marcaría el fin de la relación directa entre el crecimiento económico y la generación de residuos” (Martínez, 2016, p. 10).

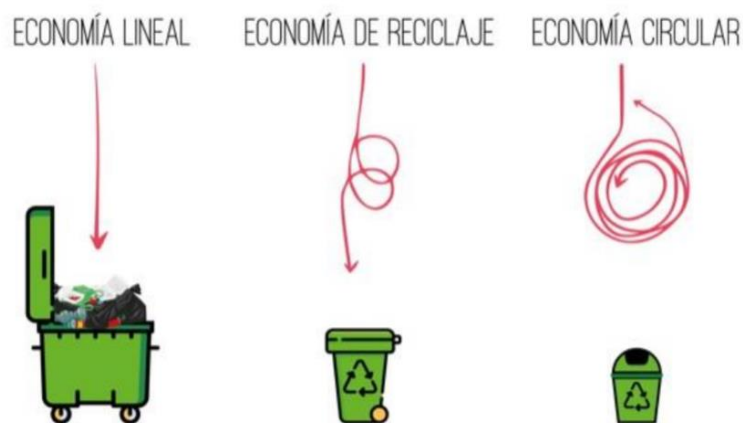


Ilustración 2.1. Representación del paso de economía lineal a economía circular. Fuente: MMA, 2016.

Como parte de este programa, en 2016, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) publicó la **Ley N°20.920, de “Fomento al Reciclaje y Responsabilidad Extendida del Productor”**, conocida como Ley REP, donde la preocupación principal es por los denominados *productos prioritarios*, que se definen como “sustancia u objeto que una vez transformado en residuo, por su volumen, peligrosidad o presencia de recursos aprovechables, queda sujeto a las obligaciones de la responsabilidad extendida del productor” (Ley N°20.920, 2016). Estos son:

- Aceites lubricantes.
- Aparatos eléctricos y electrónicos.
- Baterías.
- **Envases y embalajes.**
- Neumáticos.
- Pilas.

Para este trabajo, en lo relativo a la Ley REP, los productos de interés son los envases y embalajes, que son generados en volúmenes importantes en las obras de edificación.

Entre los principios que inspiran la ley destacan conceptos como “el que contamina paga”, que apunta a responsabilizar al productor de un residuo de internalizar los costos y externalidades negativas asociadas a su manejo.

El carácter preventivo, que busca cambios en los hábitos de consumo para evitar la generación de residuos, reduciendo su cantidad o peligrosidad.

La **jerarquía en el manejo de residuos**, esquematizada en la Ilustración 2.2, donde la prioridad es **prevenir**, es decir, evitar la generación de residuos. El residuo que no es posible evitar se prepara para **reutilizar**, donde el producto es usado nuevamente, ya sea con el mismo fin o uno nuevo, sin pasar por procesos de transformación. En caso de no ser posibles los procesos mencionados, **reciclar**, aprovechando su composición material o energética para nuevos fines. Se espera que sólo se elimine lo que inevitablemente resulta luego de los esfuerzos anteriores.

En junio de 2019 se publicó, desde el MMA, el anteproyecto de decreto que establece metas de recolección y valorización y obligaciones asociadas de envases y embalajes. Las metas referentes a envases y embalajes no domiciliarios, que correspondería a los residuos generados en edificación, se muestran en la Tabla 2.1.

Si bien esta ley no está enfocada directamente al sector de la construcción, ya que este no es considerado como un productor, el artículo 34, sobre las obligaciones de los consumidores, indica que “todo consumidor estará obligado a entregar el residuo de un producto prioritario” (Ley N°20.920, 2016). Entendiendo esto como una obligación y a la vez una posible ventaja para la constructora, que puede aprovechar las obligaciones impuestas a los productores, mediante esta ley, para negociar con ellos el trabajo en conjunto para la adecuada gestión de los productos prioritarios.





Ilustración 2.2. Jerarquía en el manejo de residuos. Fuente: MMA, 2016.

Tabla 2.1. Metas de recolección y valorización de envases y embalajes no domiciliarios. Fuente: MMA, 2019.

		Subcategoría			
		General	Metal	Papel y cartón	Plástico
Año	2022	30%			
	2023	40%			
	2024	50%			
	2025	53%			
	2026		61%	71%	38%
	2027		64%	74%	42%
	2028		66%	78%	46%
	2029		68%	81%	51%
	2030		70%	85%	55%

Se encuentra recientemente publicada (julio 2019), la norma **NCh3562 “Gestión de residuos - Residuos de construcción y demolición (RCD) - Clasificación y directrices para el plan de gestión”**, que tiene el objetivo de promover la gestión sustentable a partir de la jerarquía en el manejo de RCD, considerando un enfoque de economía circular. Entre las herramientas que entrega destacan la clasificación de RCD y consideraciones mínimas para la gestión de residuos no peligrosos, además sugiere contenido y formato para un plan de gestión. Si bien la norma se enfoca tanto en residuos de construcción como demolición, para efectos de este trabajo resultará de principal interés lo referente a construcción.

## 2.2. Residuos y gestión

En este capítulo se presenta la información estudiada en cuanto a lo directamente referido a residuos, desde su definición, causas, clasificación y medidas sugeridas en otras investigaciones relativas a su gestión.

Los resultados de este estudio se presentarán siguiendo el esquema propuesto por Aldana y Serpell (2012), quienes analizaron publicaciones de diversa procedencia en el área de gestión de residuos de construcción, identificando los tópicos más comúnmente abordados.

En cuanto al estudio de los residuos en sí, diversos autores como Burgos (2010), la CChC (2015), la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT, 2018), el MMA mediante la Ley N° 20.920 (2016), la NCh3562 (2019), entre otros, definen **residuo** como una sustancia, objeto o material resultante o sobrante de una actividad, que ya no tiene utilidad para la misma, y del cual su poseedor o generador tiene la intención u obligación de desprenderse.

Aguirre y Latorre (2004) , como también Burgos (2010), coinciden en que su falta de periodicidad impide poder involucrarlos satisfactoriamente en la gestión municipal de residuos sólidos de construcción (RESCON) e identifican los principales efectos nocivos de estos en el medio ambiente, como el deterioro del paisaje, obstrucciones en la red de drenaje, contaminación de suelos, agua y aire, entierro de suelos productivos y la eliminación, sin aprovechamiento, de recursos valorizables, entendiéndose por valorización al “conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y, o el poder calorífico de los mismos.” (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2018)

Se evidencia la proposición de diversas clasificaciones de residuos, orientadas a destacar ciertas características específicas.

Burgos (2010) propone una clasificación de residuos, en general, según la fuente de origen, pudiendo ser estos de **origen domiciliario**, es decir, aquellos generados en viviendas, locales comerciales o similares; de **origen minero**, los materiales removidos para acceder a minerales y todo el desecho proveniente de los procesos mineros; de **origen hospitalario**, que pueden presentar riesgos biológicos o químicos; y los de **origen industrial**, aquellos residuos, sólidos, líquidos o una combinación de ambos, generados en procesos industriales, que por sus características físicas, químicas o biológicas no se pueden asimilar a domiciliarios. En ese último grupo se encuentran los **residuos de construcción (RESCON)**, que sería toda sustancia o material generada en un proceso constructivo, que no presenta utilidad para el dueño, quien tiene la obligación o intención de deshacerse de ellos.

Burgos (2010), por su parte, clasifica los residuos según su impacto en el medio ambiente en tres grandes grupos: **reciclables**, aquellos que después de servir su propósito pueden ser sometidos a un tratamiento para obtener materias primas o nuevos productos; **tóxicos**, los materiales dañinos para el medio ambiente, ya sea por toxicidad para seres vivos o contaminación de agua, suelo y/o atmósfera; o **biodegradables**, que son todos aquellos capaces de descomponerse, en un tiempo razonable, mediante la acción de agentes naturales, como sol, agua, bacterias, plantas o animales.

Burgos (2010), la CDT (2018), González (2018) y Ramos (2017) subclasifican los RESCON según su peligrosidad, pudiendo ser:

- **Peligrosos:** aquellos con potencial para dañar la integridad de seres vivos o el ecosistema. Estos materiales requieren una preocupación especial, para aislarlos y facilitar su tratamiento o disposición controlada. Se distinguen cuatro tipos: reactivos; inestables bajo condiciones normales, capaces de causar explosión, gases o vapores, etc.; tóxicos, aquellos con capacidad para producir efectos nocivos en la salud de los seres vivos; inflamables, los que pueden provocar fuego de manera espontánea o bajo ciertas condiciones; corrosivos, aquellos que, debido a su extrema acidez o alcalinidad, pueden corroer metales o contenedores de almacenamiento.
- **No peligrosos:** se consideran como no peligrosos los residuos que pueden ser almacenados y tratados en las mismas instalaciones que los residuos domésticos, sin poner en riesgo la integridad de los trabajadores, como por ejemplo madera, metal, algunos plásticos, papel o cartón.
- **Inertes:** al igual que Aguirre y Latorre (2004), definen como residuos inertes aquellos que no presentan riesgo de polución de aguas, suelo o aire, mas no son asimilables a domiciliario debido al elevado volumen en que se producen, Se encuentran compuestos principalmente de elementos pétreos. Son ejemplo de residuos inertes los ladrillos, azulejos, el hormigón y morteros endurecidos.

La NCh3562 (2019) clasifica los residuos en dos grandes grupos, **peligrosos** y **no peligrosos**. Dentro de estos últimos considera 3 subdivisiones: residuos **inertes**, **no inertes** y **asimilables a domiciliarios**. Siendo los no inertes aquellos que, sin ser peligrosos, y debido a sus características, no se pueden clasificar como residuo inerte ni asimilable a domiciliario. Como documento anexo a la norma, se proporciona una tabla con los tipos de materiales correspondientes a cada categoría, indicando si existe o no tecnología disponible para su valorización, sin indicar su presencia en Chile, y la fase, tipo de proyecto o faena en que se genera. Además, presenta un cuadro de conversión de unidades que permite relacionar masa y volumen de los principales residuos, considerando el esponjamiento.

La CDT (2018), como parte del programa Construye 2025, elaboró una matriz que relaciona las distintas etapas constructivas de una obra tradicional de edificación con los residuos sólidos generados. Esta distingue tres grandes etapas y sus procesos más significativos en la generación de residuos: demolición, movimiento de tierra y construcción edificación. Esta última a su vez está dividida en obra gruesa, terminaciones, instalaciones y obras exteriores. En esta relación destacan los residuos generados en el desmantelamiento, faenas de hormigones, albañilería, techumbre, tabiquería, pavimentos interiores, pintura, ductos, artefactos y ascensores.

Ramos (2017), elabora una clasificación de los principales materiales obtenidos como RESCON, a partir de datos entregados por empresas gestoras de residuos, y los agrupa en 7 categorías, como se muestra en la Tabla 2.2.

En lo referente a la **gestión de RESCON**, Aguirre y Latorre (2004) plantean la situación de la gestión de residuos mediante el esquema mostrado en la Ilustración 2.3, en el que la curva del costo marginal de descontaminación se puede interpretar como el costo asociado al estudio e implementación de medidas por unidad de contaminación reducida, que será mayor mientras menor sea el volumen de contaminante objetivo. De forma similar, el daño ambiental trae consigo asociado un costo con el aumento de cada unidad de contaminación. Se puede suponer que existe un óptimo en que el costo, tanto

del daño ambiental como de descontaminación, será mínimo. Es decir, el producir una unidad menos de residuo significará aumentar el costo de descontaminar, y el producir una unidad más, aumentará el daño ambiental asociado.

Tabla 2.2. Clasificación de residuos de construcción. Fuente: Ramos, 2017.

Clasificación	Material
Hormigones	Hormigón
	Mortero
Pétreos	Áridos
	Tierra
Metales	Acero
	Aluminio
	Hojalatería
	Cobre
Madera	Madera
Vidrio	Vidrio
Plásticos	PVC
	Polietileno
Otros	Yeso
	Cartón
	Cerámico
	Textiles
	Aislantes
	Embalajes

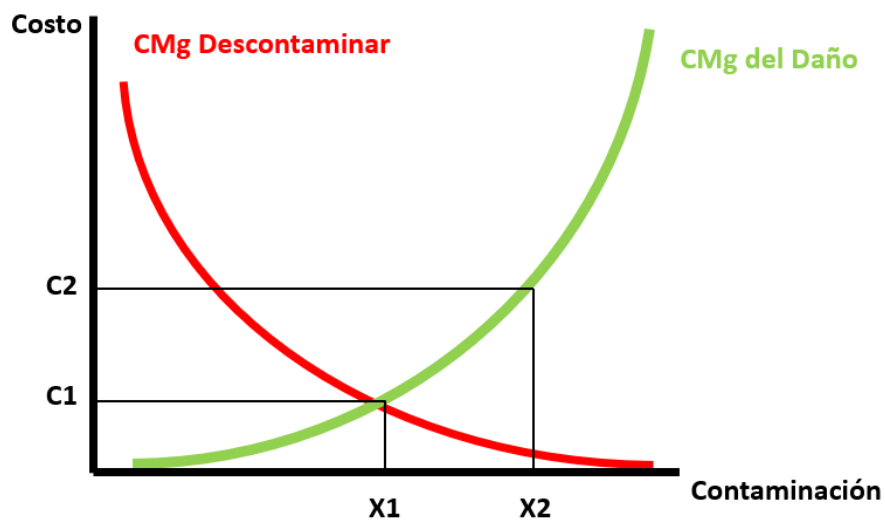


Ilustración 2.3. Esquematización de costo asociados a RESCON. Fuente: Aguirre y Latorre (2004).

Algunos autores, como Burgos (2010) y la Cámara Chilena de la Construcción (CChC, 2015), proponen una **jerarquía del manejo de residuos** basada en el principio

de las 3 R's, cuyo fundamento es similar al presentado en el esquema de la Ilustración 2.2.

- **Reducir**, incorporando ideas sobre gestión de residuos desde el diseño, tanto estructural como arquitectónico, mejorar condiciones de almacenamiento y favorecer la utilización de elementos prefabricados. Al respecto, Aguirre y Latorre (2004) afirman que ninguna alternativa orientada a la gestión de residuos solucionaría los problemas provenientes de las etapas de diseño, sólo podrían reducir su magnitud.
- Como segunda prioridad, **reutilizar** los elementos que puedan volver a ser usados, ya sea dentro de la misma obra o en otra, como encofrados o pantallas de protección.
- Y como tercera prioridad, **reciclar**, aprovechar los elementos valorizables presentes en los residuos, transformándolos e insertándolos nuevamente en la cadena productiva.

Respecto a la elaboración de **planes de gestión de residuos**, Aldana y Serpell (2012) y Burgos (2010) plantean la conveniencia de contar con planes de gestión antes del inicio de los trabajos y que estos sean retroalimentados a lo largo de la duración de la obra “con el propósito no solo de ir conociendo cuánto es el volumen generado de los residuos, sino también, como información de entrada para la toma de decisiones en cuanto a la gestión de ellos durante el proceso de construcción.” (Aldana y Serpell, 2012, p. 10)

Según datos del Minvu (2018), la industria de la construcción es responsable del 34% de los residuos sólidos llevados a botadero en Chile, Ilustración 2.4, considerando residuos de demolición, excavación y construcción en sí. Esta realidad motiva a elaborar estándares a través de los que se proponen ideas para la mitigación del impacto ambiental de la construcción.

Las propuestas presentadas por el Minvu (2018) en los **Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas, Tomo IV: Materiales y Residuos**, consideran acciones en las distintas etapas. Desde el diseño arquitectónico y estructural, donde se sugiere el uso de materiales con atributos sustentables, la reutilización de materiales de demolición y excavación y el diseño de infraestructura para gestión de residuos domiciliarios, también en la etapa de construcción y, finalmente, la operación, donde proponen la gestión y monitoreo de los residuos domiciliarios.

Para este trabajo resulta de interés lo relativo a la etapa de construcción, donde las medidas propuestas en los estándares del Minvu (2018) apuntan a reducir en 15% los residuos, partiendo de la línea base de 0.35 m<sup>3</sup> de escombros por m<sup>2</sup> proyectado. Para lograrlo sugiere la documentación del 100% de los residuos inertes dispuestos en rellenos y vertederos autorizados, asegurar el reciclaje o reutilización del 50% de residuos inertes, y la documentación del 30% de los residuos donados, entre otras medidas.

Cabe destacar que para esta línea base de 0.35 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> no existe una segregación respecto al origen de los residuos, y es importante mencionar que este trabajo no considera medidas relativas a residuos de demolición ni excavación.

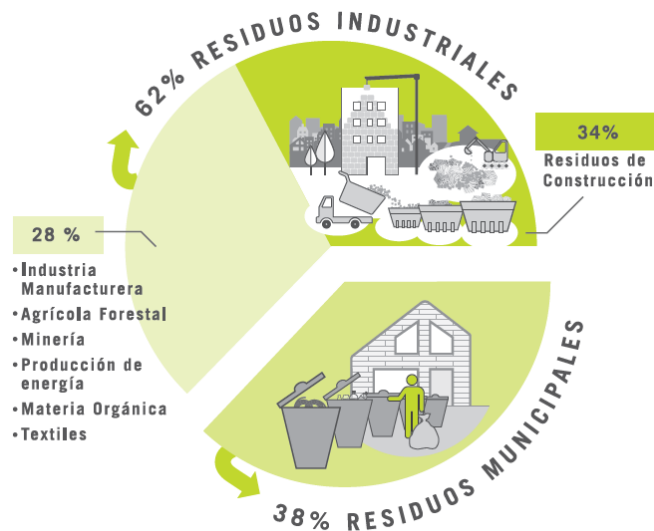


Ilustración 2.4. Importancia porcentual de RESCON en el global de residuos sólidos en Chile.  
Fuente: Minvu, 2018.

En cuanto a los **beneficios de la gestión de residuos**, Aguirre y Latorre (2004) afirman que “al minimizar la generación de residuos bajarían los costos por transporte de éstos y se dispondría de mayor espacio libre dentro de la obra”.

En la misma línea, Burgos (2010) plantea que las ventajas serían:

- Ajuste de costos, ahorrando dinero que se hubiera gastado en traslado de residuos a botadero.
- Beneficios medioambientales, sosteniendo que, en el largo plazo, al reducir la generación de residuos, se reduce también la dependencia en la extracción de nuevas materias primas, además de reducir el consumo de agua y energía.
- Ayuda a la economía, gracias a la formación de empleos y aportando al desarrollo de mercados de reciclaje.

Por otra parte, la CChC (2011) publicó una **Guía de Buenas Prácticas Ambientales para la Construcción**, donde identifica una serie de actividades generadoras de residuos y medidas de mitigación asociadas.

De manera similar, la CDT (2018) trabajó en un análisis cualitativo y cuantitativo en relación a la gestión actual para eliminar residuos sólidos entre distintas empresas relevantes del área inmobiliaria y de construcción. En esta se identificaron brechas en diversos aspectos, como motivación, conocimiento de la normativa, relativo a la gestión y a la industrialización, esto producto de los distintos niveles de involucramiento de cada una en el tema. A partir de estos resultados, genera un listado de buenas prácticas y problemáticas detectadas en el estudio. Entre las buenas prácticas presentadas destacan:

- Capacitar a los trabajadores, tanto directos como subcontratados, en temas de gestión y reciclaje.
- Incorporar puntos limpios al interior de las obras.
- Establecer zonas de acopio delimitadas y claramente identificadas.
- Involucrar soluciones industrializadas o semi-industrializadas.

Por otro lado, las **problemáticas** evidenciadas son:

- No contar con zonas de acopio para segregación de residuos.
- No contar con procedimientos para manejo de RESCON.
- No involucrar a los subcontratos en temas de gestión de residuos.
- No incorporar soluciones industrializadas o semi-industrializadas.
- No llevar trazabilidad ni caracterización de residuos.

En lo relativo al plan de gestión de residuos, la NCh3562 (2019) propone una serie de consideraciones mínimas, entre ellas destacan:

- Considerar la jerarquía de manejo de residuos en el plan de gestión.
- Establecer personas responsables que, entre otras funciones, deberán implementar, monitorear e informar sobre el estado del plan de gestión.
- Estimar la cantidad de RCD que la obra generará.
- Establecer un programa de capacitación sobre gestión de RCD y sus beneficios, tanto al personal propio como a los subcontratos.
- Establecer medias de clasificación, separación, cuantificación, disposición y valorización de los residuos.
- Asegurar la trazabilidad de los RCD y sus procesos, con la debida documentación que acredite su gestión responsable.

También sugiere un formato para la documentación de control de salida del material, además de objetivos, metas y acciones para el plan de gestión.

### **2.3. Valorización**

El último tema a tratar es sobre la valorización de los residuos que se generen luego de los esfuerzos por prevenir, si es que aplica, comprende la preparación para la reutilización, el reciclaje y la valorización energética. De estos, el reciclaje es el más estudiado y promovido, tanto dentro de la industria, como en la sociedad en general.

Se entenderá por reciclaje al tratamiento de un residuo para el aprovechamiento de su composición material, sometiéndolo a procesos que requieren consumo de energía o materiales adicionales. Se usarán los términos *material primario* para referirse a aquellos elaborados de manera tradicional, a partir de materias primas extraídas directamente con ese propósito, y *material secundario* para aquellos fabricados a partir de material reciclado.

Como se muestra en la Ilustración 2.1, el paso intermedio entre una economía lineal, como la que predomina actualmente, y una circular, que es el ideal a alcanzar, es una economía de reciclaje. Naturalmente, no todos los materiales que llegan a la instancia de reciclaje serán aptos para pasar por el proceso, “la oportunidad de que un material pueda ser reciclado dependerá de dos factores principales. Por un lado, de si el material se puede separar fácilmente de otros materiales. Y por otro, de la idoneidad del material para convertirse en un producto útil.” (Martínez, 2016, p.9).

Vázquez (2013), en su publicación **Progress of Recycling in the Built Environment**, tiene por objetivo coleccionar datos sobre avances, logros, problema y

soluciones más representativas de diversas situaciones en el área de construcción relativas a RCD. Se enfoca principalmente en el reciclaje de residuos inertes para la producción de áridos, evidenciando diferencias en la proporción de reciclaje de estos materiales dentro de la Unión Europea que varía entre un 10% y 90%.

En 2010, la *EU Waste Framework Directive* fijó las cuotas de reciclaje de RCD en un 70% para el año 2020 que, hasta la fecha de la publicación, había sido alcanzada por Holanda, Bélgica, Suiza y Austria.

A continuación, se resume la situación descrita por Vázquez (2013) en distintos países:

- Bélgica: al año 2011 contaba con 150 centro de reciclaje (plantas trituradoras, clasificación, etc.), 50 trituradoras móviles en la región de Flandes, donde anualmente se producen alrededor de 11 millones de toneladas de áridos reciclados, y 40 centros activos de reciclaje de Valonia, donde se producen alrededor de 3.5 millones de toneladas.

Se estima que el 90% de áridos reciclados es usado como base estabilizadora en construcción de carreteras y el 10% restante en construcción.

- Brasil: desde 1970 Brasil ha experimentado un intenso proceso de urbanización, concentrado principalmente en las grandes ciudades, lo que conlleva a una mayor generación de residuos. En la Tabla 2.3 se muestra la generación de RCD en algunas ciudades de Brasil, según datos del año 2005. En cuanto a reciclaje, la situación de Brasil es más similar a la realidad nacional, recién en los años 90' comenzaron a operar algunas plantas de reciclaje de RCD, las que al año 2007 eran capaces de reciclar menos del 5% del material producido por la industria.

Tabla 2.3. Generación de RCD en Brasil, 2005. Fuente: Vázquez, 2013.

Ciudad	Población (10 <sup>3</sup> hab.)	Origen de RCD (%)		Generación de RCD per capita (kg/hab.año)
		Sector Construcción	Sector Renovación o Demolición	
Novo Horizonte	36	27	73	367
Vitoria da Conquista	262	18	81	400
Piracicaba	329	33	67	59
Uberlandia	501	38	62	680
Santo Andre	649	47	53	510
Guarulhos	1073	44	56	380

- Estados Unidos: aquí el uso de residuos inertes reciclados es principalmente con fines no estructurales, como material de base o relleno para sistemas de drenaje, bases para pavimento, bloques de concreto, muros divisorios, entre otros. El uso de áridos reciclados está aprobado por la normativa estadounidense desde 1982. Según *US Geological Survey*, de los 100 millones de toneladas de áridos reciclados producidos en el país, el 68% se usó como base de carreteras, 14% como protección costera, 9% como árido en hormigón asfáltico, 6% en hormigón de cemento Portland y el restante en otros usos.



- China: siendo uno de los mayores consumidores de recursos del mundo, China se ha visto en la necesidad de innovar en esta área, tanto por las implicancias económicas como ambientales. Por ello, han impulsado una serie de estudios con el objetivo de conocer a cabalidad la incidencia en las propiedades mecánicas y comportamiento estructural de hormigones fabricados con áridos reciclados.
- Alemania: en la Tabla 2.4 se muestra la producción de RCD entre 1998 y 2006, los campos en que se reutilizan los áridos procesados y el índice de reciclaje.

*Tabla 2.4. Producción de RCD en Alemania, campos de aplicación e índice de reciclaje.*

**Fuente: Vázquez, 2013.**

	1998	2000	2002	2004	2006
Cantidad (millones de toneladas)					
Escombros de edificación	58,5	54,5	52,1	50,5	57,1
Escombros de caminos	14,6	22,3	16,6	19,7	14,3
Escombros mixtos	4,0	11,8	4,3	2,2	11,3
<b>Total</b>	<b>77,1</b>	<b>88,6</b>	<b>73,0</b>	<b>72,4</b>	<b>82,7</b>
Campo de aplicación (millones de toneladas)					
Construcción de caminos	40,4	42,5	35,5	32,9	-
Relleno de suelo	11,8	11,9	9,9	12,3	-
Hormigón	0,0	1,9	0,8	2,4	-
Otro	3,0	5,1	4,9	2,0	-
<b>Total</b>	<b>55,2</b>	<b>61,4</b>	<b>51,1</b>	<b>49,6</b>	<b>56,2</b>
<b>Índice de reciclaje (%)</b>	<b>71,6</b>	<b>69,3</b>	<b>70,0</b>	<b>68,6</b>	<b>68,0</b>

Entre los residuos con potencial de valorización, generados en procesos constructivos, destacan cartón, papel, madera, metales, plásticos y residuos inertes como hormigón, cerámicos o pétreos. Se reitera que la valorización debiera ser la última alternativa de gestión, antes de la eliminación, dando prioridad a la prevención y reutilización.

A continuación se presentan los distintos materiales, sus propiedades generales y el proceso de reciclaje o valorización.

#### ▪ **Cartón y papel**

El cartón y el papel son productos derivados de la celulosa, una materia prima considerada renovable, proveniente de la actividad forestal. Son usados extensivamente en el mundo para una gran cantidad de aplicaciones en sectores industriales, comerciales y domésticos.

El reciclaje de cartón y papel es una práctica bastante extendida en el mercado. Son materiales con alto potencial de reciclaje, “se estima que con 100 toneladas de papel viejo (fibra secundaria o reutilizada) se puede fabricar 54 toneladas de papel reciclado” (Espinal, 2016, p. 37). Sin embargo, como ocurre con la mayoría de los materiales, el cartón y el papel sufren la degradación de las fibras que los componen luego de cada proceso de reciclaje, afectando su estabilidad, lo que limita la cantidad de veces que puede ser sometido a dicho tratamiento.

El proceso industrial del reciclaje consiste, a grandes rasgos, en moler el material y separarlo de plásticos, clips, corchetes u otros elementos contaminantes. Formar una pasta, mediante la adición de agua y otros químicos, que posteriormente es blanqueada y espesada, obteniendo la pulpa que será empleada para la formación de nuevos productos, mediante secado y estucado que puede ser realizado en las mismas máquinas empleadas para la elaboración a partir de fibras vírgenes. El proceso descrito se esquematiza en la Ilustración 2.5.

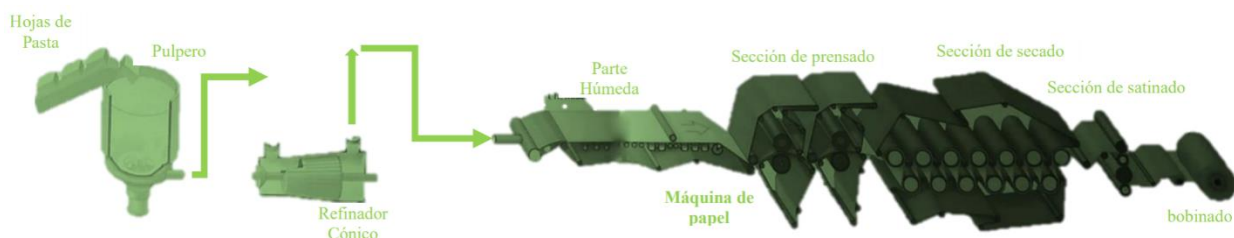


Ilustración 2.5. Esquema de fabricación de papel a partir de fibras secundarias. Fuente: Espinal, 2016.

### ▪ Madera

La madera es un material ampliamente usado en construcción, pudiendo llegar a ser el componente principal del sistema estructural de una vivienda. Sin embargo, en el caso de las edificaciones en altura en Santiago de Chile, estructuradas en su mayoría a base de hormigón armado, la madera pasa a ser un material secundario.

Se puede dividir en dos grupos, madera natural y artificial. La madera natural es aquella obtenida directamente del tronco de un árbol para formar tablas u otros elementos y se distinguen entre sí por el tipo de árbol del que provienen. La madera artificial es fabricada a partir de restos de madera natural triturada y aglomerada, empleando distintas sustancias químicas como resinas o pegamentos.

El reciclaje de madera no es una práctica tan extendida debido a las dificultades para el tratamiento en presencia de sustancias contaminantes, como las resinas o pegamentos usados como aglomerantes, además del uso de recubrimientos sintéticos, como en el caso de la melamina o las placas fenólicas. Incluso la madera natural puede presentar dificultades para su reciclaje, al estar contaminada con pintura o barniz.

Reyes (2018) presenta distintas tecnologías disponibles como propuesta de procesos alternativos para el reciclaje y valorización energética de residuos de madera:

- Conversión de biomasa, como papel o astillas de madera, en gas o etanol mediante pirolisis<sup>1</sup>. Usada en países como Australia, Canadá y Reino Unido.
- Recuperación de fibras a partir de tableros de madera aglomerada, de calidad comparable a la obtenida a partir de madera natural, empleando hidrólisis para la degradación de resinas sin necesidad de aditivos químicos. Usado en Reino Unido y Corea.

---

<sup>1</sup> Pirolisis: descomposición de materia orgánica por calentamiento a altas temperaturas sin presencia de oxígeno.

- Fabricación de tableros aglomerados a partir de reciclaje de otros tableros aglomerados, usando tecnología de calentamiento óhmico<sup>2</sup>, que no daña las fibras. Usado por el BioComposites Center en Reino Unido.

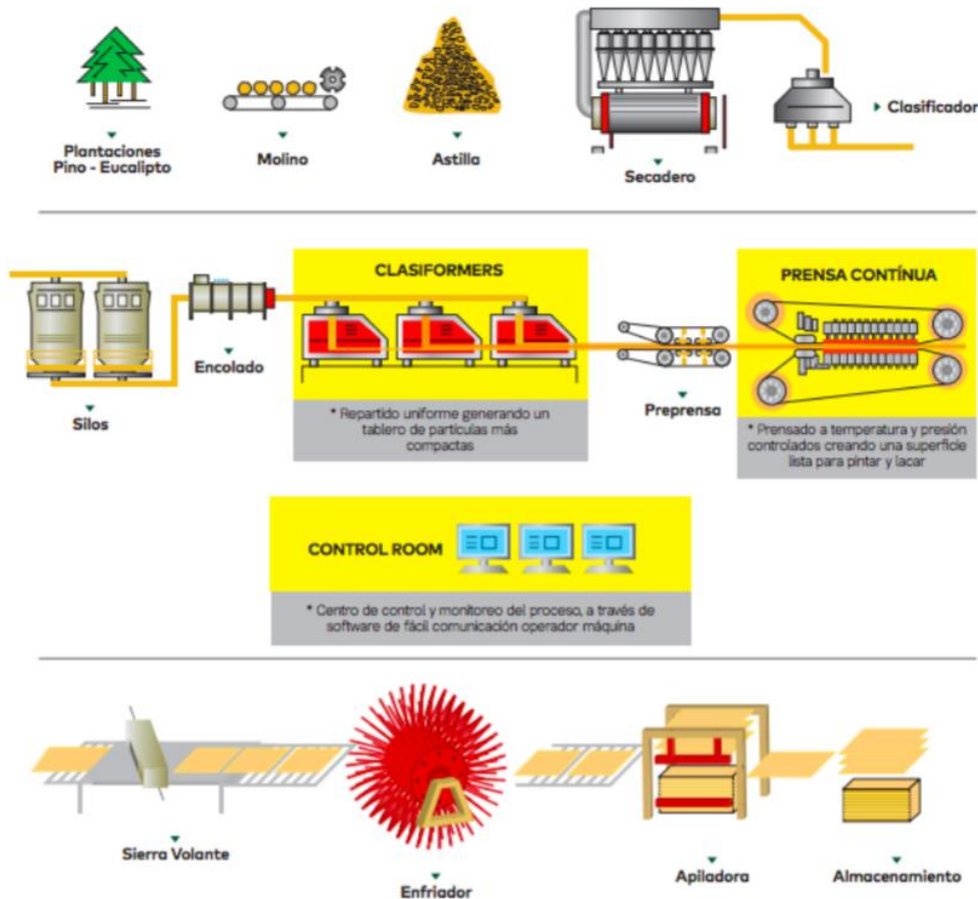


Ilustración 2.6. Proceso de fabricación de tableros de madera artificial. Fuente: Reyes, 2018.

## ▪ Metales

Según la presencia o no de hierro en un metal, como componente principal, estos pueden clasificarse como ferrosos o no ferrosos, respectivamente.

Dentro de los no ferrosos se encuentran los metales ligeros, como el aluminio, magnesio y titanio. Estos se caracterizan por su baja densidad que, combinado con sus características particulares y su capacidad de alearse con otros compuestos, les permite una amplia variedad de aplicaciones en distintos sectores industriales, como construcción, automotriz, maquinaria, entre otros.

La gran versatilidad del aluminio lo hace ser un material consumido extensamente. La elaboración del aluminio primario comienza con la explotación de minas de bauxita, un recurso no renovable, Ilustración 2.7, que posteriormente es sometida a procesos químicos y de electrolisis responsables de emisiones nocivas y un alto consumo de energía.

<sup>2</sup> Calentamiento óhmico: aumento rápido y uniforme de la temperatura de un cuerpo por el paso de corriente eléctrica.



*Ilustración 2.7. Roca de bauxita. Fuente: mineralenlinea.com*

Como alternativa a la bauxita y a estos procesos costosos y contaminantes, se recurre al reciclaje de chatarra y residuos metálicos no ferrosos para la fabricación de aleaciones de aluminio secundario.

La capacidad de aprovechamiento del aluminio es del 100% (Millán; Sánchez y Olaya, 2015), es decir, puede ser procesado numerosas veces sin perder sus propiedades.

El consumo de energía requerida para la producción de aluminio secundario supera el 90% menor al del primario (reducción de 45 kWh/kg a 2,8 kWh/kg), lo que hace el proceso más económico. Adicionalmente, el CO<sub>2</sub> generado empleando aluminio reciclado es del orden del 5% del emitido en el proceso primario. La dificultad del proceso secundario radica en la necesidad de mayor control de calidad (Millán et al., 2015).

Por otro lado, dentro de los metales ferrosos está el acero, compuesto en mayor parte de hierro, del orden de 98%, y carbono, entre un 0,05% hasta 2%, más agregados adicionales para conferirle propiedades específicas. Es uno de los metales más resistentes y versátiles, lo que lo hace posicionarse entre los materiales más usados en el mundo. Según información del Instituto Chileno del Acero (ICHA), el consumo de acero en Chile al año 2017 alcanzó los 2,7 millones de toneladas, de las cuales un millón corresponde a fabricación nacional.

Al igual que el aluminio, la capacidad de aprovechamiento del acero es del 100%, esto sumado a la facilidad de separar al acero del resto de materiales, gracias a sus propiedades magnéticas, hacen que la producción de acero a partir de materiales reciclados sea una práctica muy extendida.

Entre los beneficios del reciclaje de acero se encuentran:

- Permite sacar basura del sistema. Residuos metálicos de todo son desechados constantemente, el poder reciclarlos para la fabricación de acero permite reducir su presencia en vertederos y rellenos sanitarios.
- Reducir el consumo de recursos naturales, tanto renovables como no renovables
- Reducir consumo energético del orden de un 70% y 40% de agua respecto a la fabricación de acero primario

- Generar empleo. En Chile, más de un centenar de pequeñas y medianas empresas componen la red de chatarreros encargada de recolectar, clasificar, procesar y transportar la chatarra que será reciclada.

A modo general, el proceso de reciclaje de los metales, ya sean ferrosos o no, es bastante similar, comenzando con la recuperación de los productos desechados por la industria, seguido por un tratamiento previo para liberar los residuos de impurezas que afecten la calidad, controlando la composición química para obtener las propiedades deseadas. Para ello se clasifica según tipo de producto (lata, perfil, etc.) y se funde independientemente para evitar composiciones indeseadas. Finalmente, se realizan aleaciones específicas para conseguir productos con las propiedades deseadas.

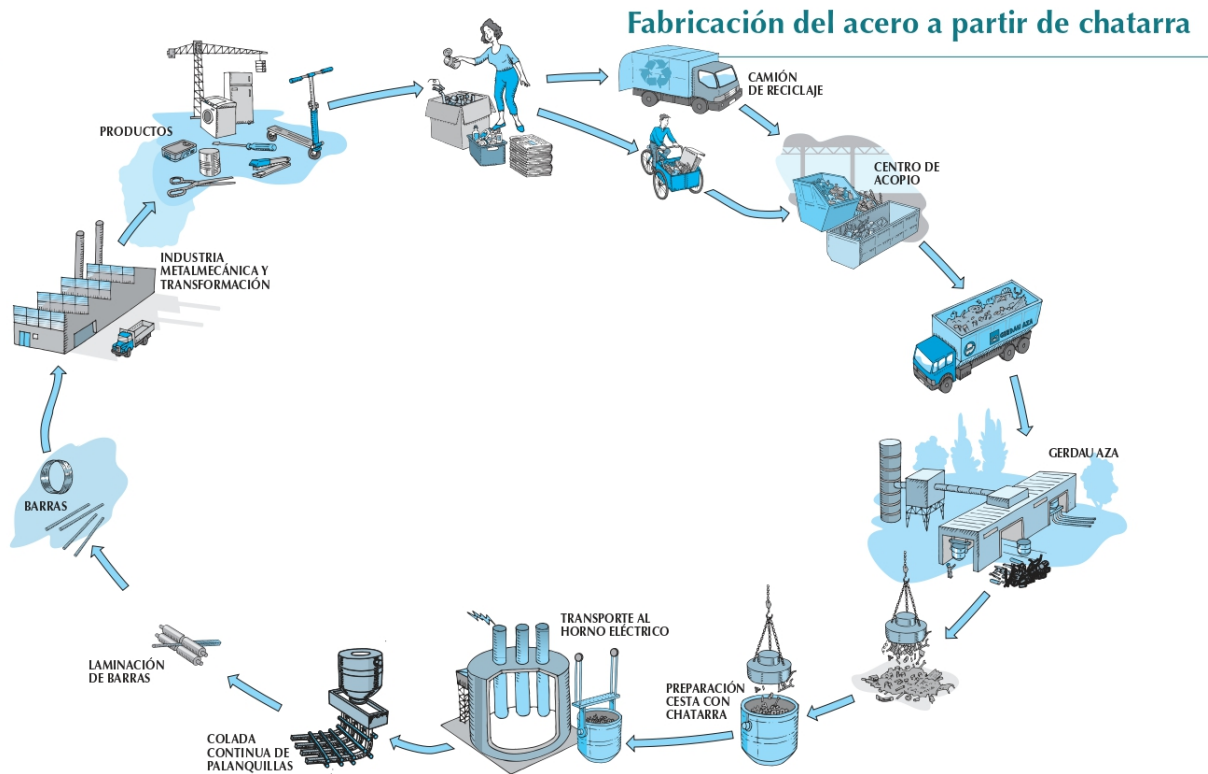


Ilustración 2.8. Esquema de fabricación de acero a partir de chatarra. Fuente: Silva y Bravo, 2004.

## ■ Plásticos

Plástico es el término usado común, e incorrectamente, para referirse a cualquiera de los diversos tipos de polímeros, producidos a partir de una mezcla compleja de distintos materiales orgánicos, como celulosa, carbón, sal y, principalmente, petróleo. Sin embargo, esta es sólo una de las clasificaciones, dentro del subgrupo que los categoriza según sus posibles aplicaciones, atendiendo a las propiedades y uso final del material, en esta categoría se encuentran elastómeros, adhesivos, fibras, recubrimientos y plásticos.

Los plásticos propiamente tal se caracterizan por su maleabilidad, que permite moldearlos, con calor y presión, en objetos sólidos de la forma deseada. En mecánica de sólidos, dentro de las propiedades de un material está la *plasticidad*, que es la capacidad de un cuerpo de deformarse sin llegar a romperse, de donde deriva el nombre de este grupo de materiales.

Gracias a su versatilidad y al bajo costo de producción, el plástico forma parte crucial del estilo de vida y la economía de gran parte de la población. Según Nones (2019), entre los años 1950 y 2015 la producción de plástico en el mundo pasó de 2 millones de toneladas a 381 millones de toneladas, acumulándose un total de 7.800 millones de toneladas que afectan diversos ecosistemas. Esto se debe a que, en promedio, los residuos plásticos tardan entre 100 y 1.000 años en descomponerse. En los últimos años, la industria del plástico ha innovado en la producción de productos biodegradables, para mitigar el daño al medio ambiente, pero eso no resulta ser suficiente.

Los tipos de plástico más usados y su código de identificación para reciclaje son: tereftalato de polietileno (PET 1), polietileno de alta densidad (PEAD 2), cloruro de polivinilo (PVC 3), polietileno de baja densidad (PEBD 4), polipropileno (PP 5), poliestireno expandido (PS 6) y otros (7). Estos tienen en común la propiedad de ser termoplásticos, siendo capaces de fundirse y moldearse muchas veces al ser sometidos a calor.

El proceso de reciclaje de plástico, en esencia, es similar al de otros materiales. Comienza con la separación de los distintos tipos de plástico para la obtención de productos de la calidad deseada que posteriormente se trituran, generando gránulos o escamas que se comercializan o emplean para la elaboración de nuevos productos.



*Ilustración 2.9. Gránulos y escamas resultantes de proceso de reciclaje de plásticos. Fuente: Nones, 2019.*

#### ▪ Residuos inertes

La NCh 3562 define residuos inertes como aquellos que no experimentan transformaciones, no reaccionan, no son biodegradables, ni afectan a otras materias, contaminando el medio ambiente o dañando la salud humana. Esta descripción comprende principalmente materiales de origen mineral, como el hormigón, yeso, cerámicos, ladrillos, vidrio, granito, tierra y otros similares, libre de contaminantes, ya sea químicos u orgánicos.

Chica-Osorio y Beltrán-Montoya (2018) estudiaron el potencial de reúso de los RCD desde un punto de vista mineralógico, enfocándose principalmente en residuos inertes de hormigón, mampostería, cerámicas y excavación, para los que proponen diversas alternativas en función de la tecnología y prácticas existentes:

- Trituración de los residuos inertes, empleándolos como sustituto de áridos naturales para elaboración de hormigón estructural o de prefabricados no estructurales, como panderetas.

Para la fabricación de hormigón con áridos reciclados es posible obtener hasta un 30% más de resistencia, siendo el principal problema la alta absorción de agua.

- Usos de residuos de materiales inertes como base estabilizadora en la construcción de carreteras.

Estas prácticas son habituales en países como España, que cuenta con todo un marco normativo que regula su uso para garantizar las propiedades requeridas.

La información recopilada en este capítulo sirve como base para el desarrollo del trabajo, donde se caracterizarán los residuos generados en obras reales y se comparará con lo presentado en la bibliografía, se estudiarán los procesos en que esto ocurre y se evaluarán medidas para mitigarlo, teniendo en cuenta la jerarquía mencionada y las guías y restricciones disponibles para fundamentar las ideas.

Se espera comprobar que al implementar procedimientos de gestión de residuos se puede mover hacia una situación más favorable, en que disminuyan tanto el costo de la gestión de residuos como el asociado al daño ambiental.

### **3. CARACTERIZACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS**

En este capítulo se aborda el tema de la composición de los RESCON, clasificándolos según la normativa vigente. Un antecedente importante para la caracterización es la actividad en que se genera cada tipo de residuo, que será presentado, cuando corresponda, en capítulos posteriores donde se abordará en detalle cada uno.

Adicionalmente, se presentan ejemplos de gestión de residuos en constructoras chilenas y la situación actual de las obras reales a que forman parte del estudio.

#### **3.1. Clasificación de Residuos**

Si bien la clasificación de RCD propuesta por los distintos autores estudiados es similar, es necesario establecer una que se mantenga consistentemente a lo largo de este trabajo.

La clasificación considerada será la sugerida en la NCh3562 (2019), sobre gestión de residuos, donde se distinguen dos grandes grupos, peligrosos y no peligrosos. Estos últimos se subdividen en tres categorías, asimilables a domiciliario, inertes y no inertes. Si bien la NCh3562 (2019) se refiere tanto a los residuos de construcción como de demolición, se reitera que el foco de este trabajo está en los de construcción.

##### **3.1.1. Residuos peligrosos**

Se entiende como residuo peligroso todo aquel material que al ser desechado tiene potencial para dañar la salud humana, animal o de algún ecosistema en general. La NCh3562 (2019) los define como un “residuo que se ajusta a alguna característica de peligrosidad de acuerdo a la legislación vigente”.

Desde el año 2004 se encuentra vigente el Decreto Supremo N°148, que aprueba el reglamento sanitario sobre residuos peligrosos, estableciendo condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a las que debe someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reúso, reciclaje, disposición final y cualquier forma de eliminación de estos residuos.

La NCh 382 sobre Sustancias peligrosas – Terminología y clasificación general, divide estos residuos en nueve clases:

- Clase 1: sustancias y objetos explosivos
- Clase 2: gases comprimidos, licuados, disueltos a presión o criogénicos
- Clase 3: líquidos inflamables
- Clase 4: sólidos inflamables
- Clase 5: sustancias comburentes y peróxidos orgánicos
- Clase 6: sustancias tóxicas y sustancias infecciosas
- Clase 7: sustancias radiactivas
- Clase 8: sustancias corrosivas
- Clase 9: sustancias peligrosas varias



De estos, en una típica obra de construcción habitacional es posible encontrar principalmente residuos de la clase 2 (aerosoles o espumas enlatadas), clase 3 (combustibles), clase 6 (pinturas, solventes, adhesivos), entre otros.

La gestión de este tipo de residuos, al estar regulada por ley, ya cuenta con procedimientos que son ejecutados en las distintas obras, almacenándolos y eliminándolos adecuadamente, como se muestra en las Ilustración 3.1 y Ilustración 3.2, por lo que no será estudiado en profundidad en este trabajo.



*Ilustración 3.1. Bodega modelo BRP2 para almacenaje de materiales peligrosos. Fuente: EBCO S.A.*



*Ilustración 3.2. Acopio de residuos peligrosos. Fuente: EBCO S.A.*

### **3.1.2. Residuos no peligrosos**

Dentro de los RCD no peligrosos la NCh3562 (2019) distingue tres tipos:

#### **▪ Residuos asimilables a domiciliarios**

Se entenderá como residuo asimilable a domiciliario al que, por sus características físicas, químicas y biológicas, puede ser dispuesto en un relleno sanitario, junto a residuos domiciliarios, sin alterar su funcionamiento normal. Entendiendo por relleno sanitario al espacio destinado para la disposición de residuos, diseñado especialmente para que el impacto ambiental de este sea mínimo, ya sea por contaminación de suelo, aire o agua del sector.

A continuación, se mencionan los RESCON considerados como asimilables a domiciliario según la NCh3562 (2019) que es posible identificar entre los residuos generados por las obras visitadas.

- Envases de vidrio
- Envases metálicos
- Residuos biodegradables de parques y jardines
- Residuos biodegradables de cocina y restaurantes
- Ropa

#### **▪ Residuos inertes**

Son aquellos residuos que no experimentan transformaciones ni reacciones físicas, químicas ni biológicas significativas, de manera que su disposición no afecta la salud humana ni del medio ambiente.

A continuación, se mencionan los RESCON considerados como inertes según la NCh3562 (2019) que es posible identificar entre los residuos generados por las obras visitadas.

- Hormigón
- Tejas y materiales cerámicos
- Ladrillos
- Tierra y piedras libres de sustancias peligrosas
- Vidrio

#### **▪ Residuos no inertes**

Los residuos no inertes son aquellos que, sin ser peligrosos, por sus características, no se pueden clasificar como inerte ni asimilable a domiciliarios.

A continuación, se mencionan los RESCON considerados como no inertes según la NCh3562 (2019) que es posible identificar entre los residuos generados por las obras visitadas.

- Madera libre de impregnación o pinturas
- Madera impregnada o pintada
- Plástico PVC (policloruro de vinilo)

- Plástico PPR (polipropileno R)
- Plástico PEAD
- Otros plásticos, como PEBD o PET
- Aluminio
- Hierro y acero no galvanizado
- Hierro y acero galvanizados
- Metales mezclados y/o piezas con más de un metal
- Materiales de construcción en base a yeso, libres de sustancias peligrosas
- Pinturas, tintas, adhesivos y resinas libres de sustancias peligrosas
- Papel y cartón
- Envases de papel y cartón
- Envases plásticos

### 3.2. Ejemplos de Gestión de Residuos

Como parte del Programa Estratégico Nacional **Construye 2025**, impulsado por la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO), distintas empresas constructoras pioneras en la gestión de residuos presentaron su experiencia en el 1° Seminario Internacional sobre gestión de residuos de la construcción y demolición, realizado en 2018, compartiendo las prácticas implementadas, los objetivos a alcanzar y las dificultades percibidas en el proceso.

La constructora **Claro Vicuña Valenzuela (CVV)** entendió la separación y el reciclaje primario como una oportunidad para reducir costos asociados a disposición de escombros y horas de trabajo de maquinaria o equipos de carga, para reducir la tasa de accidentabilidad y siniestrabilidad, al reducir la contaminación en la obra, y como un beneficio para el medio ambiente en general, dándole valor agregado a sus construcciones.

El objetivo de CVV es pasar de una tasa de generación de residuos de 0,30 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> de losa construida a tasas menores a los **0,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>**. En uno de sus casos de éxito se reportó un ahorro del 53% en el costo total asociado a la gestión de residuos de una obra completa, pasando de una estimación de 697 UF a un costo real de 331 UF.



Ilustración 3.3. Punto limpio constructora CVV. Fuente: Constructora CVV, 2018.

Por otro lado, la constructora **Vicons** implementa la gestión de residuos como una solución a las ineficiencias en los procesos, donde se identifica una mayor generación de desperdicios mientras menor es la eficiencia del trabajo. En cuanto a la tasa de generación de escombros, Vicons parte de la base de  $0,26 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , siendo  **$0,16 \text{ m}^3/\text{m}^2$**  la meta a alcanzar, equivalente a una disminución de 38%.

Un caso de éxito rotundo es el presentado por la empresa **Axis Desarrollos Constructivos (2018)**, quienes adelantándose al alto crecimiento demográfico previsto para la Región de Los Lagos, con la generación de residuos adicionales que esto significaría, implementaron un programa piloto en la construcción de un condominio en la ciudad de Villarrica, donde redujeron su tasa de generación de escombros desde una proyección de  $0,21 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , a  **$0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2$**  resultantes en un caso real.

Entre las medidas implementadas destacan la definición de un sector de acopio destinado especialmente a la segregación de residuos como polietileno, poliestireno expandido, madera, cartón, yeso cartón y escombros, la reutilización interna de madera en obra o como donación a cualquier trabajador que pueda hacer buen uso de ella, la trituración de las planchas de yeso-cartón, previo a su disposición final, y la donación del poliestireno a una escuela del sector para convertirlo en perlas y fabricar asientos.



*Ilustración 3.4. Sector de acopio Axis Desarrollos Constructivos. Fuente: Axis Desarrollos Constructivos, 2018.*

En otra línea, la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RCDA) presenta la composición media de los RCD producidos mostrada en la Tabla 3.1.

*Tabla 3.1. Distribución de RCD. Fuente: adaptado de RCDA, 2018.*

<b>Material</b>	<b>Distribución [%]</b>
Cerámicos	30,0%
Hormigón	26,0%
Asfalto	14,0%
Otros pétreos	9,5%
Madera	3,3%
Metales	2,4%
Yeso	0,3%
Plásticos	1,4%
Otros	13,3%

### 3.3. Obras estudiadas

Es importante recalcar que, como se mencionó brevemente en la introducción, este trabajo se ha desarrollado con apoyo de la constructora EBCO S.A., que busca incorporar prácticas sustentables en sus actividades, enmarcado en el **Programa Estratégico Nacional en Productividad y Construcción Sustentable**, presentado en el capítulo 2.1.

Enmarcado en este programa, distintas obras, tanto de EBCO S.A. como de otras constructoras en Santiago, participaron del programa CONsentido, impulsado por la CDT, que tienen el objetivo de concientizar e impulsar medidas de sustentabilidad en la construcción, principalmente enfocándose en el reciclaje de residuos. Para ello ofrecen charlas de difusión y capacitación en terreno, dirigidas a trabajadores de todas las jerarquías. Adicionalmente, un “líder CONsentido” es enviado por la CDT a la obra para brindar apoyo en lo relativo a la implementación y seguimiento de las nuevas medidas.

Este fue el primer paso para comenzar el desarrollo, a nivel de empresa, del programa **Construye Sustentable**. La iniciativa tiene por objetivo general la gestión de los residuos de obra de manera responsable con el medio ambiente. Para ello se fijan las metas de reducir el índice de generación de residuos de los 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (promedio según registros históricos) a 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, similar a las metas de las constructoras CVV y Viconsal, y reciclar al menos el 15% de los residuos generados. La implementación del programa Construye Sustentable, al que inicialmente adhieren 41 de las 163 obras vigentes de la empresa a lo largo del país, comienza con medidas orientadas al reciclaje, sobre las que se detallará en el capítulo correspondiente.

Para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo, se contó con la colaboración de seis (6) obras, de la constructora EBCO S.A., ubicadas en un sector céntrico de Santiago de Chile. El período de estudio en terreno se extiende desde mayo a octubre del 2019, en el que se conocieron las prácticas relativas a la gestión de residuos y se hizo un seguimiento del registro de los escombros generados. Por temas de confidencialidad, se identificará cada obra con una letra. En la Tabla 3.2 se presentan sus características generales.

Tabla 3.2. Características generales de obras a estudiar. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

	Unidad	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E	Obra F
Superficie total	m <sup>2</sup>	27.890,6	14.920,2	12.976,6	12.950,9	18.913,9	16.372,6
Cantidad pisos subterráneos	un	4	1	1	1	3	1
Cantidad pisos edificio	un	28	20	15	15	24	22
Cantidad de departamentos	un	434	271	217	231	299	298
Plazo proyectado	mes	26	19	19	20	24	19,5

A continuación, se presentan las características particulares de cada obra, indicando las medidas tomadas en cuanto a gestión de residuos y destacando las buenas prácticas en cada una.

## ▪ Obra A

Durante el período de estudio, en la Obra A se encuentran activas las etapas de obra gruesa, con losa de avance hasta el piso 26, terminaciones e instalaciones en toda la extensión del edificio.

El traslado interno de los residuos se hace con sacos que son cargados desde el sector de trabajo respectivo, bajado a través del montacarga y depositado por los trabajadores en el acopio correspondiente.

Para el almacenamiento de escombros, se cuenta con dos depósitos. Un contenedor de 9 m<sup>3</sup> que periódicamente es reemplazado por uno vacío y un sector de acopio con capacidad de aproximadamente 14 m<sup>3</sup>, que es vaciado periódicamente con un cargador frontal, Ilustración 3.5. Finalmente, los escombros son trasladados por un camión a un botadero autorizado según la legislación vigente.



*Ilustración 3.5. Acopio de escombro siendo vaciado por cargador frontal, Obra A.*

En la Tabla 3.3 se muestra el registro, en volumen, de los escombros retirados, el avance, en superficie construida y el indicador de metros cúbicos de escombro por metro cuadrado total a construir. En este se excluyen los primeros tres meses de trabajo, donde se realizaron las tareas de excavación y socalzado, que si bien generan un volumen de material significativo, no se considera dentro del escombro de construcción. Se destaca el mes 13, cuando comienzan a ejecutarse las terminaciones. En la Ilustración 3.6 se esquematiza el resultado del registro.

Tabla 3.3. Registro de retiro de escombros, Obra A. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro [m <sup>3</sup> ]	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Avance [m <sup>2</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
4	28	28	875	0,00
5	18	46	1.750	0,00
6	45	91	2.625	0,00
7	55	146	3.499	0,01
8	114	260	4.374	0,01
9	148	408	5.249	0,01
10	185	593	6.124	0,02
11	163	756	7.702	0,03
12	169	925	9.280	0,03
<b>13</b>	<b>134</b>	<b>1.059</b>	<b>10.858</b>	<b>0,04</b>
14	108	1.167	12.436	0,04
15	166	1.333	14.014	0,05
16	157	1.490	15.593	0,05
17	198	1.688	17.171	0,06
18	269	1.957	18.749	0,07
19	193	2.150	20.327	0,08
20	257	2.407	21.905	0,09
21	180	2.587	23.483	0,09
22	155	2.742	25.061	0,10

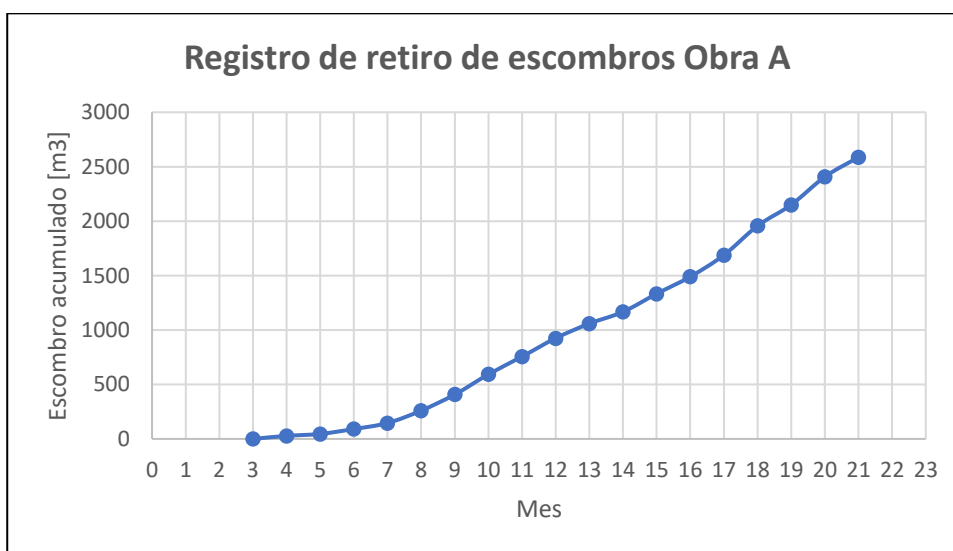


Ilustración 3.6. Registro de retiro de escombros, Obra A. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

A continuación se mencionan las prácticas evidenciadas en cuanto a gestión de residuos, relativas a prevención, reutilización y reciclaje, dejando para los capítulos respectivos la profundización sobre cada concepto.

Como antecedente general, la obra participó del programa CONsentido, donde la líder asignada cumplió principalmente el rol de observadora, prestando apoyo donde fue requerido. El equipo demostró gran compromiso con la iniciativa, prestando apoyo en el impulso hacia otras obras.

La obra cuenta con escaleras y muebles de cocina que son prefabricados por el proveedor e instalados posteriormente en la obra. Entre las prácticas propias de la obra que aportan a prevenir la generación de residuos está el *calafateo*, protección de placas fenólicas con pintura impermeables y control de bodega.

En lo relativo a la reutilización, se evidencian prácticas habituales en el rubro de la construcción, como reutilización de tinetas para acarreo de materiales y herramientas, aprovechamiento de restos de placas fenólicas para refuerzo de tabiques y soporte de señaléticas, reuso de pallets para el almacenaje de material en bodega y acopio de reciclaje, cajas de cartón para protección del piso y artefactos frágiles, sacos de rafia para acarreo de escombros y tuberías de PVC para sujeción temporal de cables. No se identifican prácticas de reutilización externas.

A partir del mes 18 comienza a ejecutarse el plan de reciclaje de algunos materiales no inertes, como cartón, papel, PET, aluminio y acero galvanizado. Para el acopio de los materiales se hizo uso de pallets de madera disponibles en la obra, que fueron adaptados y coloreados para el acopio segregado de los distintos materiales. Posteriormente se agregan PEBD y PS, correspondientes a la categoría de otros plásticos dentro de los residuos no inertes.

#### ▪ **Obra B**

Durante el período de estudio, en la Obra B se concluye la etapa de obra gruesa, mientras que las etapas de terminaciones e instalaciones se encuentran activas en los pisos superiores del edificio. Si bien el plazo inicial proyectado es de 19 meses, por atrasos naturales e inexactitudes en la programación, el plazo real se ajustó a 22 meses.

Para el traslado interno de residuos se empleó un ducto desescombrador para bajada de escombros. Este lleva los residuos a un contenedor para escombros, de 9 m<sup>3</sup>, que es retirado periódicamente y reemplazado por uno vacío. Los residuos son trasladados por un camión a un botadero autorizado que no permite el contenido de madera entre los residuos recibidos, por lo que esta fue acopiada por separado, siendo retirada por los mismos trabajadores, según su necesidad, y despachada mediante un flete especial, de 20 m<sup>3</sup>, a la periferia de la ciudad, donde fue valorizada energéticamente, aprovechándola como leña.

En la Tabla 3.4 se muestra el registro, en volumen, de los escombros retirados y el avance, en superficie, y el indicador de generación de residuos según la superficie total. En este se excluyen los primeros 3 meses de trabajo, donde se realizaron las tareas de excavación y socializado, que si bien generan un volumen de material significativo, no se considera dentro del escombro. Se destaca el mes 9, cuando comienzan a ejecutarse las terminaciones, y el mes 15, cuando se culminó la obra gruesa de la torre, en adelante los escombros provienen prácticamente en su totalidad de faenas de terminaciones e instalaciones. En la Ilustración 3.7 se esquematiza el resultado del registro.



Tabla 3.4. Registro de retiro de escombros, Obra B. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro [m <sup>3</sup> ]	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Avance [m <sup>2</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
4	160	160	1.067	0,01
5	69	229	2.133	0,02
6	63	292	1.503	0,02
7	125	417	2.994	0,03
8	108	525	4.485	0,04
<b>9</b>	<b>171</b>	<b>696</b>	<b>5.975</b>	<b>0,05</b>
10	171	867	7.466	0,06
11	207	1.074	8.957	0,07
12	315	1.389	10.448	0,09
13	270	1.659	11.939	0,11
14	306	1.965	13.429	0,13
<b>15</b>	<b>325</b>	<b>2.290</b>	<b>14.920</b>	<b>0,15</b>
16	381	2.671	14.920	0,18
17	345	3.016	14.920	0,20
18	252	3.268	14.920	0,22
19	135	3.403	14.920	0,23
20	72	3.475	14.920	0,23
21	63	3.538	14.920	0,24



Ilustración 3.7. Registro de retiro de escombro, Obra B. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

A continuación se mencionan las prácticas evidenciadas en cuanto a gestión de residuos, relativas a prevención, reutilización y reciclaje, dejando para los capítulos respectivos la profundización sobre cada concepto.

La obra B no participó del programa CONsentido y la percepción fue que el compromiso del total del personal fue insatisfactorio en la incorporación de nuevas prácticas.

Entre las medidas que aportan a prevenir la generación de residuos destacan el uso de escaleras y muebles prefabricados, *calafateo* para el control de pérdidas de hormigón y control de bodega.

Las prácticas de reutilización evidenciadas son el aprovechamiento de placas fenólicas para cubierta de techo, pallets para el almacenaje de materiales en bodega y acopio de reciclaje, tinetas para acarreo de herramientas y materiales, cartón de embalaje para protección de piso y la valorización energética, ya mencionada, de los restos de madera.

A partir del mes 17 comenzó a ejecutarse el plan de reciclaje en la obra, debido al nivel de avance y compromiso de los trabajadores, sólo fue posible el acopio y retiro exitoso de cartón. Para su almacenaje se aprovechó pallets y restos de madera disponible en la obra, resultando en el contenedor mostrado en la Ilustración 3.8.



*Ilustración 3.8. Acopio de cartón, Obra B.*

#### ▪ **Obra C**

Durante el período de estudio, en la Obra C se encuentran activas las etapas de obra gruesa, con losa de avance hasta el piso 4, y hacia el final del período de estudio comienzan las terminaciones en los primeros niveles.

El traslado interno de los residuos se hizo inicialmente con sacos que son cargados desde el sector de trabajo respectivo, bajado a través del montacarga y depositado por los trabajadores en el contenedor o acopio respectivo. Al avanzar en altura se hizo uso de un ducto para bajada de escombros, mostrado en la Ilustración 3.9, que descarga en un contenedor de 9 m<sup>3</sup> que periódicamente es retirado, reemplazado por uno vacío y los escombros son trasladados por un camión a un botadero autorizado según la legislación vigente.



Ilustración 3.9. Ducto desescombrador, Obra C.

En la Tabla 3.5 se muestra el registro, en volumen, de los escombros retirados, el avance y el indicador. En este se excluyen los dos primeros meses de trabajo, donde se realizaron las tareas de excavación y socialzado, que si bien generan un volumen de material significativo, no se considera dentro del escombro. Además, se destaca el mes 9, cuando comienzan a ejecutarse las terminaciones. En la Ilustración 3.10 se esquematiza el resultado del registro.

Tabla 3.5. Registro de retiro de escombros, Obra C. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro [m <sup>3</sup> ]	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Avance [m <sup>2</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
3	18	18	350	0,00
4	55	73	699	0,01
5	76	149	1.049	0,01
6	94	243	1.399	0,02
7	199	442	1.748	0,03
8	63	505	2.747	0,04
<b>9</b>	<b>108</b>	<b>613</b>	<b>3.745</b>	<b>0,05</b>



Ilustración 3.10. Registro de retiro de escombros, Obra C. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

A continuación, se mencionan las prácticas evidenciadas en cuanto a gestión de residuos, relativas a prevención, reutilización y reciclaje, dejando para los capítulos respectivos la profundización sobre cada concepto.

Como antecedente general, el equipo de la Obra C participó del programa CONsentido, donde el líder asignado para colaborar cumplió principalmente el rol de observador, prestando apoyo donde fue requerido. Por encontrarse en etapas tempranas, cuando la cantidad y rotación de personal es menor, el compromiso con la iniciativa fue satisfactorio.

Al igual que las otras, la Obra C cuenta con escaleras y muebles de cocina prefabricados por el proveedor e instalados posteriormente en la obra. Entre las prácticas propias de la obra que aportan a prevenir la generación de residuos está el *calafateo*, protección de placas fenólicas con pintura impermeable y control de bodega.

En lo relativo a la reutilización, se evidencian mayormente prácticas habituales en el ambiente de la construcción como reutilización de tinetas para acarreo de materiales y herramientas, pallets para el almacenaje de material en bodega, sacos para acarreo de escombros y tuberías de PVC para sujeción temporal de cables. No se identifican prácticas de reutilización externas.

A partir del mes 5 comienza el reciclaje de algunos materiales no inertes, principalmente cartón y PET. Para el acopio del material, se adquirieron contenedores plásticos, inicialmente los contenedores de latas y aluminio, Ilustración 3.12, no respetaron los colores indicados en la NCh 3322, pero fue corregido posteriormente. De manera adicional, la obra adhirió a una campaña de colecta de tapas de botellas que son almacenadas por separado.



*Ilustración 3.11. Acopio de PET, tapas y cartón, Obra C.*



*Ilustración 3.12. Contenedores de latas y aluminio sin los colores adecuados, Obra C.*

#### ▪ **Obra D**

Durante el período de estudio, en la Obra D se encuentran activas las etapas de excavación y obra gruesa, con losa de avance hasta el piso 2.

El traslado interno de residuo se hace a través de sacos, cargados por los trabajadores desde los sectores de trabajo respectivo a las zonas de acopio. Al igual que en la Obra C, se proyecta el uso de ducto de descarga en etapas posteriores.

Para el almacenamiento de escombros, se cuenta con un contenedor de 9 m<sup>3</sup> que reemplazado por uno vacío periódicamente y los escombros son trasladados por un camión a un botadero autorizado según la legislación vigente.

En la Tabla 3.6 se muestra el registro, en volumen de los escombros retirados por mes. Se excluyen los primeros 2 meses de trabajo, donde se realizaron trabajos de excavación y socializado. En la Ilustración 3.13 se esquematiza el resultado del registro.

Tabla 3.6. Registro de retiro de escombros, Obra D. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro [m <sup>3</sup> ]	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Avance [m <sup>2</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
3	33	33	315	0,00
4	33	66	631	0,01
5	48	114	946	0,01
6	60	174	1.262	0,01
7	63	237	1.577	0,02

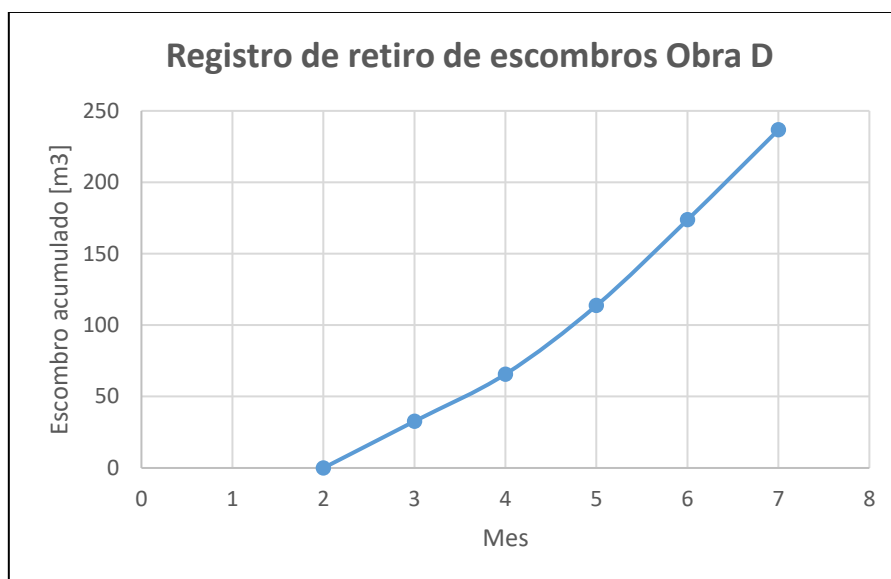


Ilustración 3.13. Registro de retiro de escombro, Obra D. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

A continuación, se mencionan las prácticas evidenciadas en cuanto a la gestión de residuos, relativas a prevención, reutilización y reciclaje.

Como antecedente general, el equipo de la obra no participó del programa CONsentido, pero contó con apoyo de profesionales de otras obras para el impulso de iniciativas sustentables. En general la implementación de las nuevas medidas tuvo una participación satisfactoria de parte de los trabajadores.

Las prácticas de reducción observadas fueron la utilización de escaleras y muebles prefabricados, además de *calafateo*, protección de placas fenólicas con pintura impermeable y control de bodega.

En cuanto a reutilización, se evidencian las prácticas habituales de aprovechamiento de tineras para acarreo de herramientas y materiales, pallets para almacenaje en bodega y sacos par acarreo de escombros. No se evidencian prácticas de reutilización externas.

A partir del mes 5 comienza el reciclaje de materiales no inertes como cartón y PET. El acopio se hizo en contenedores plásticos, con los colores establecidos en la NCh 3322, adquiridos específicamente para este fin.

- **Obra E**

Durante el período de estudio, en la Obra E está concluyendo la etapa de obra gruesa, con las etapas de terminaciones e instalaciones activas.

Para el transporte interno de escombros se hace uso de un ducto de descarga, alcanzar el piso 24 fue retirado por necesidad de despejar la fachada, reemplazándolo por acarreo con sacos, para escombros finos o de menor tamaño, y capachos como el mostrado en la Ilustración 3.14, trasladados internamente con grúa, para escombros mayores.

El almacenaje de escombros se hace en un contenedor de 9 m<sup>3</sup> que es retirado periódicamente y reemplazado por uno vacío. Finalmente, los escombros son trasladados por un camión a un botadero autorizado.



*Ilustración 3.14. Ejemplo de capacho para escombros. Fuente: emaresa.cl*

En la Tabla 3.7 se muestra el registro, en volumen, de los escombros retirados, con el avance e indicador correspondiente. En este se excluyen los primeros 5 meses de trabajo, donde se realizaron las tareas de excavación y socializado, que si bien generan un volumen de material significativo, no se considera dentro del escombros. Se destaca el mes 13, cuando comienzan a ejecutarse las terminaciones, y el mes 22, cuando se culminó la obra gruesa de la torre. En la Ilustración 3.15 se esquematiza el resultado del registro.

Tabla 3.7. Registro de retiro de escombros, Obra E. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro [m <sup>3</sup> ]	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Avance [m <sup>2</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
6	27	27	637	0,00
7	36	63	1.275	0,00
8	41	104	1.912	0,01
9	168	272	2.549	0,01
10	280	552	3.187	0,03
11	168	720	3.824	0,04
12	154	874	5.196	0,05
<b>13</b>	<b>168</b>	<b>1.042</b>	<b>6.568</b>	<b>0,06</b>
14	210	1.252	7.939	0,07
15	176	1.428	9.311	0,08
16	336	1.764	10.683	0,09
17	158	1.922	12.055	0,10
18	117	2.039	13.427	0,11
19	312	2.351	14.798	0,12
20	386	2.737	16.170	0,14
21	218	2.955	17.542	0,16
<b>22</b>	<b>359</b>	<b>3.314</b>	<b>18.914</b>	<b>0,18</b>

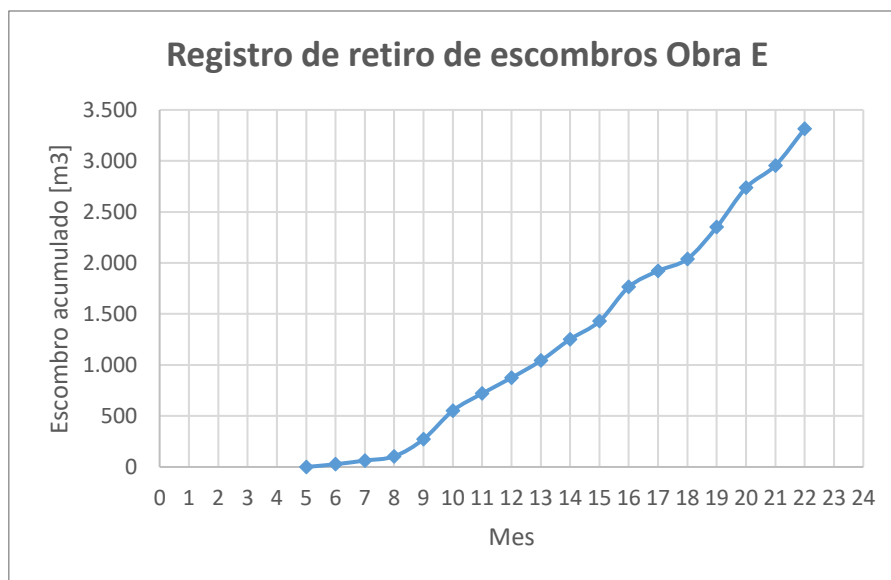


Ilustración 3.15. Registro de retiro de escombro, Obra E. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

A continuación, se mencionan las prácticas de la obra asociadas a la gestión de residuos, en cuanto a prevención, reutilización y reciclaje, profundizando posteriormente sobre cada una en el capítulo respectivo.

La obra no participó del programa CONsentido, para el impulso del programa de gestión de residuos contó con el apoyo de profesionales de otras obras. En general, el compromiso del personal con las nuevas iniciativas fue insatisfactorio.



Entre las medidas que aportan a prevenir la generación de residuos destacan el uso de escaleras y muebles prefabricados, *calafateo* para control de pérdidas de hormigón, adquisición de montantes metálicos y planchas de yeso-cartón ajustadas a altura de piso, sin costo adicional, y control de bodega.

En cuanto a reutilización, se aprovechó los restos de placas fenólicas para refuerzo de tabique, en cubierta de techo o como soporte de señalética, además del aprovechamiento de tinetas para acarreo de herramientas y materiales, cartón de embalaje para protección de piso, sacos para acarreo de escombros y pallets para almacenamiento de bodega y acopio de reciclaje.

Como un caso especial de reutilización interna y externa a la vez, cuenta con una iniciativa que busca premiar a trabajadores regalándoles tablas de picar que son elaboradas por terceros a partir de los restos de cubiertas de granito empleadas en muebles de cocina.

El plan de reciclaje en la obra comenzó en el mes 18, acopiando principalmente materiales como cartón. No fue posible el acopio PET debido a la falta de compromiso de los trabajadores. Tampoco fue posible el acopio de despuntes de perfiles de acero galvanizado debido al bajo volumen generado como consecuencia positiva de su adquisición predimensionada. Hubo un intento por acopiar PEBD, pero por dificultades del reciclador base no fue posible su retiro, descartándose junto al resto del escombros.



*Ilustración 3.16. Acopio de plásticos en punto limpio de Obra E.*

#### ▪ **Obra F**

Durante el período de estudio, en la Obra F se encuentran activas las etapas de obra gruesa, con losa de avance hasta el piso 13, terminaciones e instalaciones.

El traslado interno de los residuos se hace a través de un chute de descarga y sacos acarreados por los trabajadores para residuos livianos.

Para el almacenamiento de escombros, se cuenta con dos contenedores de 9 m<sup>3</sup>, que son reemplazados periódicamente por uno vacío y los escombros son transportados por un camión a un botadero autorizado según la legislación vigente.

En la Tabla 3.8 se muestra el registro, en volumen, de los escombros retirados y el avance en superficie hormigonada del período respectivo. En este se excluyen los 4 primeros meses, donde se realizaron las tareas de excavación y socializado. Se destaca el mes 8, cuando comienzan a ejecutarse las terminaciones. En la Ilustración 3.17 se esquematiza el resultado del registro.

Tabla 3.8. Registro de retiro de escombros, Obra F. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro [m <sup>3</sup> ]	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Avance [m <sup>2</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
4	39	39	493	0,00
5	33	72	986	0,00
6	80	152	1.479	0,01
7	118	270	2.564	0,02
<b>8</b>	<b>81</b>	<b>351</b>	<b>3.649</b>	<b>0,02</b>
9	90	441	4.734	0,03
10	108	549	5.819	0,03
11	144	693	6.904	0,04
12	126	819	7.989	0,05

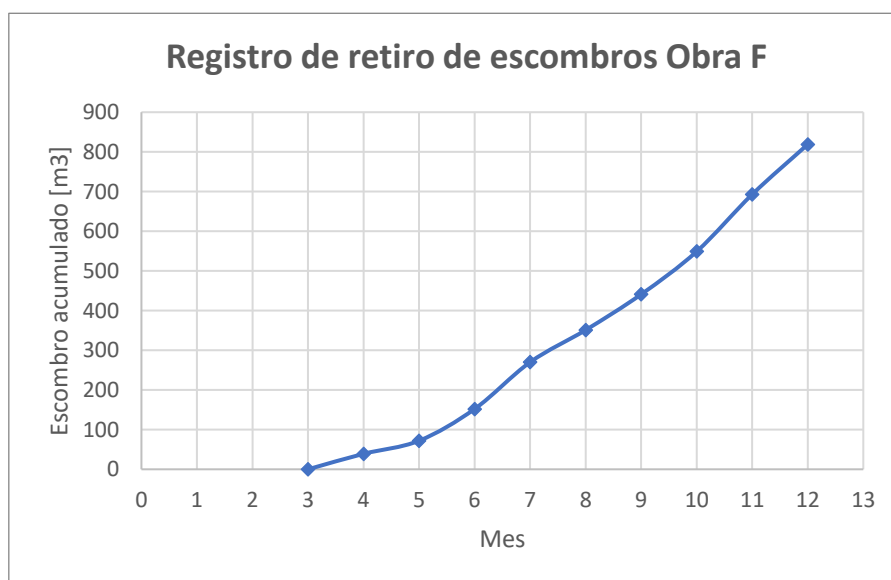


Ilustración 3.17. Registro de retiro de escombro, Obra F. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

A continuación se mencionan las prácticas evidenciadas en cuanto a gestión de residuos, relativas a prevención, reutilización y reciclaje, dejando para los capítulos respectivos la profundización sobre cada concepto.

Como antecedente general, la obra no participó del programa CONsentido y, en general, el compromiso de los trabajadores para el desarrollo de medidas sustentables fue satisfactorio, existiendo una cantidad mínima de material recuperables desechados junto al escombro general.

Entre las medidas que aportan a prevenir la generación de residuos está el uso de escaleras y muebles prefabricados, adquisición de planchas de yeso-cartón predimensionadas, *calafateo* y control de flujo de materiales.

Las prácticas de reutilización evidenciadas son el aprovechamiento de placas fenólicas para refuerzo de tabique y protección de ventanas, pallets para almacenaje de materiales en bodega, acopio de reciclaje y cubierta de superficies mojadas en patio, sacos para transporte interno de escombros y tinetas para acarreo de herramientas y materiales.

El reciclaje en la Obra F comenzó en el mes 10 y consideró materiales como cartón, PET y despuntes de perfiles de acero galvanizado. El registro fue llevado durante las primeras 4 semanas de ejecución del plan de reciclaje, posterior a eso se siguió con el acopio y retiro de material, pero sin llevar el control de las cantidades entregadas. En la Ilustración 3.18 se muestra el punto limpio de la Obra F, para el que se adquirieron contenedores con ruedas, sin respetar por completo los colores indicados en la NCh 3322.



*Ilustración 3.18. Punto limpio Obra F.*

## 4. PREVENCIÓN

De acuerdo con la jerarquía de gestión de residuos planteada previamente, el paso más importante para alcanzar una industria de la construcción sustentable, y en general cualquier actividad humana que implique el consumo de recursos, es el de prevención.

Se entenderá por prevenir al esfuerzo por tomar, oportunamente, decisiones orientadas a generar el mínimo posible de residuos. En este sentido, es necesario que desde etapas tempranas de un proyecto se tengan consideraciones al respecto, ya que muchas de las decisiones tomadas, por ejemplo en el diseño arquitectónico y estructural del edificio, tendrán repercusiones posteriormente, al momento de construir, que es la etapa en la que se enfoca este trabajo.

### 4.1. Prevención en etapa de diseño

En los **Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas, Tomo IV: Materiales y Residuos** (Minvu, 2018), se propone consideraciones para tener en cuenta a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción de viviendas, aplicables tanto a edificación en altura como en extensión. A continuación se presentan algunos de los puntos más relevante a considerar en la etapa de diseño:

- Uso de materiales regionales, fabricados con recursos naturales de la zona. Esto permite aportar a la economía local y reducir el impacto ambiental asociado al transporte de los productos.
- Uso de materiales con contenido reciclado. El uso de material reciclado disminuye el impacto ambiental asociado a la extracción y procesamiento de materiales vírgenes.
- Reducir el uso de materiales con contenido de químicos que pueden dañar la salud humana y el medioambiente. Entre estos materiales se encuentran pinturas, adhesivos, sellos, productos de madera compuesta, entre otros.
- Uso de materiales de rápida renovación. Esto con el objetivo de reducir el agotamiento de materias primas finitas o de aquellas con largos períodos de renovación, reemplazándolas por materiales de rápida renovación. Algunos ejemplos de materiales de rápida renovación y sus posibles usos son: bambú para pisos o carpintería, corcho para pisos o aislaciones, algodón para aislaciones, lana para alfombras, entre otros.
- Uso de materiales de alta durabilidad. La selección adecuada de estos materiales permite reducir los costos por mantención, o incluso reemplazo, en la etapa de operación, además del consumo de nuevos materiales que eso implica.
- Estudiar estrategias para la optimización de materiales. La incorporación de sistemas pre-fabricados, como la escalera mostrada en la Ilustración 4.1, y el aprovechamiento del pre-dimensionado son opciones que permiten prevenir la generación de residuos, además de la mano de obra requerida, sin afectar la calidad del producto. Si bien el dimensionamiento correcto de los materiales debería ser considerado desde el diseño, es posible de corregir satisfactoriamente en la etapa de construcción por lo que se abordará en detalle más adelante. Un claro ejemplo de esto es la definición de la altura de piso teniendo en cuenta las dimensiones comerciales de elementos como los perfiles

metálicos y planchas de yeso-cartón empleados en la construcción de tabiquería de volcometal.



*Ilustración 4.1. Escalera prefabricada en instalación, aún con ganchos de izaje, Obra A.*

## **4.2. Prevención en etapa de construcción**

Para la elaboración de la guía de buenas prácticas para la gestión de residuos, que es el objetivo de este trabajo, el aspecto más relevante para alcanzar el ideal de economía circular en la construcción, y también el que presenta mayor dificultad en su implementación, es el de prevenir la generación de residuos.

Como se mencionó anteriormente, los problemas provenientes de la etapa de diseño podrán ser sólo mitigados mediante procedimientos de gestión de residuos, no eliminados. A continuación, se presentan alternativas para prevenir la generación de residuos, aplicables en la etapa de construcción para mitigar los errores provenientes del diseño.

### **4.2.1. Optimización de faenas constructivas**

El aseguramiento de la calidad es un campo que requiere constante desarrollo en cualquier industria. La adecuada ejecución de los trabajos no sólo lleva a una menor generación de residuos, que es el enfoque de este estudio, sino que también significa menores costos y plazos, que se traducen en mayor productividad, aspecto relevante en una industria en constante crecimiento como la construcción.

A continuación, se presentan algunas medidas a considerar para reducir la pérdida de materiales y, en consecuencia, los escombros generados:

- **Moldajes y hormigón**

El correcto uso de moldajes de calidad es imprescindible para la adecuada ejecución de las faenas de hormigonado. Este influye tanto en la calidad del elemento a hormigonar, reduciendo la necesidad de demoler aquellos defectuosos, como en la eficiencia en el uso de hormigón ya que, al contar con moldajes que garanticen una adecuada estanqueidad, la pérdida por lechada que escurre fuera este se ve reducida, y con ello los trabajos necesarios para corregirlo. Además, el uso de moldajes de calidad,

capaces de resistir a un mayor número de usos, reduce el consumo de materiales requeridos para su renovación.

A continuación se presentan las prácticas para reducir la generación de residuos asociado a moldajes y hormigón:

- Durante el proceso de hormigonado, debido a la irregularidad en el contacto del moldaje con los elementos previamente hormigonados donde se apoya, ocurre el escurrimiento de lechada, que al endurecerse, genera imperfecciones, como se muestra en la Ilustración 4.2, que necesitan ser reparadas removiendo el excedente de material.



*Ilustración 4.2. Ejemplo de muro con escurrimiento de lechada ya endurecida, Obra C.*

Como solución a esta situación, se dispone un material que aporte a la impermeabilidad a lo largo de la zona de contacto entre el moldaje y el elemento sobre el que se apoya. En el caso mostrado en la Ilustración 4.3, se dispuso una esponja de poliuretano para garantizar la estanqueidad del sistema, evitando el escurrimiento descontrolado de lechada. Esta práctica es conocida como *calafateo*. Es importante el retiro oportuno del material, antes del endurecimiento de la lechada, reduciendo así la cantidad de trabajo requerido para su remoción.



*Ilustración 4.3. Material absorbente remanente en encuentro de muro y losa, Obra A.*

- Con el fin de extender la vida útil de las placas fenólicas utilizadas en los moldajes, se aplica pintura impermeable (del tipo de la usada para piscinas) en los cantos. Esto permite reducir la absorción de humedad por los bordes de las placas, donde son permeables, extendiendo su vida útil al evitar que estas, al hincharse, pierdan aceleradamente su calidad.
- El uso de moldajes deteriorados tiene como consecuencia la elaboración de elementos de calidad insuficiente. Una práctica que aporta a reducir los escombros generados por reparación de elementos de hormigón es considerar la duración real de las placas fenólicas, evaluar su estado al momento de recibir las, devolviéndolo al proveedor en caso de ser inadecuado, y programar su renovación oportunamente antes de que el daño llegue a un nivel en que afecte su desempeño, como se muestra en la Ilustración 4.4, evitando el sobre uso de estas.



*Ilustración 4.4. Placa fenólica descartada por mal estado, Obra A.*

- Parte de los residuos de hormigón proviene del premezclado que llega a la obra pero no es utilizado. Todo el hormigón que es llevado a la obra debe ser descargado, incluso cuando en ocasiones no se cuenta con las condiciones para recibir adecuadamente la totalidad de la entrega, ya sea por atraso en el montaje de moldajes, armaduras u otra falla en la coordinación.

Cuando esto ocurre, el excedente de hormigón es descargado de la manera en que sea posible y posteriormente es desechado junto al resto de escombros. Para evitar problemas de este tipo, es necesario llevar un control detallado de los volúmenes de hormigón posibles de recibir, comunicándose de manera oportuna con el proveedor en caso de requerir un cambio en el envío, ya sea menor cantidad o cambio en el momento de entrega.

- **Acero de refuerzo**

A diferencia del hormigonado, que se realiza en la ubicación que tendrá el elemento en que se está trabajando, siguiendo el avance de la obra, las primeras tareas asociadas al acero de refuerzo se realizan en un espacio definido y relativamente constante dentro de la obra. Este espacio, denominado taller de enfierradores, es donde trabajadores especializados cortan y doblan las barras de acero para conformar la estructura de refuerzo del hormigón armado, según lo especificado en los planos, que

posteriormente es trasladada a su ubicación definitiva. En la Ilustración 4.5 se muestra un trabajador doblando barras de refuerzo en el taller de enfierradura de la Obra C.



*Ilustración 4.5. Trabajador doblando barras de refuerzo en taller de enfierradura, Obra C.*

Al contar con un espacio que proporciona condiciones adecuadas de trabajo, se reducen los errores de ejecución que llevan a la necesidad de desechar un producto ya elaborado, o parte de él como en el caso del hormigonado. La principal fuente de generación de residuos de acero se da por el no aprovechamiento del total del material.

Debido al alto potencial de aprovechamiento del acero, los retazos no utilizados en la obra suelen ser almacenados y vendidos para ser reciclados. Si bien, esto resulta en un volumen despreciable de residuos de acero en el escombro que es llevado a botadero, existe una posibilidad de mejorar la situación con el objetivo de generar el menor volumen de residuo posible.

A continuación se mencionan algunas prácticas orientadas a reducir la generación de residuos de acero:

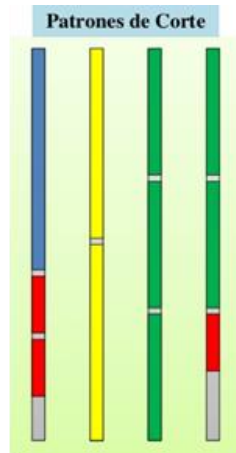
- Existen empresas en Chile, como Sack y Francisco Petricio, que ofrecen el servicio de corte y doblado de barras de acero de refuerzo. Esta alternativa permite reducir la generación de residuos, además de lograr armaduras de mejor calidad, aumentar productividad, reducir el espacio físico requerido y el riesgo de accidentes en obra, entre otros beneficios.

Al conversar con administradores de las obras, la razón común para no implementar esa alternativa fue la costumbre de trabajar con el método “tradicional” de corte y doblado en obra. Se identificó, en base a sus experiencias anteriores, que la principal dificultad que se presenta es debida a los envíos incorrectos, donde está la posibilidad de recibir elementos de dimensiones incorrectas, o en menor o mayor cantidad que la requerida. Para la implementación exitosa de esta alternativa, manifiestan la necesidad de una persona dedicada exclusivamente a la coordinación con los proveedores.

- Cuando el corte y doblado de las barras se efectuará en obra, el mercado ofrece distintas longitudes y diámetros para adaptarse a los requerimientos específicos de la obra. Con el objetivo de darle el mejor uso al material y reducir los residuos generados, se debe optimizar el cortado de las barras.



En la práctica, para garantizar la correcta implementación del sistema optimizado, es necesario garantizar las condiciones de trabajo adecuadas que lo permitan. Proporcionar espacios en los que almacenar ordenadamente los despuntes, categorizándolos según longitud y diámetro, facilitaría el trabajo del enfierrador quien accederá con más facilidad a retazos que puede aprovechar, principalmente ante la necesidad de piezas pequeñas, evitando que recurra a una barra nueva.



*Ilustración 4.6. Ejemplo de patrones para problema de corte unidimensional. Fuente: Castro, 2010.*

#### **4.2.2. Adquisición de materiales pre-dimensionados**

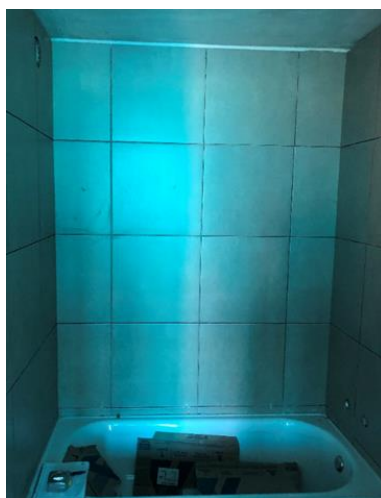
Como se mencionó previamente, la adquisición de materiales pre-dimensionados es una alternativa que permite de mitigar los errores en el dimensionamiento de elementos, como ocurre con la tabiquería.

Para llevarlo a cabo es fundamental la coordinación entre el proveedor y el encargado de las adquisiciones para la obra. Existen en el mercado proveedores abiertos a la negociación, ofreciendo la entrega de materiales dimensionados a los requerimientos de la obra.

A continuación, se presentan los materiales que podrían considerarse para esta alternativa:

- **Cerámicas**

Debido a la forma de instalación de las cerámicas, donde se debe revestir superficies con bloques de dimensiones preestablecidas, es necesario recurrir a cortes para lograr abarcar la totalidad del área. En la Ilustración 4.7 se muestra uno de los muros de baño de la Obra A, donde las palmetas de los bordes izquierdo, derecho e inferior debieron ser cortadas para ajustarse al espacio destinado.



*Ilustración 4.7. Paño de cerámica en muro de baño, Obra A.*

La práctica de efectuar cortes implica gastos adicionales, algunos evidentes y factibles de cuantificar como el costo del material adicional que es necesario comprar, dejando un margen para suplir las pérdidas por cortes incorrectos o material dañado, o el costo de llevar a botadero los retazos que no es posible aprovechar. También hay costos no tan evidentes, y por ello más difíciles de cuantificar, como la mano de obra asociada a mantener la limpieza de los espacios, ya sea para su entrega o para trabajar en un espacio confortable, o el acarreo de los desechos al interior de la obra.

Como solución a esta situación, hay empresas proveedoras de cerámicas que ofrecen entre sus servicios el pre-dimensionamiento de las palmetas, entregándolas en paquetes con ilustración específica para cada espacio. Esto significa más trabajo para el proveedor, que debe coordinar con la obra las dimensiones requeridas, cortar y empaquetar las nuevas piezas, por lo que es un servicio que significa un costo adicional.

La respuesta de los administradores ante esta alternativa fue variada. Entre las razones para no considerarla se encuentra:

- Desconocimiento, al ser una práctica reciente y poco habitual.
- Incerteza, respecto al costo adicional que significaría, ya que el proveedor debe estudiar en detalle el caso de aplicación para poder presentar una oferta.
- Desconfianza, al ser la construcción un trabajo predominantemente artesanal, esta alternativa presenta diversos riesgos. Por ejemplo la inexactitud de las dimensiones de la superficie a cubrir, si bien existe una tolerancia respecto a las desviaciones de las dimensiones resultantes respecto a las establecidas, una variación de un par de centímetros en el caso de cerámicas puede significar la necesidad de descartar por completo o requerir un ajuste adicional de una pieza.

Para evaluar económicamente la conveniencia de este servicio, la obra deberá comparar el costo de contratarlo con las pérdidas asociadas al manejo propio de la situación.

#### ▪ **Muebles**

En la práctica, las partidas asociadas a muebles como los de cocina, baño o closets son, en general, subcontratadas. Esto da paso a que el subcontratista, según su

capacidad y condiciones particulares, al momento de negociar con la obra, determine si serán confeccionados *in situ*, o pre-fabricados e instalados directamente en la obra.

En el caso de trabajar con muebles pre-fabricados, al confeccionarlos en un lugar diseñado para ese fin, donde el fabricante cuente con las condiciones óptimas para desarrollar su trabajo, se espera obtener productos de mejor calidad, además de generar una menor cantidad de residuos.



*Ilustración 4.8. Mueble de cocina prefabricado, listo para su instalación, Obra A.*

En caso contrario, es necesario una adecuada comunicación con el subcontrato para garantizar que sus intereses estén alineados con los de la obra y se responsabilicen de los residuos generados, procurando generar el mínimo posible, optimizando el corte de las piezas según las medidas de las planchas usadas. Sin embargo, esta alternativa es poco frecuente en la práctica.

Una opción intermedia, que suele ser usada para estanterías de closets, es el pre-dimensionamiento. Consiste en cortar los tableros antes de su llegada a la obra, donde se efectúan los ajustes necesarios para adecuar la pieza a las irregularidades naturales de la construcción y finalmente son montados en su posición.



*Ilustración 4.9. Tableros predimensionados para estantería de closet, Obra A.*

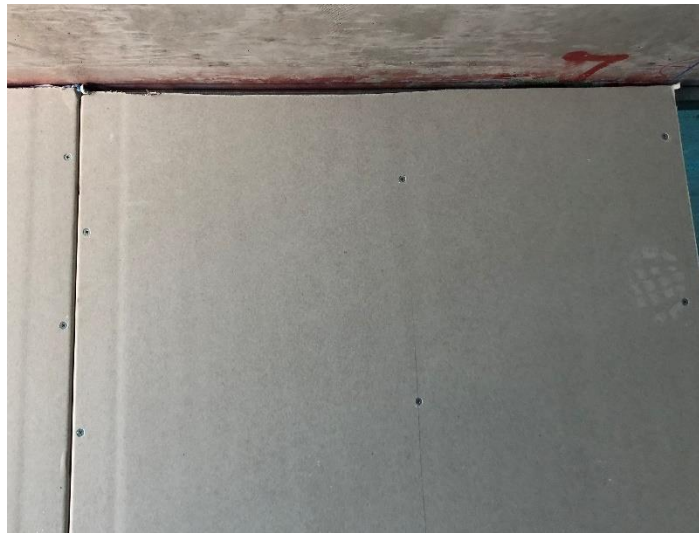
- **Tabiquería de volcometal**

Como se mencionó anteriormente, la compatibilidad entre la altura de piso y las dimensiones comerciales de los elementos requeridos en la tabiquería de volcometal es una consideración que debiera tenerse en cuenta al momento del diseño.

La incompatibilidad entre estas dimensiones genera la necesidad de, sistemáticamente, recortar tanto los montantes metálicos como las planchas de yeso-cartón para ajustarlas a las dimensiones requeridas.

Al existir esta necesidad constante, una solución posible es negociar con los proveedores. Esto, en general, es factible cuando las cantidades adquiridas por la obra son significativas para el proveedor. El objetivo de la negociación es conseguir elementos de menores dimensiones a un costo que lo haga conveniente, idealmente sin costo adicional como en el caso presentado de la Obra E, donde la compra de elementos de dimensiones ajustadas a la obra (233 cm) fue por el mismo precio del largo comercial estándar (240 cm).

La necesidad de ajuste de los elementos en obra da espacio a errores que podrían significar el reemplazo completo de algunos elementos, además de las pérdidas asociadas al excedente. En la Ilustración 4.10 se ve la imperfección producida por el corte a la plancha de yeso-cartón para su ajuste a la altura de piso, en este caso se encuentra dentro de la tolerancia. En la Ilustración 4.11 se muestra parte del excedente de montantes metálicos en la Obra A, acopiado para ser reciclado. En este caso, de manera excepcional, en la Obra A se recibieron perfiles más extensos (3 metros) que el largo comercial estándar (2,4 metros), como material restante de otra obra.



*Ilustración 4.10. Tabique cortado para ajuste a altura de piso, Obra A.*



*Ilustración 4.11. Excedente de perfiles metálicos acopiado para reciclaje, Obra A.*

#### **4.2.3. Control de flujo de materiales en obra**

Como se mencionó en el capítulo de caracterización de residuos, las obras estudiadas cuentan con control de flujo de materiales. Esta práctica permite llevar la trazabilidad de los elementos desde su salida de bodega hasta la colocación en su destino final.

El objetivo es reducir la pérdida de material, ya sea por rotura, extravío, hurto u otro motivo. Para conseguirlo es necesario llevar el historial de los materiales que son pedidos en bodega, registrando la persona que lo solicita y con qué fin.

Con esto se busca incentivar el cuidado de los materiales por parte de los trabajadores, además de permitir un mejor desempeño a nivel de bodega, facilitando el registro de los recursos disponibles para coordinar la adquisición oportuna de nuevos materiales y evitar atrasos por falta de estos.

## 5. REUTILIZACIÓN

Luego de la prevención, la jerarquía de gestión de residuos indica que las medidas a tomar deben orientarse a la reutilización.

Se entenderá por reutilización al aprovechamiento de un residuo generado dándole un nuevo uso, sin requerir el paso por procesos que alteren significativamente su composición material. El nuevo uso dado puede ser con un propósito similar al que fue adquirido inicialmente o uno completamente distinto.

Se distinguen dos grandes categorías en el ámbito de la reutilización de residuos de construcción, la reutilización interna y externa.

### 5.1. Reutilización interna

Esta consiste en aprovechar parte de los residuos generados por la obra, en actividades de la misma obra, retrasando así la eliminación del material, a la vez que se evita el gasto asociado a la compra de material nuevo para servir el mismo propósito.

Una forma especial de reutilización interna es aprovechando residuos generados en etapas de demolición o excavación para etapas posteriores propias de la constructora. Un ejemplo habitual es el aprovechamiento de tableros de madera prensada o planchas metálicas para la instalación de faenas.

Incluso cuando la reutilización permite extender la vida útil de estos materiales, eventualmente llegan a no estar en condiciones de seguir siendo reutilizados. Al término de su vida útil, o cuando ya no existe la necesidad de usarlos, se sugiere prepararlos para reciclaje, evitando en lo posible su eliminación como escombros.

A continuación se mencionan algunos elementos y la forma en que estos pueden ser reutilizados dentro de la obra.

- **Tinetas**

Las tinetas, usualmente fabricadas de polietileno de alta densidad (PEAD), contienen materiales usados en actividades de pintura, impermeabilización, faenas húmedas, revestimiento de muros y pavimentos.

Son aprovechadas por los trabajadores para el traslado de herramientas, materiales o escombros. También son dispuestas como contenedores de basura en las zonas en que sean requeridas.

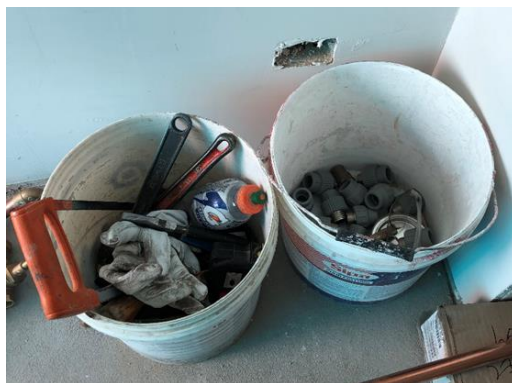


Ilustración 5.1. Tinetas usadas para traslado de herramientas y materiales, Obra A.

- **Tambores**

Los tambores, usualmente metálicos o de cartón sólido, conocidos como cuñete, contienen materiales usados en faenas de pintura, hormigonado y faenas húmedas, como por ejemplo, retardantes de fraguado, desmoldante, membranas de curado, pastas para enlucido, promotores de adherencia para estucos, entre otros.

Son reutilizados de manera similar a las tinetas, aprovechándolos como contenedores de basura, agua u otros materiales que puedan ser requeridos en los distintos espacios de la obra.



*Ilustración 5.2. Cuñete reutilizado como contenedor de basura, Obra A.*

- **Pallets**

Los pallets de madera que clasifican como residuos se generan por daño en los pallets comprados para almacenaje de materiales o adquiridos junto con materiales que son entregados a la obra en grandes cantidades. No se consideran los pallets que son propiedad del proveedor y deben ser devueltos.

Son aprovechados, en general, para el almacenaje de materiales en bodega a la altura mínima requerida para protegerlos de la humedad y de forma de poderlos trasladar cómodamente con la maquinaria disponible.

Otra posible aplicación es ser reutilizados para la construcción de sectores de acopio de reciclaje u otro material que requiera ser segregado, como se muestra en la Ilustración 5.3, donde son reutilizados para la fabricación del acopio de cartón, pintándolos del color establecido en la NCh3322 e identificándolo debidamente.



*Ilustración 5.3. Sector de acopio de cartón, confeccionado con pallets de madera reutilizados, Obra A.*

- **Placas fenólicas**

Las placas fenólicas se emplean en moldajes, para obtener elementos de buena calidad es necesario que las placas se encuentren en buen estado, por lo que luego de un determinado número de usos deben ser reemplazadas.

Se necesita la expresa autorización del profesional a cargo, quien verifica que no puede cumplir más su función de moldaje, para darle nuevos usos. Algunas maneras habituales de reutilizarlas son como refuerzo de tabiques (Ilustración 5.4), como parte de la estructura de soporte de techo, como soporte de señalética (Ilustración 5.5), para confección de bancos de trabajo o para protección de tinas, entre otros diversos posibles usos.



*Ilustración 5.4. Reúso de placa fenólica como refuerzo de tabique, Obra A.*



*Ilustración 5.5. Reúso de placa fenólica para soporte de señalética, Obra A.*

- **Cartón**

Los residuos de cartón provienen de embalaje de materiales adquiridos por la obra, como piso fotolaminado, hornos, inodoros, grifería, quincallería u otros.

Es aprovechado para la protección de ciertos elementos como el mismo piso fotolaminado, tinas u otras superficies, en reemplazo al cartón corrugado comprado para el mismo fin. Puede ser trasladado desde departamentos que ya no requieren protección, por estar terminados, a otros que lo requieran, para máximo provecho.

Además, algunos proveedores ofrecen la alternativa de recuperar el embalaje de sus productos, como cocinas, hornos u otros.





*Ilustración 5.6. Cajas de cartón reutilizadas para protección del piso fotolaminado, Obra A.*

#### ▪ **Sacos**

Los sacos, elaborados de capas intercaladas de papel y polietileno o rafia<sup>3</sup>, contienen materiales secos como yeso, cemento, cal, adhesivos en polvo, nivelador de piso, entre otros.

Los sacos de rafia pueden ser reutilizados para el acarreo y acopio de escombros, reduciendo la necesidad de comprar sacos especialmente destinados a ese fin. En la Ilustración 5.7 se muestra una zona de acopio en altura de la Obra A, donde los escombros son almacenados en sacos que posteriormente son bajados por el montacarga, para finalmente ser dispuestos en el contenedor correspondiente.

Es importante distinguir la materialidad de los sacos ya que sólo los de rafia son lo suficientemente resistente para acarrear escombros. El otro tipo de saco usado está compuesto por capas intercaladas de papel y polietileno, como se muestra en la Ilustración 5.8, lo que imposibilita su reutilización e incluso reciclaje.



*Ilustración 5.7. Sacos de rafia reutilizados para acopio de escombros en altura, Obra A.*

---

<sup>3</sup> Rafia: fibra elaborada a base de polipropileno.



*Ilustración 5.8. Saco de material compuesto, Obra A.*

### ▪ Tuberías

Los despuntes de las tuberías, habitualmente de PVC o PEAD, utilizadas en instalaciones eléctricas y de corrientes débiles, pueden ser aprovechados para nuevos fines, como encamisado para fijación de moldajes o sujeción temporal de cables, como se muestra en la

*Ilustración 5.9, donde fue necesario adaptar su forma para el nuevo propósito.*



*Ilustración 5.9. Tubería de PVC adaptada para sujeción temporal de cables, Obra A.*

De la misma forma, los despuntes de las tuberías usadas en instalaciones sanitarias pueden ser aprovechados para dar soporte al mismo sistema de tuberías, como se muestra en la Ilustración 5.10.



*Ilustración 5.10. Tubería adaptada para soporte permanente de ducto de descarga de WC, Obra A.*

## 5.2. Reutilización externa

La reutilización externa consiste en relacionarse con personas o instituciones, externas a la obra, que puedan hacer uso de los materiales generados como residuos. El objetivo es que sea beneficioso para ambas partes en tanto la obra reduce la cantidad de escombros necesarios de llevar a botadero, y con ellos el costo asociado, mientras que quien lo recibe lo aprovecha como materia prima para sus propias actividades.

Una forma especial de reutilización externa, es aprovechando materiales provenientes de otras obras, ya sea por exceso, cese de la necesidad de usarlos en la obra que los provee u otra razón.

A continuación se mencionan algunos materiales y la forma en que estos pueden ser aprovechados por terceros.

### ▪ Tinetas

Las tinetas que no encuentren un uso dentro de la obra pueden ser aprovechadas por terceros para una gran variedad de aplicaciones. Entre esos se encuentra la elaboración de compostadoras caseras (Ilustración 5.11), asientos (Ilustración 5.12), lámparas (Ilustración 5.13), maceteros, entre otros.



Ilustración 5.11. Ejemplo de uso de tinetas para elaborar compostadora casera. Fuente: [ecoinventos.com](http://ecoinventos.com)



Ilustración 5.12. Ejemplo de posa pies elaborado a partir de una tineta. Fuente: [estabueno.com.ar](http://estabueno.com.ar)



Ilustración 5.13. Ejemplo de lámpara elaborada a partir de una tineta. Fuente: [estabueno.com.ar](http://estabueno.com.ar)

- **Pallets y madera**

Existen empresas que trabajan reutilizando pallets y otros restos de madera para la elaboración de una gran diversidad de muebles, como terrazas, estanterías, jardines verticales (Ilustración 5.14), o incluso estructuras más grandes, como mostradores para eventos (Ilustración 5.15).



*Ilustración 5.14. Ejemplos de muebles y decoración elaborados a base de pallets reutilizados.*  
**Fuente: reciclacion.cl**



*Ilustración 5.15. Mostrador de evento elaborado en base a pallets.* **Fuente: donpallets.cl**

- **Cubiertas pétreas**

Los materiales pétreos, como el granito, empleados en cubiertas de muebles, como la cubierta de cocina mostrada en la Ilustración 5.16, generan un volumen importante de residuos, comparado al volumen efectivamente instalado, al requerir perforaciones para la instalación de lavaplatos y encimeras de cocina, que abarcan una superficie considerable de cada cubierta. El material restante puede ser aprovechado por el mismo proveedor de cubiertas, para ser utilizado en trabajos similares, o por artesanos que trabajen con materiales pétreos para la elaboración de sus productos, como los platos mostrados en la Ilustración 5.18.



*Ilustración 5.16. Cubierta de cocina de granito con perforaciones para lavaplatos y encimera, Obra A.*



*Ilustración 5.17. Restos de granito de cubierta de cocina acopiados informalmente, Obra A.*



*Ilustración 5.18. Ejemplo de platos artesanales de granito. Fuente: [chileamano.com](http://chileamano.com)*

## 6. RECICLAJE

En este capítulo se presentarán los aspectos a considerar para el diseño de un plan de reciclaje, entre ellos los aspectos logísticos, materiales a tratar y la disponibilidad de tecnología para su procesamiento.

Se entenderá por reciclaje al tratamiento de un residuo para el aprovechamiento de su composición material, sometiéndolo a procesos que requieren consumo de energía o materiales adicionales.

Para elaborar el plan de reciclaje se plantean los siguientes aspectos a considerar:

- Contacto con recicladores: establecer los recicladores con que se trabajará, ya sea recicladores de base o empresas especializadas, destacando la importancia de contar con un certificado de disposición final de los residuos. Aclarar previamente con el reciclador las condiciones que deben cumplir los materiales a para ser recibidos.
- Categoría de residuos: definir el tipo de residuos a reciclar y un formato adecuado para su identificación, respetando la NCh3322 sobre colores de contenedores para residuos.
- Punto limpio: destinar espacio físico en la obra donde acopiar, de manera segregada, los distintos materiales, favoreciendo la fácil accesibilidad para su disposición y retiro.
- Implementación: capacitar al personal, indicando qué tipo de residuos deberán ser dispuestos en el punto limpio, cómo identificarlos correctamente y que consideraciones tener para su acopio.
- Seguimiento: llevar registro de los retiros, con los certificados de disposición final correspondientes, indicando tipo de material, volumen o masa , fecha y responsable del retiro.

A continuación se presentan los principales materiales posibles de reciclar, indicando las actividades en que se generan en una obra de construcción y la disponibilidad de tecnología para su tratamiento.

### ▪ **Cartón y papel**

En construcción, el cartón generado como residuo proviene de embalajes o rollos de cartón corrugado comprados para la protección de piso u otros elementos susceptibles de sufrir daño con faenas posteriores a su instalación, como tinajas, encimeras de cocina, entre otros. El papel se genera principalmente en oficina, donde es usado para impresión de documentos o planos, además de ser parte del embalaje de algunos productos a modo de instructivo, ficha técnica, etc.

En la Región Metropolitana, Chile, existen empresas certificadas dedicadas al reciclaje de papel y/o cartón, como por ejemplo Sorepa S.A. y Recupac, además de recicladores de base, por lo que el reciclaje de estos materiales es completamente factible.

### ▪ **Madera**

La madera como residuo de construcción tiene diversas fuentes, como retazos de muebles o piso fotolaminado, restos de placas fenólicas dañadas, tableros usados en la

instalación de faenas, siendo todos estos de madera artificial. Por otro lado, la madera natural suele ser usada para elaboración de cercos de seguridad para prevención de caídas, que usualmente son pintados, o plataformas de trabajo.



Ilustración 6.1. Barrera de seguridad elaborada con madera pintada, Obra A.

En Chile no existen empresas con la tecnología necesaria para el tratamiento de residuos de madera natural contaminada o de madera artificial. Sólo resulta factible la valorización de los restos de madera natural libre de contaminantes, esto puede reciclándola para fabricar aserrín, viruta u otros derivados, o valorizándola energéticamente, dándole uso como leña. En la provincia de Santiago, por normativa de calidad del aire, está prohibido el uso de leña para calefacción, por lo que para valorizar energéticamente los residuos de madera será necesario entregarlo a instituciones fuera de la provincia.

#### ▪ Metales

Los residuos metálicos generados de manera significativa en construcción habitacional en Chile, que usualmente son estructurados de hormigón armado con tabiquería de volcometal, son los despuntes de acero de refuerzo, los perfiles metálicos del tabique y las latas de bebidas consumidas por los trabajadores.

En la Región Metropolitana, Chile, existen empresas certificadas dedicadas al reciclaje de metales, ferrosos y/o no ferrosos, como por ejemplo Metalúrgica y Mecánicas Midas Ltda. y SONAMET, además de recicladores de base, por lo que el reciclaje de metales es completamente factible.

#### ▪ Plásticos

Los distintos tipos de plásticos tienen aplicaciones específicas gracias a sus propiedades características. A continuación se mencionan los usos comunes de cada uno en construcción:

- Tereftalato de polietileno (PET): botellas transparentes de líquidos como bebidas, limpiador de piso u otros detergentes, bandejas desechables de comida. Distinguible por la presencia de un “botón” en la base, como se indica en la

Ilustración 6.2, o el símbolo de reciclaje ♻.

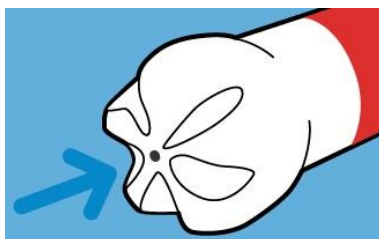


Ilustración 6.2. Cómo identificar una botella de PET. Fuente: recipet.cl

- Polietileno de alta densidad (PEAD): envases u otros elementos duros, como bidones opacos de detergentes, tinetas y tuberías flexibles. Distinguible por una línea de soldadura en el contorno que indica que fue fabricado a partir de dos piezas adheridas, o por el símbolo de reciclaje ♻️.



Ilustración 6.3. Ejemplos de bidones de PEAD. Fuente: resimport.com

- Cloruro de polivinilo (PVC): usado principalmente en la elaboración de tuberías rígidas, usadas en instalaciones, y marcos de ventanas. Identificable por el símbolo de reciclaje ♻️.
- Polietileno de baja densidad (PEBD): empleado en la elaboración de películas de embalaje o bolsas desechables, distinguible por capacidad de estirarse formando estrías antes de la ruptura o por el símbolo de reciclaje ♻️.



Ilustración 6.4. Ejemplos de uso de PEBD. Fuente: asipla.cl

- Polipropileno (PP): componente de la fibra de rafia usada para sacos o bolsas para embalaje de alimentos, enchufes, antiparras, entre otros. Distinguible por mayor resistencia a ser estirado que el PEBD o por el símbolo de reciclaje ♻️.
- Poliestireno expandido (PS): material empleado en la confección de embalaje de productos frágiles, gracias a su elevada resistencia a impactos, distinguible por estar conformado por pequeñas esferas adheridas una a otra o por el símbolo de reciclaje ♻️.
- Otros: entre las diversas aplicaciones está como envase flexible para detergentes o alimentos (*doypack*), artículos electrónicos, entre otros. Distinguible por el símbolo de reciclaje ♻️.

En la Tabla 6.1 se mencionan empresas dedicadas al reciclaje de plásticos, disponibles en la Región Metropolitana, y los materiales de procesan.



Se resalta los casos de Comberplast e Idea-tec, que entre los productos que fabrican con el material que reciclan se encuentran drenes geo sintéticos, contenedores y pallets, en el caso de Comberplast, y pinturas de alto tráfico por Idea-tec, que podrían ser ideas a considerar para generar un proyecto de economía circular, en que las obras provean de material para reciclar a estas empresas, que a su vez produzcan con ese recurso un producto que puedan consumir las obras.

Cabe destacar que no hay disponibilidad empresas para reciclaje de residuos de PVC, debido a la falta de tecnología para controlar los riesgos que representan los gases emitidos en el proceso.

Si bien existen alternativas para procesar todos los tipos de plásticos comunes, con la excepción mencionada del PVC, la gestión para poder disponer de ciertos tipos varía en dificultad según factores como la oferta de material o la demanda de parte de empresas que lo utilicen. Por ejemplo, hay variada oferta de recicladores de base dispuestos a retirar gratuitamente PET ya que son capaces de venderlo a un precio que les resulte rentable, opuesto al caso del PP, PS y otro.

*Tabla 6.1 Ejemplos de empresas recicladoras y tipos de plásticos procesados en la Región Metropolitana.*  
Fuente: MMA, 2012.

Empresa	Material
Greendot Chile S.A.	PET
	PEAD
	PEBD
	PP
	PS
	Otro
Comberplast	PEAD
	PEBD
	PP
	Otro
Recipet	PET
	PEBD
Greenplast	PEAD
	PP
Idea-tec	PS

#### ▪ Residuos inertes

Entre los residuos inertes generados en construcción se encuentra el hormigón de elementos que necesitan ser reparados, yeso, cal y similares usados en faenas húmedas, yeso-cartón de tabiques y restos de materiales cerámicos, como porcelanato, ladrillos, cerámicas y tejas.

En la región metropolitana, existen empresas certificadas, como Áridos Semot, que ofrecen reciclaje de áridos libres de contaminantes, por lo que el reciclaje es factible.

## 7. ANÁLISIS DE PRÁCTICAS

En este capítulo se analizan los registros de retiro de escombros, estimando la generación final de residuos de cada obra y el resultado de la aplicación del plan de reciclaje en obras reales. Por otro lado, se estima el impacto que tienen algunas de las medidas actualmente realizadas, como reutilización de cartón, placas fenólicas y sacos, además del que tendría la implementación de algunas prácticas, como el reciclaje de poliestireno, el pre-dimensionamiento de cerámicas y tabiques de volcometal.

### 7.1. Generación de escombros en obras estudiadas

El objetivo de la guía de buenas prácticas propuestas en este trabajo es el de reducir el volumen de residuos llevados a botadero, ya que esto reportaría beneficios económicos para la constructora y significaría una reducción de residuos que son dispuestos en el medio ambiente.

Una de las metas del plan **Construye Sustentable** de la constructora EBCO, es pasar de una tasa de escombros llevados a botadero de  $0,25 \text{ m}^3/\text{m}^2$  (metros cúbicos de escombros por metro cuadrado construido), correspondiente al promedio de registros históricos de la empresa, a  $0,18 \text{ m}^3/\text{m}^2$  en cada obra.

Para proyectar el cumplimiento o no de esta meta, se estima una tasa mensual de volumen de escombros generado por metro cuadrado total a construir, a partir del promedio de las obras estudiadas. Se distinguen tres etapas, la primera donde sólo se efectúan trabajos en obra gruesa, la segunda donde conviven tareas tanto de obra gruesa como de terminaciones, y la tercera cuando ya concluyó la obra gruesa y restas predominantemente faenas de terminaciones. Esta última a su vez se divide en dos tramos, con distintas tasas de generación de residuos en cada mitad del período. En la Tabla 7.1 se muestran los valores promedio obtenidos. Si bien esta información permite una primera aproximación, se sugiere ampliar la muestra para un resultado más representativo.

Tabla 7.1. Promedio de volumen de generación mensual de escombros por metro cuadrado total a construir [ $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{mes}$ ], según obras estudiadas. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Obra	Obra Gruesa	Obra Gruesa + Terminaciones	Terminaciones 1	Terminaciones 2
A	0,004	0,007		
B	0,007	0,017	0,022	0,006
C	0,006			
D	0,004			
E	0,007	0,013		
F	0,004	0,007		
<b>Promedio</b>	<b>0,005</b>	<b>0,011</b>	<b>0,022</b>	<b>0,006</b>

Con esto, se generan proyecciones según la fecha estimada de inicio de terminaciones, término de obra gruesa y final programado de obra, actualizadas según el programa actualizado de cada obra, según corresponda.

#### ▪ Proyección Obra A

Para proyectar el resultado final esperado para la Obra A, se complementa el registro mostrado en la Tabla 3.3, con los cinco meses restantes de trabajo, destacando

el mes 23, donde se proyecta el término de la obra gruesa, y el mes 27, fecha estimada de término de la construcción.

Tabla 7.2. Proyección de generación de escombro en los cinco meses estimados a término de la Obra A.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
4	28	0,00
5	46	0,00
6	91	0,00
7	146	0,01
8	260	0,01
9	408	0,01
10	593	0,02
11	756	0,03
12	925	0,03
<b>13</b>	<b>1.059</b>	<b>0,04</b>
14	1.167	0,04
15	1.333	0,05
16	1.490	0,05
17	1.688	0,06
18	1.957	0,07
19	2.150	0,08
20	2.407	0,09
21	2.587	0,09
22	2.742	0,10
<b>23</b>	<b>3.045</b>	<b>0,11</b>
24	3.655	0,13
25	4.264	0,15
26	4.432	0,16
<b>27</b>	<b>4.601</b>	<b>0,16</b>

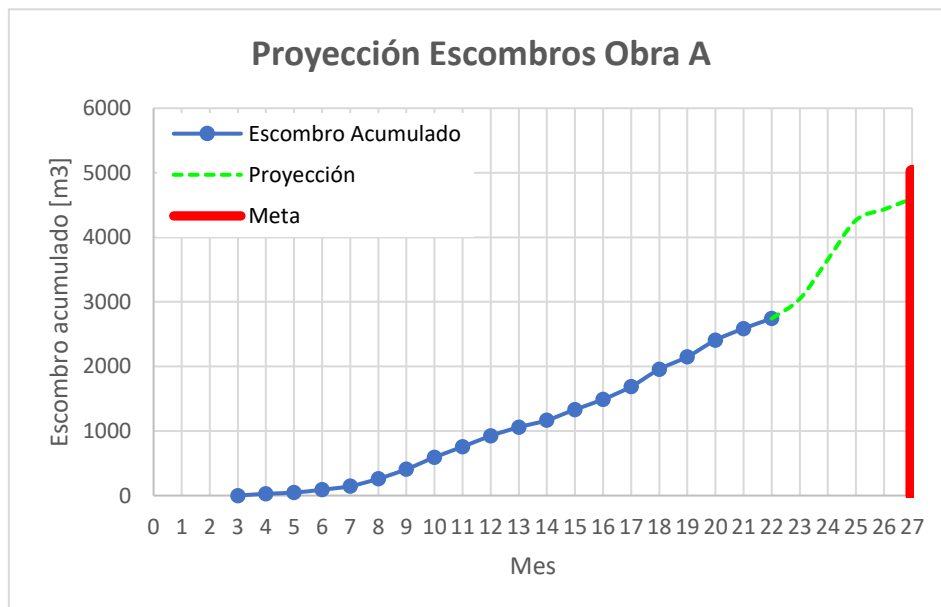


Ilustración 7.1. Proyección de generación de escombro en los cinco meses estimados a término de la Obra A.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

La tasa estimada de generación de escombros al final de la Obra A es de 0,16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, por lo que estaría cumpliendo la meta del programa Construye Sustentable, con un margen del 8% en función de los 5.020 m<sup>3</sup> de escombro estimados a una tasa de 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

#### ▪ Proyección Obra B

Para proyectar el resultado final esperado para la Obra B, se complementa el registro mostrado en la Tabla 3.4, con un mes restante de trabajo, destacando el mes 22 como fecha estimada de término de la construcción.

Tabla 7.3. Proyección de generación de escombro en un mes restante estimado a término de la Obra B.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
4	160	0,01
5	229	0,02
6	292	0,02
7	417	0,03
8	525	0,04
<b>9</b>	<b>696</b>	<b>0,05</b>
10	867	0,06
11	1.074	0,07
12	1.389	0,09
13	1.659	0,11
14	1.965	0,13
<b>15</b>	<b>2.290</b>	<b>0,15</b>
16	2.671	0,18
17	3.016	0,20
18	3.268	0,22
19	3.403	0,23
20	3.475	0,23
21	3.538	0,24
<b>22</b>	<b>3.628</b>	<b>0,24</b>

La tasa estimada de generación de escombros al final de la Obra B es de 0,24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Al estar en los meses finales de trabajo al momento de iniciar las gestiones para mejorar el manejo de residuos, no fue posible revertir la generación de residuos de la obra, que ya había excedido la meta del programa Construye Sustentable seis meses antes de su término. Esto deja en evidencia la importancia de tomar medidas oportunamente.

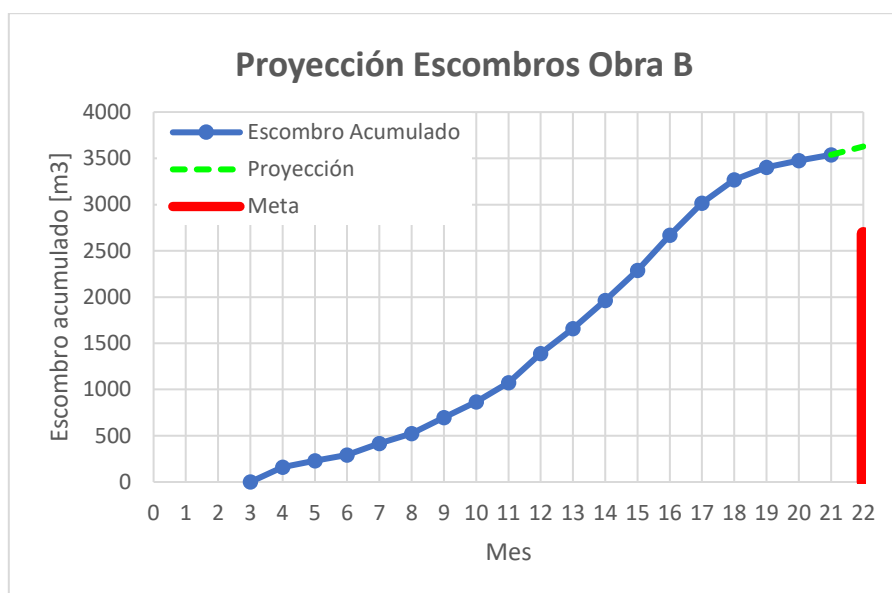


Ilustración 7.2. Proyección de generación de escombros en un mes restante estimado a término de la Obra B.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

### Proyección Obra C

Para proyectar el resultado final esperado para la Obra C, se complementa el registro mostrado en la Tabla 3.5, con once meses restantes de trabajo, destacando el mes 13, cuando se proyecta el término de la obra gruesa, y el mes 20, como fecha estimada de término de la construcción.

Tabla 7.4. Proyección de generación de escombros en once meses restantes estimados a término de la Obra C.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombros Acumulados [m³]	Indicador [m³/m²]
3	18	0,00
4	73	0,01
5	149	0,01
6	243	0,02
7	442	0,03
8	505	0,04
<b>9</b>	<b>613</b>	<b>0,05</b>
10	754	0,06
11	895	0,07
12	1.036	0,08
<b>13</b>	<b>1.178</b>	<b>0,09</b>
14	1.461	0,11
15	1.745	0,13
16	2.028	0,16
17	2.106	0,16
18	2.185	0,17
19	2.263	0,17
<b>20</b>	<b>2.341</b>	<b>0,18</b>

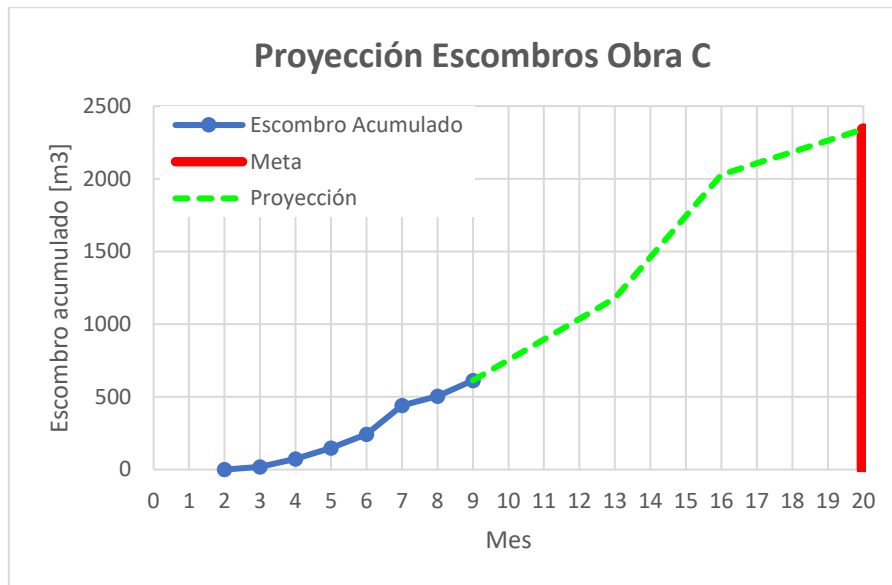


Ilustración 7.3. Proyección de generación de escombros en once meses restantes estimados a término de la Obra C.  
**Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.**

La tasa estimada de generación de escombros al final de la Obra C es de 0,19 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, si bien excede sólo en un 5% la meta del programa Construye Sustentable, se debiera implementar acciones adicionales para garantizar, no solo el cumplimiento de la meta, sino el menor resultado posible.

▪ **Proyección Obra D**

Para proyectar el resultado final esperado para la Obra D, se complementa el registro mostrado en la Tabla 3.6, con catorce meses restantes de trabajo, destacando el mes 9, cuando comienzan las tareas de terminaciones, el mes 13, cuando se proyecta el término de la obra gruesa, y el mes 21, como fecha estimada de término de la construcción.

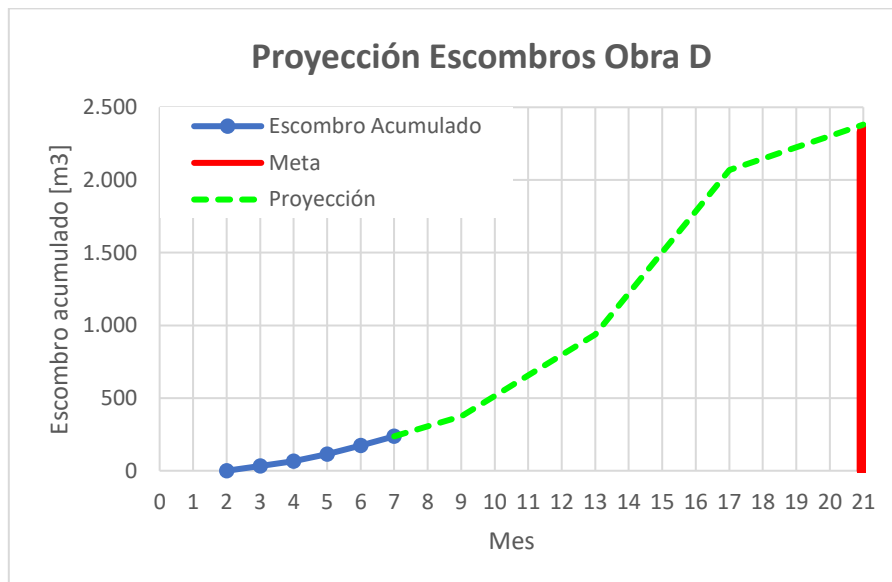


Ilustración 7.4. Proyección de generación de escombros en catorce meses estimados a término de la Obra D.  
**Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.**

Tabla 7.5. Proyección de generación de escombros en catorce meses estimados a término de la Obra D.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombros Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
3	33	0,00
4	66	0,01
5	114	0,01
6	174	0,01
7	237	0,02
8	305	0,02
<b>9</b>	<b>373</b>	<b>0,03</b>
10	514	0,04
11	655	0,05
12	796	0,06
<b>13</b>	<b>936</b>	<b>0,07</b>
14	1.219	0,09
15	1.502	0,12
16	1.785	0,14
17	2.068	0,16
18	2.146	0,17
19	2.225	0,17
20	2.303	0,18
<b>21</b>	<b>2.381</b>	<b>0,18</b>

La tasa estimada de generación de escombros al final de la Obra D es de 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, si bien se ajusta a la meta del programa Construye Sustentable, se sugiere identificar oportunidades de mejora para garantizar el mejor resultado posible.

#### ▪ Proyección Obra E

Para proyectar el resultado final esperado para la Obra E, se complementa el registro mostrado en la Tabla 3.6, con cuatro meses restantes de trabajo, destacando el mes 26, como fecha estimada de término de la construcción.

Tabla 7.6. Proyección de generación de escombros en cuatro meses restantes estimados a término de la Obra E.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombros Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
6	27	0,00
7	63	0,00
8	104	0,01
9	272	0,01
10	552	0,03
11	720	0,04
12	874	0,05
<b>13</b>	<b>1.042</b>	<b>0,06</b>
14	1.252	0,07
15	1428	0,08
16	1764	0,09
17	1922	0,10
18	2039	0,11
19	2351	0,12
20	2737	0,14
21	2955	0,16
<b>22</b>	<b>3.314</b>	<b>0,18</b>
-----		
23	3.727	0,20
24	4.141	0,22
25	4.255	0,22
<b>26</b>	<b>4.369</b>	<b>0,23</b>



Ilustración 7.5. Proyección de generación de escombros en cuatro meses restantes estimados a término de la Obra E.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

La tasa estimada de generación de escombros al final de la Obra E es de 0,23 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Similar a lo ocurrido con la Obra B, al estar cerca de finalizar los trabajos al momento de la implementación del programa Construye Sustentable, no fue posible



revertir la situación, donde ya había sido alcanzada la tasa de generación de residuos objetivo al momento de finalizar la obra gruesa.

▪ **Proyección Obra F**

Para proyectar el resultado final esperado para la Obra F, se complementa el registro mostrado en la Tabla 3.3, con los nueve meses restantes de trabajo, destacando el mes 17, donde se proyecta el término de la obra gruesa, y el mes 21, fecha estimada de término de la construcción.

Tabla 7.7. Proyección de generación de escombro en nueve meses restantes estimados a término de la Obra F.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Escombro Acumulado [m <sup>3</sup> ]	Indicador [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
4	39	0,00
5	72	0,00
6	152	0,01
7	270	0,02
<b>8</b>	<b>351</b>	<b>0,02</b>
9	441	0,03
10	549	0,03
11	693	0,04
12	819	0,05
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
13	997	0,06
14	1.175	0,07
15	1.353	0,08
16	1.531	0,09
<b>17</b>	<b>1.709</b>	<b>0,10</b>
18	2.067	0,13
19	2.425	0,15
20	2.524	0,15
<b>21</b>	<b>2.622</b>	<b>0,16</b>

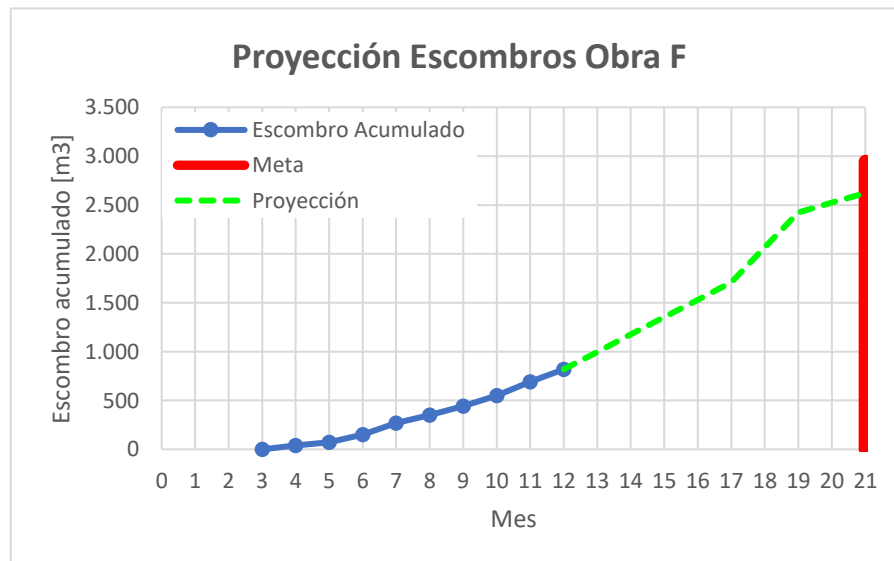


Ilustración 7.6. Proyección de generación de escombro en nueve meses restantes estimados a término de la Obra F.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

La tasa estimada de generación de escombros al final de la Obra F es de 0,16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Similar a lo ocurrido con la Obra A, la Obra F estaría cumpliendo la meta del programa Construye Sustentable, con un margen del 11% en función del total de 2.947 m<sup>3</sup> de escombros estimados con una tasa de 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

## 7.2. Reciclaje en obras estudiadas

A partir de junio del año 2019, comenzó a ejecutarse un plan piloto de reciclaje en obras de la constructora EBCO en distintas comunas de Santiago. Las obras estudiadas en este trabajo formaron parte de ese plan. Al estar cercanas entre sí, trabajaron todas con los mismos recicladores de base, quienes retiraban periódicamente y de forma gratuita residuos no inertes como cartón, PEBD, PET y metales como aluminio y acero galvanizado, y los vendían a empresas de gestión de residuos. No se considera la venta de despuntes de acero de refuerzo ya que es una práctica habitual de las constructoras, que no fue introducida junto al reciclaje.

A continuación se presenta un resumen mensual de los registros de retiros de material reciclado en las distintas obras, indicando el porcentaje reciclado respecto al volumen de escombros generados cada mes y al total de escombros entre los meses que se implementó el reciclaje, según los registros de retiro de escombros, presentados en el capítulo 3.3.

Tabla 7.8. Registro de retiro de reciclaje, Obra A. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Cartón [m <sup>3</sup> ]	PET [m <sup>3</sup> ]	PEBD [m <sup>3</sup> ]	Metal [m <sup>3</sup> ]	Total Mensual [m <sup>3</sup> ]	% Reciclado Mensual
18	4,0	2,0	0	0,5	6,5	2%
19	7,5	1,2	1,3	0,8	10,8	6%
20	12,1	1,9	0	7,2	21,2	8%
21	9,0	0,2	0	2,0	11,2	6%
22	3,0	1,4	0	0	4,4	3%
<b>Total</b>	<b>35,6</b>	<b>6,7</b>	<b>1,3</b>	<b>10,5</b>	<b>54,1</b>	<b>5%</b>

Tabla 7.9. Registro de retiro de reciclaje, Obra B. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Cartón [m <sup>3</sup> ]	Total Mensual [m <sup>3</sup> ]	% Reciclado Mensual
17	5,7	6,0	2%
18	23,7	23,7	9%
19	15,3	15,3	11%
20	7,9	7,9	11%
21	6,8	6,8	11%
<b>Total</b>	<b>59,4</b>	<b>59,4</b>	<b>7%</b>

Tabla 7.10. Registro de retiro de reciclaje, Obra C. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Cartón [m <sup>3</sup> ]	PET [m <sup>3</sup> ]	Metal [m <sup>3</sup> ]	Total Mensual [m <sup>3</sup> ]	% Reciclado Mensual
5	2,1	0	0	2,1	3%
6	0,9	1,0	0	1,9	2%
7	1,0	0,8	0	1,8	1%
8	0,7	0,6	0,1	1,4	2%
9	2,0	1,6	0	1,6	3%
<b>Total</b>	<b>6,7</b>	<b>4,0</b>	<b>0,1</b>	<b>8,8</b>	<b>2%</b>

Tabla 7.11. Registro de retiro de reciclaje, Obra D. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Cartón [m <sup>3</sup> ]	PET [m <sup>3</sup> ]	Total Mensual [m <sup>3</sup> ]	% Reciclado Mensual
5	0,5	0,5	1,0	2%
6	0,6	0	0,6	1%
7	0	0,7	0,7	1%
<b>Total</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>2,3</b>	<b>1%</b>

Tabla 7.12. Registro de retiro de reciclaje, Obra E. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Mes	Cartón [m <sup>3</sup> ]	PET [m <sup>3</sup> ]	PEBD [m <sup>3</sup> ]	Total Mensual [m <sup>3</sup> ]	% Reciclado Mensual
19	1,0	0	0	1,0	0%
20	4,0	1,0	0	5,0	1%
21	8,0	0	1,0	9,0	4%
22	5,0	0	0	5	1%
<b>Total</b>	<b>13,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>20,0</b>	<b>2%</b>

Tabla 7.13. Registro de retiro de reciclaje, Obra F. Fuente: EBCO S.A.

Mes	Cartón [m <sup>3</sup> ]	PET [m <sup>3</sup> ]	Metal [m <sup>3</sup> ]	Total Mensual [m <sup>3</sup> ]	% Reciclado Mensual
10	2,0	1,0	0	3,0	3%
12	1,0	1,0	2,0	4,0	1%
<b>Total</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>7,0</b>	<b>2%</b>

Las obras trabajaron con dos recicladores de base, una persona dedicada al retiro de PET y otra al retiro de cartón, PEBD y metal. No se acordó con los recicladores la entrega de certificados de disposición final de residuos.

En las tablas anteriores se puede ver que sólo fue posible el retiro de PEBD en un mes para las Obras A y E. La causa fue el exceso de oferta de este material, que llevó a las empresas de gestión de residuos a dejar de comprarlo, por lo que los recicladores de base no tenían incentivo para retirarlo. Esto obligó a las obras a almacenar indefinidamente el PEBD, llegando eventualmente a desecharlo junto al escombros.

Las obras trabajaron exclusivamente con recicladores de base que ofrecían retiros gratis, por lo que el impacto económico de la iniciativa se puede estimar como el costo que hubiera tenido disponer el mismo volumen a modo de escombros.

El costo promedio de la disposición de escombros es de \$9.000 por metro cúbico de material. Se considera un 50% de esponjamiento al disponer el material sin el cuidado adecuado, por ejemplo, al dejar las cajas de cartón o botellas en el contenedor de escombros sin el cuidado de desarmarlas y comprimirlas.

Bajo estos supuestos, en la Tabla 7.14 se muestra el impacto ambiental, expresado en volumen de material reciclado, y económico, asociado al ahorro total de cada obra producto del reciclaje.

Tabla 7.14. Ahorro asociado al plan de reciclaje.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Obra	Total Reciclado [m <sup>3</sup> ]	Estimado Botadero [m <sup>3</sup> ]	Ahorro [\$]
A	54,1	70,3	\$ 632.385
B	59,3	77,1	\$ 694.103
C	10,8	14,0	\$ 126.360
D	2,3	3,0	\$ 26.910
E	15,0	19,5	\$ 175.500
F	7,0	9,1	\$ 81.900

Como se mencionó en el capítulo 3.3, las metas del programa **Construye Sustentable** son reducir la tasa de generación de residuos a 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> y reciclar al menos el 15% de los residuos producidos.

En cuanto a la meta de reciclaje, en los resultados mostrados en las tablas de registro de retiro de reciclaje se ve que el reciclaje mensual resulta ser muy inferior a la meta a alcanzar. El bajo porcentaje de reciclaje en las Obras C y D se puede explicar por no haber iniciado las tareas de terminaciones, donde se generan los residuos considerados en el plan de reciclaje. Por otro lado, el alto porcentaje de reciclaje en la Obra B, a pesar de sólo haber implementado el reciclaje de cartón, se puede explicar por la naturaleza de las actividades de las últimas fases de terminaciones.

Por disponibilidad de espacio, no en todas las obras fue posible la instalación del punto limpio en una zona de fácil acceso. En la Obra E el punto limpio se ubicó en el primer subterráneo, en una zona con iluminación insuficiente. Incluso cuando se encontraba en un nivel de avance similar a la Obra B, si se compara el volumen de cartón reciclado resulta sólo ser del 30%.

### 7.3. Reutilización de cartón

Para la protección de elementos que podrían verse dañados por faenas posteriores, como piso fotolaminado, tinas, encimeras de cocina u otros, se cubren habitualmente con cartón, o en casos de requerir mayor seguridad, con cholguán o restos de placas fenólicas en desuso.

El cartón usado puede ser comprado exclusivamente para este fin, usualmente comprado en forma de rollos de cartón corrugado, o puede reutilizarse el proveniente de embalaje de elementos como el mismo piso fotolaminado, tinas, hornos u otros.

A medida que terminan las tareas en cada departamento, el cartón usado para protección puede ser trasladado a otro departamento, idealmente de las mismas dimensiones para máximo provecho, reduciendo la necesidad de comprar cartón adicional.

La evaluación de esta alternativa se hace en base a información de la Obra A, considerando protección de piso flotante y tinas. En la Tabla 7.15 se muestran las superficies a cubrir, considerando que una unidad de piso flotante corresponde a una caja con rendimiento de 2,4 m<sup>2</sup>.

Tabla 7.15. Superficies a proteger con cartón.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Concepto	Superficie por unidad [m2/un]	Cantidad [un]	Superficie total [m2]
Tinas	1,26	514	648
Piso flotante	2,40	4.487	10.752
<b>Total a cubrir</b>			<b>11.400</b>

En la Tabla 7.16 se presenta la situación A, donde todos los elementos son cubiertos con comprado, y la situación B, en que sólo se cubren con cartón reutilizado.

Los supuestos considerados son: rollos de 60m<sup>2</sup> de cartón corrugado, espesor 7mm, costo \$28.500 por rollo, costo de mano de obra para corte y colocación correspondiente al 5% de la mano de obra de instalación del piso flotante (\$2.800/m<sup>2</sup>), en la situación A se acarrea tanto cartón corrugado como cajas de piso flotante y tinas que no se reutilizaron, para la situación B se supone que el cartón reutilizado es suficiente para cubrir sólo el 50% de la superficie requerida, para el 50% restante se recurre a cartón en rollo. No se considera si destino final del cartón es como escombros o reciclaje para el análisis.

Tabla 7.16. Evaluación de reutilización de cartón para protección de piso flotante y tinas.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

	Concepto	UN	Cant.	P.U.	Total
Situación A Sin reutilización	Rollos de cartón corrugado	un	190	28.500	5.415.000
	M.O. corte y colocación cartón	m2	11.400	140	1.595.950
	Acarreo residuos de cartón rollo	m3	200	14.000	2.806.108
	<b>Total</b>				<b>\$ 9.817.057</b>
Situación B Con reutilización	Rollos de cartón corrugado	un	95	28.500	2.707.500
	M.O. corte y colocación cartón	m2	5.700	140	797.975
	Cartón reutilizado	m2	5.700	0	0
	M.O. reutilización cartón	m2	5.700	280	797.975
	Acarreo residuos de cartón	m3	145	14.000	2.024.068
	<b>Total</b>				<b>\$ 6.327.517</b>
	<b>Diferencia</b>				<b>\$ -3.489.540</b>

El ahorro de implementar la reutilización de cajas de cartón, reduciendo la compra de rollos de cartón corrugado para protección de piso flotante y tinas, sería de \$3.489.540.

#### 7.4. Reutilización de placas fenólicas

Como se menciona en el capítulo 5.1, una vez que dejan de cumplir su función como moldajes, y bajo expresa autorización del profesional a cargo, las placas fenólicas pueden ser reutilizadas de diversas maneras, entre ellas para formar parte de la estructura de soporte de techo, como entablado de cubierta. Con ello se reduce la necesidad de comprar tableros específicamente para este fin.

En la Tabla 7.17 se muestra la evaluación hecha a partir de información de la Obra A, para la situación A, en que se compran tableros de terciado estructural para el

entablado de cubierta, y la situación B, en que se reutilizan placas fenólicas para el mismo fin.

Se supone un incremento del 100% en la mano de obra para la situación B, producto de la necesidad de preparar las placas previo a su reutilización, por ejemplo, recortando los bordes dañados. Además se supone un ahorro en costo de botadero asociado a los restos de placas fenólicas que no están siendo descartados, considerando un espesor de 18mm y un esponjamiento del 50%.

Tabla 7.17. Evaluación reutilización de placas fenólicas para estructura de cubierta de techo.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

	Concepto	UN	Cant.	P.U.	Total
Situación A Sin reutilización	Terciado estructural	m2	721	4.500	3.244.500
	Mano de obra	m2	721	2.540	1.831.340
	<b>Total</b>				<b>\$ 5.075.840</b>
Situación B Con reutilización	Mano de obra	m2	721	5.080	3.662.680
	Ahorro botadero	m3	19,5	-9.000	-175.203
	<b>Total</b>				<b>\$ 3.487.477</b>
	<b>Diferencia</b>				<b>\$ -1.588.363</b>

El ahorro al rechazar la compra de tableros para cubierta, optando por reutilizar parte de las placas fenólicas descartas luego de su uso como moldaje, es de \$1.588.363.

## 7.5. Reutilización de sacos

Los sacos de rafia son utilizados para el acarreo y acopio temporal de escombros. Como se menciona en el capítulo 5.1, es importante distinguirlos de los sacos de material compuesto (papel y polietileno), ya que estos últimos son menos resistentes una vez abiertos.

Según el cuidado que se les dé, los sacos de rafia para acarreo de escombros pueden ser reutilizados un gran número de veces, sin embargo, se recomienda limitarse a cuatro usos y luego descartarlos.

En la se Tabla 7.18 muestra el análisis de la situación A, donde se usan exclusivamente sacos comprados, y en la situación B, donde se reutilizan sacos de yeso, cemento, etc., luego de usar su contenido.

Si bien lo usual es que las obras empleen sacos para acarreo interno de escombros posterior a la remoción del ducto desescombrador, hay casos en que nunca se instala dicho ducto, por lo que el acarreo es exclusivamente con sacos, como en la Obra A.

Para el análisis, se estima la cantidad de sacos necesaria en función del 70% del total de escombros estimado a producir, según la Tabla 7.2, ya que una fracción de residuos es trasladada directamente, sin uso de sacos. Se estima que cada uno se carga con 25kg y es usado 3 veces antes de ser desechado junto al escombros. En la situación A se supone que la totalidad de sacos para escombros son comprados y para estimar el volumen del saco como residuo se considera un peso de 75 gramos por unidad, una densidad de 946 kg/m<sup>3</sup> y un esponjamiento de 30%. En la situación B se considera que, aproximadamente, 15.000 sacos de rafia que originalmente contenían materiales (74% del total requerido) podrán ser reutilizados, por lo que la necesidad de comprar sacos se

reduce. Sólo se considera los sacos comprados al estimar el costo de botadero, ya que los otros deben ser desechados en ambas situaciones.

Tabla 7.18. Evaluación de reutilización de sacos de rafia.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

	Concepto	UN	Cant	P.U.	Total
Situación A Sin reutilización	Sacos para escombros	un	23.259	170	3.953.968
	Botadero	m3	2,4	9.000	21.574
	<b>Total</b>				<b>3.975.542</b>
Situación B Con reciclaje	Sacos para escombros	un	8.259	170	1.403.968
	Botadero	m3	0,9	9.000	7.661
	<b>Total</b>				<b>1.411.628</b>
	<b>Diferencia</b>				<b>\$ -2.563.914</b>

Con eso, el ahorro por la implementación de reutilización de sacos es de \$2.563.914.

## 7.6. Reciclaje de Poliestireno (PS)

Como se mencionó en la presentación de la Obra A, en esta se gestionó el acopio de PS para ser reciclado por la empresa Idea-tec en la elaboración de pinturas de alta resistencia.

En la Tabla 7.19 se muestra la evaluación de la situación A, en que el material es dispuesto junto al escombros, y la situación B, en que el material es reciclado.

Entre los valores considerados para la estimación está el costo del metro cúbico de escombros retirado de la obra y llevado a botadero (\$9.000/m<sup>3</sup>), costo del flete desde la obra hasta el lugar en que es recibido (\$55.000 por flete con capacidad de 20m<sup>3</sup>), costo de mano de obra para acarreo sin reciclaje (\$300/m<sup>3</sup>) y un 50% de incremento en el costo del acarreo al reciclar (\$450/m<sup>3</sup>) por la necesidad de disponerlo ordenadamente en el sector de acopio designado. No se considera el esponjamiento del material, ya que es equivalente en ambas situaciones.

Tabla 7.19. Evaluación de reciclaje de PS. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

	Concepto	UN	Cant.	P.U.	Total
Situación A Sin reciclaje	Botadero	m3	40	9.000	360.000
	Acarreo residuo	m3	40	300	12.000
	<b>Total</b>				<b>372.000</b>
Situación B Con reciclaje	Flete	un	2	55.000	110.000
	Acarreo residuo	m3	40	450	18.000
	<b>Total</b>				<b>128.000</b>
	<b>Diferencia</b>				<b>\$ -244.000</b>

Si se estima que a lo largo de la obra se botan, 40m<sup>3</sup> de poliestireno con potencial de valorización, el ahorro total sería de \$244.000.

A pesar de la conveniencia económica de esta medida, la administración de la obra optó por no implementarlo, por no contar con espacio disponible para almacenar el volumen requerido de material para llenar un camión, por lo que el PS acopiado debió ser dispuesto junto al escombros.

## 7.7. Pre-dimensionamiento de cerámicas

Como se menciona en el capítulo 4.2.2, esta alternativa consiste en reducir la necesidad de cortar en obra piezas de cerámica, porcelanato o similares.

Según conversaciones con Atika, empresa proveedora de, entre otras cosas, revestimientos cerámicos, existe una serie de condiciones necesaria a cumplir para ejecutar exitosamente esta alternativa.

Entre esas condiciones está que la variedad de los distintos recintos a considerar no sea muy elevada, para reducir la variedad de piezas a entregar. También se recomienda evitar el pre-dimensionamiento de piezas de pavimento, debido a las pequeñas variaciones que este tiene en altura, que al cortar las piezas en obras es mucho más manejable. Otra recomendación es priorizar en caso de usar palmetas en formatos grandes, como 60x60cm por ejemplo, lo que reduce el costo por pieza. El caso más simple de aplicación es en guardapolvos, al ser de dimensiones casi constantes, 10cm de altura en el caso de la Obra A.

A partir de una oferta de Atika, adaptándola a las características de la Obra A para este análisis, se estima el costo de cada de ajuste en \$850.

Por otro lado, en la Obra A se realizó el estudio de pérdidas de cerámicas. En este se compararon las cantidades consideradas de acuerdo a las cubicaciones, con la cantidad efectiva de cajas de cerámicas destinadas a ser instaladas, según reportes del capataz de terminaciones. De este resultó que el volumen destinado a botadero, respecto al comprado es del orden del 10%. Además, se estima un esponjamiento de 40%.

Se estima que el 15% de la superficie de muro son piezas aptas para ser predimensionadas, y que la superficie promedio de cada pieza es el 70% de una palmeta completa. En caso de guardapolvo, es aplicable a la totalidad de la cantidad requerida. Se estima un costo de \$4.000 para la mano de obra. Este se reduce en un 30% al trabajar con piezas de ajuste en muro y en guardapolvos, al no requerir cortarlas, pero aumenta en 5% para piezas de muro por la necesidad de encontrar las piezas adecuadas a cada posición.

En la Tabla 7.20 se muestra que haber aplicado esta alternativa en la Obra A hubiera significado un ahorro de \$397.374 y se hubieran generado 267m<sup>3</sup> menos de escombros. Si bien este resultado es positivo, es marginal respecto al costo total de las cerámicas, sin embargo se invita a tener en consideración la alternativa debido a los beneficios que podría reportar en cuanto a calidad de terminaciones, generación de escombros y reducción de accidentes, más aún en caso de emplear formatos de palmetas más grandes y en guardapolvos, donde el ahorro podría ser más significativo.



Tabla 7.20. Análisis de cerámicas pre-dimensionadas. Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

	Concepto	UN	Cant	P.U.	Total
Situación A Sin pre-dimensionado	Cerámica muro baño y cocina	m2	12.730	4.500	57.285.000
	MO cerámica muro	m2	12.730	4.000	50.920.000
	Guardapolvo h=10cm	m2	339	4.500	1.523.475
	MO guardapolvo	m2	339	4.500	1.523.475
	Botadero	m3	1.782	9.000	16.039.800
	Acarreo escombro	m3	1.782	14.000	24.950.800
	<b>Total</b>				
Situación B Con pre-dimensionado	Cerámicas muro baño y cocina	m2	10.821	4.500	48.692.250
	MO cerámica muro	m2	10.821	4.000	43.282.000
	Pieza ajuste muro	un	14.090	850	11.976.646
	MO pieza ajuste muro	m2	1.637	3.000	4.910.143
	Pieza ajuste guardapolvo	un	8.464	850	7.194.188
	MO pieza ajuste guardapolvo	m2	339	2.800	947.940
	Botadero	m3	1.515	9.000	13.633.830
	Acarreo escombro	m3	1.515	14.000	21.208.180
<b>Total</b>					<b>151.845.176</b>
	<b>Diferencia</b>				<b>\$ -397.374</b>

## 7.8. Pre-dimensionamiento de tabique de volcometal

Con información disponible de la Obra A, se realizó un estudio preliminar para estimar el costo y el volumen de residuo adicional que puede significar la adquisición de perfiles metálicos y planchas de yeso-cartón no coincidentes con la altura de piso.

La altura de piso es de 235cm y se deja una holgura de 1cm en los bordes superior e inferior, resultando en la necesidad de elementos de 233cm de alto, tanto montantes como planchas de yeso-cartón, que son comprados en alturas de 240cm.

Los valores considerados para la estimación de pérdida del yeso-cartón fueron: rendimiento de 2,2m<sup>2</sup> de yeso-cartón por m<sup>2</sup> de tabique, los 7cm necesario de recortar en cada plancha equivalen a 0,03m<sup>2</sup> de pérdida por m<sup>2</sup> de tabique y un grosor medio de 15mm.

Para la estimación de pérdida en montantes, se considera un rendimiento de 2,56m de material por m<sup>2</sup> de tabique, equivalente a 1,1 montantes por m<sup>2</sup>, los 7cm necesarios de cortar por cada montante correspondientes a 0,064m por m<sup>2</sup> de tabique y una relación de 0,0005 m<sup>3</sup> por metro lineal.

Para estimar la pérdida total de la obra, se considera un total de 12.029m<sup>2</sup> de tabique.

Esta estimación sólo considera la pérdida por exceso de longitud, no considera los residuos generados al recortar planchas para los espacios requeridos por puertas, ventanas o similares.

Tabla 7.21. Análisis de pérdida de montantes de tabiques.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Concepto	Unidad	Valor
Longitud montante por superficie de tabique	m/m2	2,56
Montantes por superficie de tabique	un/m2	1,10
Pérdida por superficie de tabique	m/m2	0,077
<b>Pérdida total montantes</b>	m	925,1
	<b>m3</b>	<b>0,5</b>

Tabla 7.22. Análisis de pérdida de yeso-cartón de tabiques.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

Concepto	Unidad	Valor
Yeso-cartón por superficie de tabique	m2/m2	2,2
Pérdida por superficie de yeso-cartón	m2/m2	0,03
Pérdida por superficie de tabique	m2/m2	0,064
<b>Pérdida total yeso-cartón</b>	m2	771,9
	<b>m3</b>	<b>11,6</b>

En la Tabla 7.23 se presenta la situación A, donde el material es cortado en obra para ajustarlo a la altura de piso (233cm) menor al largo comercial de montantes y planchas de yeso-cartón (240cm), y la situación B, donde el material es adquirido de acuerdo a la altura requerida, servicio que ofrecen algunos proveedores sin costo adicional al tratarse de grandes volúmenes de compra, según disponibilidad de stock.

Para estimar la conveniencia de esta alternativa, se considera el costo del metro cúbico de escombro retirado de la obra y llevado a botadero (\$9.000/m<sup>3</sup>), costo de mano de obra para acarreo de residuos (\$14.000/m<sup>3</sup>), en la situación B se estima un ahorro del 5% respecto al valor original de la mano de obra (\$3.500/m<sup>2</sup>), un esponjamiento de 40% para residuos de yeso-cartón y de 200% para residuos de montantes.

Tabla 7.23. Evaluación de pre-dimensionamiento de tabiques.

Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

	Concepto	UN	Cant.	P.U.	Total
Situación A Sin pre-dimensionamiento	Botadero	m3	17,7	9.000	159.204
	Acarreo residuos yeso-cartón	m3	16,2	14.000	226.927
	Acarreo residuos montantes	m3	1,5	14.000	20.723
	<b>Total</b>				<b>\$ 406.854</b>
Situación B Con pre-dimensionamiento	Ahorro Mano de obra (10%)	m2	12.029	-175	-2.105.075
	<b>Total</b>				<b>\$ -2.105.075</b>
	<b>Diferencia</b>				<b>\$ -2.511.929</b>

El ahorro al implementar la alternativa es de \$2.511.929, correspondiente al 5,8% del costo presupuestado de montantes y yeso-cartón de los tabiques considerados para el análisis. Por lo tanto, incluso si el costo por adquirir los elementos ajustados a las dimensiones de la obra fuera del orden de 5%, esta alternativa sería beneficiosa en cuanto al residuo que se evita generar y el riesgo de accidentes reducido al necesitar realizar una menor cantidad de cortes en la obra.

## 7.9. Costo total del programa

Se estimará el costo total de podría tener el programa en caso de aplicar todas las alternativas estudiadas a lo largo de este capítulo.

La estimación se hará en base a la información de la Obra A. Como caso base se considerará la generación de escombros proyectada, el reciclaje en los meses en que efectivamente se realizó, el costo de implementación a partir del costo de contenedores de 1.100 litros, el costo adicional de acarreo de los materiales reciclados y la situación A de las alternativas revisadas.

Como situación mejorada se resta al escombros final proyectado las reducciones aportadas por cada alternativa, se supone que se alcanza la meta del programa Construye Sustentable, de reciclar el 15% del escombros total, se estima el costo de implementación, además del costo de acarreo, que se estima 50% adicional a descartar los materiales junto al escombros, por la necesidad de ordenarlos y empaquetarlos, y la situación B de las prácticas analizadas.

De esto se concluye que el ahorro estimado de implementar todas las medidas sería del orden de \$12.459.096, equivalente a 0,02UF/m<sup>2</sup>.

Tabla 7.24. Evaluación de implementar todas las alternativas estudiadas.  
Fuente: elaboración propia en base a EBCO S.A.

	Concepto	UN	Cant	P.U.	Total
Situación A Sin programa	Escombros total a botadero	m3	4.601	9.000	41.405.480
	Ahorro reciclaje	m3	54	-9.000	-486.450
	Contenedor 110 litros	un	4	350.000	1.400.000
	Acarreo reciclaje	m2	54	7.000	378.350
	Cartón	gl	1	9.817.057	9.817.057
	Placas fenólicas	gl	1	5.075.840	5.075.840
	Sacos (material)	un	23.259	170	3.953.968
	PS (acarreo)	m3	40	300	12.000
	Cerámica	gl	1	136.202.750	136.202.750
	Tabique (acarreo)	gl	1	247.650	247.650
	<b>Total</b>			<b>10.174.057</b>	<b>198.006.645</b>
Situación B Con programa	Escombros total a botadero	m3	4.292	9.000	38.625.596
	Ahorro reciclaje	m3	966	-9.000	-8.690.759
	Contenedor 110 litros	un	4	350.000	1.400.000
	Acarreo reciclaje	m2	966	7.000	6.759.479
	Cartón	gl	1	6.327.517	6.327.517
	Placas fenólicas	gl	1	3.487.477	3.487.477
	Sacos (material)	un	8.259	170	1.403.968
	PS (acarreo)	gl	1	128.000	128.000
	Cerámica	gl	1	138.211.346	138.211.346
	Tabique (acarreo)	gl	1	-2.105.075	-2.105.075
	<b>Total</b>			<b>10.172.164</b>	<b>185.547.549</b>
	<b>Diferencia</b>				<b>\$ -12.459.096</b>

## 8. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS


En este capítulo se presenta una tabla resumen con los principales materiales a considerar, ejemplos de usos de cada uno en construcción y las distintas acciones propuestas para la gestión de sus residuos.




A partir de este resumen se genera la Guía de Buenas Prácticas, como Anexo A, adaptada al formato de fichas de la constructora EBCO con el objetivo de complementar el programa **Construye Sustentable**.

Tabla 8.1. Resumen de materiales, usos en construcción y propuestas de gestión de residuos.

Material	Uso	Gestión
Hormigón	- Hormigón estructural para fundaciones, losas, muros y vigas	- Minimizar generación de residuos, asegurando calidad de moldaje, utilización completa de entregas de premezclado, etc. - Acopiar restos para reciclaje como residuo inerte <sup>1</sup>
Acero	- Barras de refuerzo para hormigón estructural	- Minimizar generación de residuos, adquiriendo barras cortadas y dobladas según planos u optimizando cortado de barras en obra - Acopiar despuntes para venta como chatarra
Acero galvanizado liviano	- Tabiques	- Negociar con proveedor para ajuste de piezas a altura de piso - Acopiar restos para reciclaje como metal <sup>1</sup>
Yeso-cartón	- Tabiques	- Negociar con proveedor para ajuste de piezas a altura de piso - Triturar antes de descartar para reducir esponjamiento - Acopiar restos para reciclaje como residuo inerte <sup>1</sup>
Cerámicos	- Revestimiento de muros y pavimento (cerámica, porcelanato o similares) - Ladrillos, tejas	- Minimizar generación de residuos, adquiriendo revestimientos de piso o muro predimensionados según planos - Acopiar restos para reciclaje como residuo inerte <sup>1</sup>

Material	Uso	Gestión
Tinetas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envase que contiene materiales, como:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pintura</li> <li>o Impermeabilizante</li> <li>o Promotor de adherencia para estucos</li> <li>o Adhesivos para revestimiento de muro y pavimento</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar todo el material contenido, dejando envase limpio</li> <li>- Reutilizar para traslado de herramientas, materiales o escombros</li> <li>- Reutilizar como contenedor de basura</li> <li>- Limpiar y acopiar para posterior reciclaje como PEAD <sup>1</sup></li> <li>- Donar tinetas en desuso a terceros</li> </ul>
Tambores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envase que contiene diversos materiales, como:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Retardante de fraguado</li> <li>o Desmoldante</li> <li>o Membrana de curado</li> <li>o Pastas para enlucido</li> <li>o Promotor de adherencia para estuco</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar todo el material contenido, dejando envase limpio</li> <li>- Reutilizar como contenedor de materiales, agua o basura</li> <li>- Limpiar y acopiar para posterior reciclaje como metal o cartón <sup>1</sup></li> </ul>
Pallets	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Base para almacenaje de materiales en bodega</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Devolver pallets en desuso a proveedores</li> <li>- Reparar pallets dañados y reutilizar como base para almacenaje de materiales en bodega</li> <li>- Reutilizar para fabricación de sectores de acopio o puntos limpios</li> <li>- Donar pallets en desuso a terceros <sup>2</sup></li> </ul>
Placas fenólicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldajes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar que no puede seguir siendo usada para moldaje, requiere autorización expresa de profesional a cargo</li> <li>- Reutilizar como refuerzo de tabique, soporte de techo, señalética, para confeccionar bancos de trabajo u otros usos permitidos</li> </ul>

Material	Uso	Gestión
Cartón	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Embalaje de diversos materiales, como: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Piso fotolaminado, papel mural</li> <li>o Hornos, campanas, encimeras y otros elementos de cocina</li> <li>o Inodoros, tinas y artículos de grifería</li> <li>o Fijaciones como clavos, tornillos, corchetes</li> </ul> </li> <li>- Rollos de cartón corrugado comprados para protección de piso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reutilizar como cubierta protectora de piso, tinas u otras superficies</li> <li>- Desarmar, comprimir y enzunchar cajas para reducir volumen al almacenar y transportar</li> <li>- Acopiar para posterior reciclaje <sup>1</sup></li> </ul>
Papel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impresión de documentos, planos, señalización, etc.</li> <li>- Dentro de embalaje de algunos productos a modo de instructivo, ficha técnica, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separar papel blanco de otros tipos de papel</li> <li>- Acopiar para reciclaje como papel <sup>1</sup></li> </ul>
Sacos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envase de diversos materiales, como: yeso, cal, cemento, adhesivos en polvo, nivelador de piso</li> <li>- Sacos de rafia comprados para acarreo y acopio de escombros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar todo el material contenido, dejando envase limpio</li> <li>- Distinguir entre sacos de material compuesto o rafia <sup>3</sup></li> <li>- Reutilizar sacos de rafia para acarreo y acopio de escombros</li> <li>- No botar sacos de rafia en buen estado junto con escombros</li> <li>- Limpiar y acopiar sacos de rafia en mal estado para reciclaje como PP <sup>1</sup></li> </ul>
Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encamisado para paso de fijación de moldajes de caras opuestas para muros y vigas</li> <li>- Ductos para instalaciones eléctricas o corrientes débiles</li> <li>- Ductos de instalaciones sanitarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reutilizar despuntes como encamisado para fijación de moldajes, elementos de fijación temporal o soporte de sistema de tuberías sanitarias</li> <li>- Evitar adquisición de tuberías de PVC debido a imposibilidad de reciclaje</li> <li>- Identificar tuberías de PEAD por impresión sobre el producto o por símbolo de reciclaje </li> <li>- Limpiar y acopiar para reciclaje como PEAD</li> </ul>

Material	Uso	Gestión
Cubiertas pétreas	- Cubiertas de muebles de cocina y baño	- Devolver excedente al proveedor - Donar restos de cubiertas pétreas a terceros - Limpiar y acopiar para posterior reciclaje como residuo inerte <sup>1</sup>
Áridos	- Rellenos de suelo - Fabricación de hormigón en obra	- Acopiar residuos para reciclaje como residuo inerte <sup>1</sup>
PET	- Botellas de bebidas - Bandejas desechables de comida	- Identificar por "botón" en la base o por símbolo de reciclaje  - Limpiar y acopiar para reciclaje como PET <sup>1</sup>
Polietileno de baja densidad (PEBD)	- Película de embalaje (film) - Bolsas desechables	- Identificar por capacidad de estirarse formando estrías o por símbolo de reciclaje  - Limpiar y acopiar para reciclaje como PEBD <sup>1</sup>
Poliestireno expandido (PS)	- Protección en embalaje de productos frágiles como hornos, encimeras de cocina, etc.	- Identificar por composición de pequeñas esferas blancas condensadas o por símbolo de reciclaje  - Limpiar y acopiar para reciclaje como PS <sup>1</sup>
<p>Observaciones: 1.- Sólo reciclar materiales limpios, libres de orgánicos y sustancias peligrosas, separando elementos con distinta composición, como mangos, tapas, cintas adhesivas u otros.</p> <p>2.- Es posible también venderlos a empresas dedicadas a compra y venta de pallets.</p> <p>3.- Evitar adquisición de materiales en sacos de material compuesto (papel y polietileno) debido a imposibilidad de reciclaje.</p>		

## 9. CONCLUSIONES

A partir de las situaciones presentadas y los elementos investigados, se plantea una propuesta que fomenta una gestión responsable de los residuos sólidos producidos en obras, para minimizarlos y promover prácticas de gestión dentro de la construcción de edificios habitacionales. En la misma línea, se presentan propuestas que permiten llevar a cabo mejoras en la planificación, gestión e implementación de los materiales utilizados considerando el impacto económico y ambiental.

Con el trabajo desarrollado en el capítulo de clasificación de residuos se cumplió el objetivo de identificar los distintos tipos de desechos generados en una típica obra de edificación habitacional. Posteriormente, al estudiar las alternativas de gestión para cada uno de estos materiales, se determinó las distintas actividades en que estos se generan, lo que resulta útil para tomar acciones a futuro para gestionarlos de manera cada vez más responsable.

Para una caracterización más completa, hubiera sido favorable determinar también las cantidades en que se genera cada tipo de residuo, sin embargo, debido a la falta de segregación en la gestión actual no es posible precisar cantidades individuales, sólo globales mediante los registros de retiro de escombros.

Si bien, la distribución de RCD presentada por la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición, en la Tabla 3.2, permite estimar cantidades de los componentes principales, el resultado no es aplicable a lo estudiado en este trabajo. En este se muestra un alto componente de residuos cerámicos y de hormigón, provenientes predominantemente de demolición. Además, el sistema constructivo predominante en la edificación en altura es el hormigón armado, mientras que la composición mostrada en España muestra una composición mayoritaria de cerámicos, que incluye los ladrillos empleados en construcciones de albañilería.

El estudio de prácticas de gestión de residuos en obras reales se logra, en términos globales, con la presentación de ejemplos de las constructoras CVV, Viconsu y Axis Desarrollos Constructivos, que demuestran que una adecuada gestión permite reducir hasta cerca de un 40% la tasa de generación de residuos y alcanzar alrededor de un 50% de ahorro en la gestión.

Con el seguimiento de las obras en ejecución de la constructora EBCO S.A., se consigue un estudio más en detalle de las distintas prácticas de gestión de residuos, identificando falencias en prácticas habituales y oportunidades de mejora, que sirven de base para la posterior elaboración de la Guía de Buenas Prácticas. Como por ejemplo el uso de tabiques dimensionado según las características de las obras y de cartón exclusivamente reutilizado para protección de superficies.

El seguimiento y proyección de escombros total llevado a botadero puede resultar una herramienta útil para tomar decisiones oportunas orientadas al cumplimiento de las metas establecidas. En la Ilustración 9.1 se muestra el resumen de las obras de acuerdo a su indicador de metros cúbicos de escombros por metro cuadrado de superficie total a lo largo de los meses.

Entre las razones de fracaso del programa el principal es su implementación tardía, como en las Obras B y E, que al encontrarse más próximas al término, y venir arrastrando una alta tasa de generación de escombros, sumado al insatisfactorio compromiso del equipo con las nuevas medidas, resultan en que no sea posible revertir el resultado.



El éxito en las Obras A y F se puede explicar porque la preocupación por reducir la generación de escombros comienza en etapas tempranas con compromiso satisfactorio de parte del equipo, alcanzándose menores tasas de generación de residuos en el período crítico, que es cuando se ejecutan tareas de obra gruesa y terminaciones, resultando en una proyección optimista.

En las Obras C y D, aunque el resultado proyectado cumple la meta de  $0,18 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , es mayor al de las Obras A y F. Se puede explicar porque se encuentran en etapas tempranas, sólo de obra gruesa, donde el impacto de las preocupaciones por reducir la generación de residuos se expresa en menor medida.

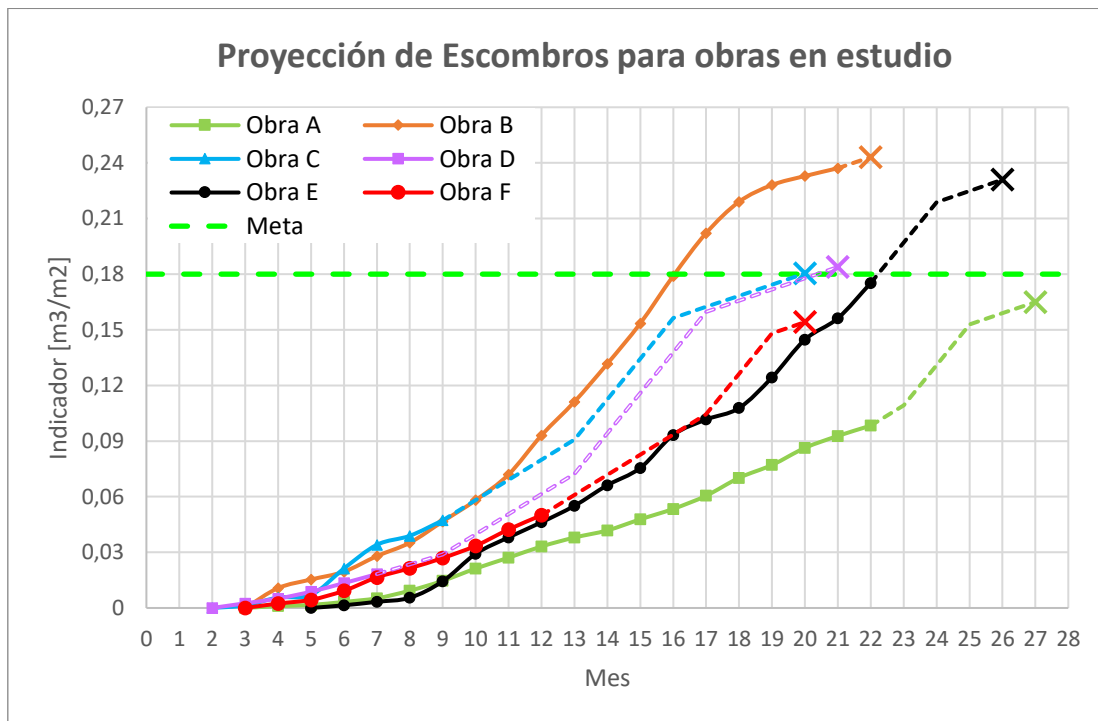


Ilustración 9.1. Resumen para seguimiento de meta de generación de escombros.  
Fuente: Elaboración propia en base a EBCO S.A.

Fue posible evidenciar que muchas de estas prácticas se realizan de forma tradicional, como costumbre propia de la cultura de la construcción, sólo por la comodidad que ofrece, sin la intención de cuidar el medio ambiente. Un ejemplo de esto es el uso de tinetas, para acarreo de materiales y herramientas, sin el cuidado previo de librarlas de sustancias contaminantes y desechadas junto al escombros al finalizar su uso.

El impacto ambiental del programa se considera como el volumen de residuos que evitó llevarse a botadero, según lo mostrado en la Tabla 7.24, se estima en  $309 \text{ m}^3$ , equivalente a 35 contenedores de  $9 \text{ m}^3$ , correspondiente a una disminución del 7% respecto al volumen proyectado. Por otro lado, el impacto económico se estima en un ahorro de \$12.459.096, equivalente a una reducción de 0,02 UF por metro cuadrado total a construir.

Cada tarea a realizar tiene una serie de componentes asociados, como el material, las herramientas o maquinaria utilizadas, la mano de obra directa, es decir, el trabajo directamente asociado a la unidad física de trabajo, y la mano de obra indirecta, que es el trabajo asociado a la supervisión, coordinación, planificación, logística, entre otros, necesario para ejecutar las tareas pero que no queda incorporado físicamente. A la vez,

cada uno de estos conceptos tiene incorporados implícitamente otros componentes, complejos de considerar en este estudio, como el impacto vial de los camiones para transporte de materiales y residuos o las emisiones de CO<sub>2</sub> u otros agentes contaminantes.

Existe también interrelación entre tareas, de diversa complejidad, que requerirían un estudio más profundo para determinar todas las posibles repercusiones, como el efecto que tiene la adquisición de materiales predimensionados en la gestión de bodega o la incidencia de generar menos residuos en labores de limpieza al interior de la obra.

Durante la ejecución del trabajo hubo modificaciones respecto a la metodología planteada inicialmente. Debido a la imposibilidad de ejecutar un plan de gestión de residuos en la ventana de tiempo disponible, se cambió la idea inicial de evaluar el resultado de implementar la guía de buenas prácticas por evaluar el impacto esperado de implementar algunas acciones, como la reutilización de cartón, placas fenólicas y sacos, el pre-dimensionamiento de cerámicas y elementos para tabiquería de volcometal, y extrapolar el resultado real de la implementación del plan de reciclaje, que se había estado gestando previamente.

En cuanto a las dificultades para la implementación de nuevas prácticas de gestión de residuos, se destaca la resistencia natural del ser humano al cambio, desde jornales hasta administradores. La cultura de la construcción, en parte por su carácter “artesanal”, se caracteriza por su oposición a la incorporación de nuevas prácticas. Al ser una industria altamente competitiva, la presión por ejecutar las tareas dentro del plazo y el costo programado desincentivan la incorporación de prácticas que agreguen factores de incertidumbre. Esta situación se potencia por la poca conciencia ambiental predominante en parte de la población. Esto podría combatirse, por ejemplo, con incentivos al cumplimiento de metas sustentables, o con mayor difusión de ideas exitosas entre las distintas obras.

Entre las dificultades identificadas para la implementación del plan de reciclaje está el disponer de un espacio estable para la ubicación del punto limpio. Debido a la dinamicidad de la obra y a la reducida superficie disponible en planta, consecuencia del tamaño de los terrenos en zonas densamente pobladas, como la provincia de Santiago, se requiere una adecuada gestión para lograr resultados satisfactorios. Otro inconveniente se produce cuando no hay disposición para pagar por el retiro de los residuos, ya que la disponibilidad de recicladores de base dispuestos a hacer los retiros sin costo está limitada por el precio al que puedan venderlos, de manera que para ellos sea rentable, y a la posibilidad de hacerlo.

El desafío de proponer nuevas medidas actualmente radica en garantizar que el beneficio económico que estas reporten a la obra supere el gasto y trabajo adicional requerido para su implementación. Otra alternativa es identificar con precisión el costo extra que podría representar y decidir en base a la disposición de incurrir en el posible gasto adicional a cambio del beneficio que podría reportarse al medio ambiente, a la imagen de la empresa o a la sociedad.

Se invita a cambiar la mentalidad, entendiendo que si bien, el impacto ambiental de las medidas tomadas para gestión de residuos sólidos en construcción puede no ser significativos por sí solos en el corto plazo, la acumulación de estos en el tiempo, sumado a los esfuerzos de todos los sectores de la sociedad, pueden significar una mejor calidad de vida y disponibilidad de recursos para generaciones futuras.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. ASCC - Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (2012). Acuerdos de Producción Limpia. Gobierno de Chile: Agencia Sustentabilidad. Recuperado de: <http://www.agenciasustentabilidad.cl/pagina/apl>
2. Aguirre, C., Latorre, M. (2004) *Hacia un diagnóstico de los residuos sólidos generados por obras de edificación en altura, en la Región Metropolitana*. Revista de Construcción, volumen 3 (1). Pontificia Universidad Católica de Chile.
3. Aldana, J., Serpell, A. (2012). Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un metaanálisis. *Revista de la construcción*, 11(2): 04-16. Universidad de Medellín.
4. Axis Desarrollos Constructivos (2018). Gestión de residuos de la construcción. 1° Seminario Internacional, Gestión de residuos de la construcción y demolición hacia una economía circular. Construye 2025, Santiago, Chile.
5. Burgos, D. (2010). *Guía para la gestión y tratamiento de residuos y desperdicios de proyectos de construcción y demolición* (tesis de pregrado). Universidad Austral. Valdivia, Chile.
6. Castro, Y. (2010). *Sistematización de detalles, habilitación y armado de aceros ASTM A615 para construcciones de concreto armado: impacto técnico, económico y ambiental* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
7. CChC – Cámara Chilena de la Construcción (2011). Guía de Buenas Prácticas Ambientales para la Construcción. Recuperado de: <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/22562-2.pdf>
8. CChC - Cámara Chilena de la Construcción (2015). Guía Desarrollo sustentable de proyectos inmobiliarios. Recuperado de: [http://www.cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Guia\\_Sustentable\\_2015.pdf](http://www.cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Guia_Sustentable_2015.pdf)
9. CChC - Cámara Chilena de la Construcción (2018). Informe Macroeconomía y Construcción (49). Recuperado de: [https://www.cchc.cl/centrodeinformacion/archivos\\_detalle/mach-49](https://www.cchc.cl/centrodeinformacion/archivos_detalle/mach-49)
10. CDT - Corporación de Desarrollo Tecnológico (2018). Diagnóstico sobre la gestión de residuos sólidos de las empresas del sector construcción, y propuesta de acuerdo de producción limpia. Plan industrialización y construcción limpia. Recuperado de
11. Chica-Osorio, L., Beltrán-Montoya, J. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso. *DYNA*, 85(206), 338-347. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n206.68824>
12. CINTAC (2019). Catálogo General productos y sistemas. Recuperado de: <https://www.cintac.cl/pdf/Catalogo-productos-y-sistemas-cintac-febrero-2019.pdf>
13. CORFO – Corporación de Fomento a la Producción (2016). Hoja de ruta PyCS 2025. Programa estratégico nacional. Productividad y construcción sustentable. Recuperado de: <http://www.construye2025.cl/wp-content/uploads/2016/05/Hoja-de-Ruta-Construye-2025.pdf>

14. CVV – Constructora Claro Vicuña Valenzuela (2018). Gestión de Residuos en la Construcción. 1° Seminario Internacional, Gestión de residuos de la construcción y demolición hacia una economía circular. Construye 2025, Santiago, Chile.
15. Decreto N° 40. "Aprueba reglamento del sistema de Evaluación de Impacto Ambiental". Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 30 de octubre de 2012. Recuperado de: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1053563>
16. Espinal, L. (2016). *Análisis del papel y cartón procedentes del reciclaje para posible aplicación en edificaciones de República Dominicana* (tesis de magister). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
17. Silva, C., Bravo, L. (2004). *Guía educativa para el reciclaje ¡A reciclar chatarra!* Santiago, Chile: Fundación Casa de la Paz.
18. González, P. (2018). *Propuestas relacionadas a la gestión de materiales y residuos en la etapa de construcción para futuras modificaciones a la certificación edificio sustentable* (tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
19. INE - Instituto Nacional de Estadísticas (2018). Estadísticas de edificación 2017. Recuperado de: <https://www.ine.cl/docs/default-source/publicaciones/2018/portadaedificación-2018.pdf>
20. INE - Instituto Nacional de Estadísticas (2018). Estimaciones y proyecciones de la población de Chile 1992-2050. Recuperado de: [https://www.ine.cl/docs/default-source/demográficas-y-vitales/demografía/base-2017/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion/metodologia-estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion-chile-1992-2050.pdf?sfvrsn=52ca59d2\\_8](https://www.ine.cl/docs/default-source/demográficas-y-vitales/demografía/base-2017/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion/metodologia-estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion-chile-1992-2050.pdf?sfvrsn=52ca59d2_8)
21. INN – Instituto Nacional de Normalización (2004). Norma Chilena Oficial NCh 382 Sustancias peligrosas - Terminología y clasificación general.
22. INN – Instituto Nacional de Normalización (2013). Norma Chilena Oficial NCh 3322 Colores de contenedores para identificar distintas fracciones de residuos.
23. INN - Instituto Nacional de Normalización (2019). Norma Chilena Oficial NCh 3562 Gestión de residuos – Residuos de construcción y demolición (RCD) – Clasificación y directrices para el plan de gestión.
24. Ley N° 19.300 "Sobre bases generales del medio ambiente". Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 01 de marzo de 1994. Recuperado de: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30667&tipoVersion=0>
25. Ley N° 20.920 "Ley de Fomento al Reciclaje y Responsabilidad Extendida del Productor". Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 01 de junio de 2016. Recuperado de: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1090894>
26. Leyton, A. (2017). *Evaluación de los acuerdos de producción limpia como política pública* (tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
27. Martínez, A. (2016). *Arquitectura Alternativa II: Construcción Low-cost. Reciclar y construir con el desecho* (tesis de doctorado).\_Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Valencia, España
28. Millán, F., Sánchez, D., Olaya, J. (2015). Reciclaje de aluminio: oportunidades de desarrollo en Bogotá (Colombia). *Revista Gestión y Ambiente*. 12(2): 135-152. Universidad Nacional de Colombia.

29. Ministerio de Economía (1998). Política de fomento a la Producción Limpia. Gobierno de Chile. Recuperado de: [http://www.tecnologiaslimpias.cl/chile/docs/PFPL\\_1997-2000.pdf](http://www.tecnologiaslimpias.cl/chile/docs/PFPL_1997-2000.pdf)
30. Minvu - Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2018). Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas, Tomo IV: Materiales y Residuos. Recuperado de: <http://csustentable.minvu.gob.cl/estandares-cs/>
31. MMA – Ministerio del Medio Ambiente (2012). Gestión y Valorización de Residuos Sólidos en la Región Metropolitana. Recuperado de: <http://www.santiagorecicla.cl/wp-content/uploads/2017/10/Gestion-y-Valorizacion-de-Residuos-Solidos-en-la-RM21121.pdf>
32. MMA - Ministerio del Medio Ambiente (10 de junio de 2019). Anteproyecto de decreto supremo que establece metas de recolección y valorización y obligaciones asociadas de envases y embalajes. Diario Oficial de la República de Chile. Recuperado de <http://www.doe.cl/PDFDoe.php?f=10062019&cve=1601514>
33. Nones, C. (2019). Gestión y técnicas de reciclaje polimérico: *Estudio del escenario actual, aplicaciones y nuevas tendencias* (tesis de magister). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
34. Ramos, J. (2017). *Evaluar el potencial de reciclaje de los materiales de construcción de edificios en Chile* (tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
35. RCDA - Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (2018). Economía Circular para los Residuos de Construcción y Demolición RCD. 1° Seminario Internacional, Gestión de residuos de la construcción y demolición hacia una economía circular. Construye 2025, Santiago, Chile.
36. Reyes, A. (2018). *Propuesta de proceso para la transformación con fines de reciclaje, del principal residuo aglomerado distribuido y procesado por la empresa Madecentro Colombia S.A.S.* (tesis de magister) Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia.
37. Vázquez, E. (2013). Progress of Recycling in the Built Environment. RILEM state of arts report (8). Barcelona, España. Springer.
38. Viconsá (2018). De escombros a residuos. 1° Seminario Internacional, Gestión de residuos de la construcción y demolición hacia una economía circular. Construye 2025, Santiago, Chile.

## **11. ANEXOS**

### **Anexo A**

Ficha Técnica N° 000 Guía de Buenas Prácticas

**Descripción General**

La presente ficha, presentada a modo de guía de buenas prácticas, sugiriendo prácticas a considerar y condiciones mínimas que cumplir para reducir el volumen de residuos generados en diversas faenas constructivas. Las prácticas se dividen en tres grandes grupos según la jerarquía de gestión de residuos: prevención, reutilización y reciclaje; y a la vez se subdividen según la naturaleza del material o actividad.

Objetivo	Responsabilidades
Reducir el volumen de residuos sólidos generados y llevados a botadero a modo de escombro, entendiendo el valor que pueden tener como materia prima para otros usos.	Es responsabilidad del administrador la correcta implementación de las condiciones mínimas establecidas e incentivar la aplicación de las buenas prácticas sugeridas.

**Δ Consideraciones Generales**

Algunos aspectos a considerar, aplicables a todas las prácticas presentadas son:

- Capacitación constante del personal en temas de gestión de residuos y sustentabilidad.
- Realización periódica de actividades de difusión y concientización, orientadas a educar y motivar a todo el personal, tanto propio como subcontratado, a participar y comprometerse con las buenas prácticas.
- Comunicación adecuada con proveedores, buscando trabajar de manera colaborativa en la gestión de los residuos asociados a sus productos.

**Δ Prevención**

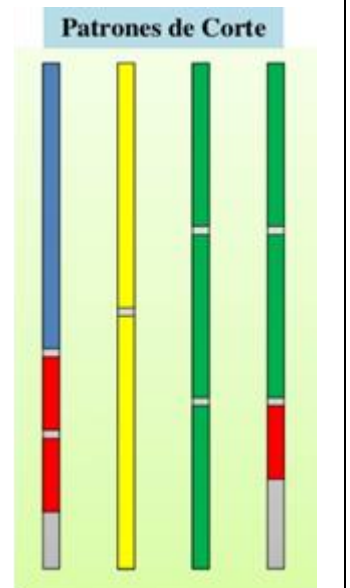
Evitar la generación de un residuo, tomando medidas adecuadas previamente.

**δ Hormigón y Moldajes**

Sugerencias	Exigencias	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar calidad del moldaje antes y después de cada uso. Reemplazando oportunamente componentes en mal estado, que podrían afectar la calidad del elemento a hormigonar.</li> <li>▪ Pintar bordes de placas fenólicas con pintura impermeable para extender su vida útil al protegerla del ingreso de humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controlar escurrimiento de lechada durante proceso de hormigonado. Cubrir encuentros entre moldajes con material absorbente y retirar oportunamente, reduciendo exceso de trabajo requerido para remoción de lechada endurecida.</li> <li>▪ Verificar calidad de moldajes al momento de la entrega, devolver al proveedor elementos en mal estado para reparación o cambio.</li> </ul>	

## δ Acero de refuerzo

Sugerencias	Exigencias
<ul style="list-style-type: none"> <li>Adquirir barras pre-dimensionadas, con dimensión y doblado según planos. Esto requiere planificación cuidadosa del equipo profesional de la obra, que debe indicar oportunamente al proveedor el detalle de las piezas y generar en conjunto un plan de entrega, que será revisado y adaptado según el avance real de la obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En caso de adquirir barras de largo comercial, adaptar las dimensiones solicitadas a las características particulares de la obra.</li> <li>Optimizar corte de barras, capacitando a equipo de enfierradores para máximo aprovechamiento de despuntes. Disponer de espacios debidamente rotulados para almacenamiento e identificación de retazos.</li> <li>Para venta de despuntes, disponer contenedor, en sector de trabajo de enfierradores, para almacenar retazos que no serán utilizados, ya sea por daño u otra razón justificada y autorizada. Llevar registro de venta, indicando fecha, proveedor, número de comprobante, peso y valores neto y total.</li> </ul>



## δ Muebles

Sugerencias
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar el corte de piezas en obra. Residuos de maderas procesadas son de difícil tratamiento.</li> <li>Priorizar adquisición de muebles prefabricados, limitando el trabajo en obra a pequeños ajustes requeridos para su correcta instalación.</li> <li>Como segunda opción, gestionar pre-dimensionamiento de tableros, limitando el trabajo en obra a ensamblaje y ajustes para su correcta instalación.</li> <li>Acordar con subcontratista el interés de velar por minimizar la generación de residuos.</li> </ul>



## δ Tabiquería de volcometal

Sugerencias
<ul style="list-style-type: none"> <li>Adquirir montantes de acero galvanizado y planchas de yeso-cartón de longitud adecuada a la altura de piso de la obra, considerando 1 cm de holgura en cada extremo.</li> <li>Disponer despuntes de acero galvanizado en punto limpio para reciclaje como metal.</li> <li>Disponer recortes de yeso-cartón en contenedor indicado para reciclaje como residuo inerte.</li> </ul>





## δ Cerámicas

### Sugerencias

- Gestionar con proveedor de cerámicas la adquisición de cerámicas pre-dimensionadas. Proveer oportunamente planos indicando partidas de instalación, juntas estructurales, juntas perimetrales, detalles de cantería y cantidad de recintos distintos. Coordinar entregas por piso o por departamento, adaptándolas según avance real de obra.



## Δ Reutilización

Dar un nuevo uso a lo que fue generado como residuo, ya sea en una actividad similar o distinta. Se dan dos tipos, reutilización interna y externa, utilizándolo dentro de la misma obra o entregándolo a un tercero, respectivamente. Un tipo especial de reutilización externa se da al traspasar un residuo para ser empleado en otra obra, mientras que un tipo especial de reutilización interna es destinar material resultante de demolición o excavación a faenas posteriores de construcción.

Como consideración general, se sugiere negociar con proveedores para que hagan retiro de sus *productos prioritarios*, bajo amparo de la Ley REP, a la vez que se cumple la obligación de consumidor de entregar los residuos. Tinetas, tambores, envases de cartón y sacos son considerados *productos prioritarios* bajo la categoría *envases y embalajes*.

Una vez terminada la vida útil del material, o cuando ya no es requerido, preparar para ser reciclado según lo indicado en apartado respectivo, evitando en lo posible su eliminación como escombro.

## δ Tinetas y tambores

### Gestión

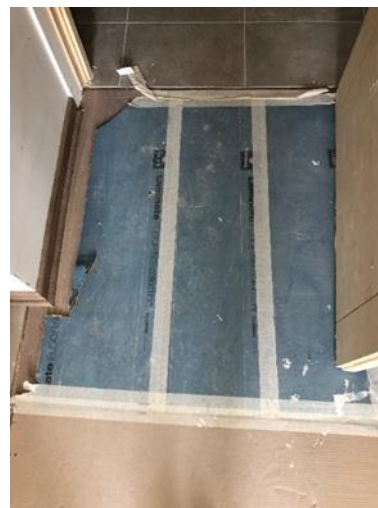
- Usar todo el material contenido, dejando envase limpio, con especial cuidado de remover sustancias peligrosas.
- Reutilizar tinetas para traslado de herramientas o materiales.
- Reutilizar tinetas y tambores como contenedores de basura, agua u otros materiales en lugar de la obra donde sea requerido.
- Donar tinetas a terceros para su reutilización.
- Limpiar y acopiar tinetas para ser recicladas como PEAD y tambores como cartón o metal, según corresponda.



## δ Cartón

### Gestión

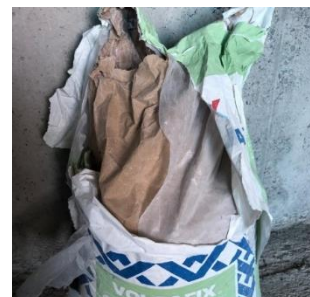
- Una vez usado el contenido de la caja, separar elementos de otro material, como cintas adhesivas u otros plásticos, desarma y comprimir.
- Reutilizar como cubierta para protección de piso fotolaminado, tinas, encimeras de cocinas u otros elementos delicados.
- Enzunchar y acopiar cartones en desuso para ser reciclados.



## δ Sacos

### Gestión

- Distinguir entre sacos de material compuesto (papel y plástico) y rafia (fibra de polipropileno).
- Disponer residuos de sacos de material compuesto en contenedor de escombros.
- Reutilizar sacos de rafia para acarreo y copio de escombros en altura, evitando compra de sacos para este fin. Al trasladar residuos hasta contenedor de escombros o residuos inertes, sólo verter contenido, procurando dar máximo de usos posibles al saco.
- Limpiar y acopiar sacos de rafia dañados para reciclaje como PP.



## δ Tuberías

### Gestión

- Evitar uso de tuberías de PVC debido a imposibilidad de reciclarlas. Favorecer uso de tuberías de PEAD.
- Reutilizar despuntes de tuberías como encamisado para fijación de moldajes, sujeción temporal de cables o como sistema de soporte de ductos sanitarios.
- Limpiar y acopiar restos de tubería de PEAD para reciclaje.



## δ Pallets y Madera

### Sugerencias

- Entregar restos de madera natural, libre de contaminantes, como pintura o barniz, a tercero para aprovechamiento como aserrín o viruta.
- Reparar pallets dañados y reutilizar como plataforma para almacenaje y transporte de materiales en bodega.
- Reutilizar para fabricación de sectores de acopio, pintados y señalizados adecuadamente.
- Donar o vender pallets en desuso a terceros para su reutilización.



## δ Cubiertas pétreas

### Sugerencias

- Devolver excedente al proveedor.
- Donar restos de cubiertas a terceros para su reutilización.
- Limpiar lo que no fue posible reutilizar y acopiar para reciclaje como residuo inerte.



## δ Placas fenólicas

### Sugerencias

- Reutilizar restos de placas fenólicas autorizadas como refuerzo en tabiques, cubierta de techo, como soporte de señalética u otros usos permitidos.

### Exigencias

- Pintar bordes de placas con pintura impermeable, para protegerlas de hinchamiento por absorción de humedad.
- Se requiere expresa autorización del profesional responsable para su reutilización en otras tareas.



## Δ Reciclaje

Procesar un residuo, aprovechando su composición material o energética, para la elaboración de un nuevo producto o reinsertándolo al mercado como materia prima.

En la Ficha Técnica Construye Sustentable N°01-V01-2020, se detallan los aspectos a considerar para la implementación de un punto limpio en obra y los pasos a seguir para la ejecución de un adecuado plan de reciclaje. A continuación se presentan los puntos considerados en esta.

## δ Gestión de recicladores

Previo a la implementación del punto limpio, se deberá definir los recicladores con que se trabajará. Se pondrá a disposición un listado con alternativas de recicladores de base y empresas especialistas en la gestión de residuos. En caso de no contar con un contacto que satisfaga las necesidades de la obra, se le insta a buscar por sus propios medios. Enfatiza la importancia de certificar el destino final de los residuos. Es importante aclarar previamente con el reciclador las condiciones que deben tener los materiales para ser recibidos.

## δ Categorías de residuos

Se definen los colores de las categorías según la NCh 3322.

CARTONES	PAPELES	PLÁSTICOS BOTELLAS	PLÁSTICOS BLANDOS
PALLETS	MADERAS	METALES	DESPUNTES DE FIERRO
RESIDUOS PELIGROSOS	ESCOMBROS GENERALES	PLUMAVIT (Opcional)	CERAMICA / GRANITO / MARMOL (Opcional)

Se definen carteles corporativos autoadhesivos, indicando los pasos a seguir para su solicitud. En estos se mencionan posibles orígenes de cada material además de indicaciones específicas para cada categoría.

## δ Punto Limpio

La ubicación del punto limpio deberá ser planificada de tal forma que favorezca la accesibilidad tanto para disponer como para retirar los residuos. Se presentan alternativas de contenedores a usar, entre ellas maxisacos de polipropileno, contenedores con ruedas o cubículos elaborados con pallets reutilizados.

La cantidad y dimensión de los contenedores dependerá de factores como categorías de residuos a reciclar, tasa de generación de residuos, periodicidad de los retiros, entre otros.

## δ Sub Puntos Limpios

Se recomienda el uso de sub puntos limpios para favorecer la segregación de los residuos en puntos estratégicos de la obra. Para ello se sugieren contenedores con ruedas y una estructura metálica para su transporte mediante grúa.

## δ Implementación y mantenimiento del proyecto de gestión de residuos

Se deberá capacitar periódicamente al personal de obra y verificar constantemente el correcto uso de los puntos limpios. Se pone a disposición una planilla para el registro de los retiros.

## δ Consideraciones adicionales

Como complemento a lo establecido en la Ficha Construye Sustentable N°01-V01-2020, se sugiere:

- Disponer de dos contenedores para acopio de residuos: uno para residuos inertes, debidamente identificado, destinado a reciclaje y uno para los residuos destinados a ser eliminados en un relleno sanitario autorizado.

Como residuo inerte considerar restos de hormigón, yeso, cal, cerámicas, porcelanatos, ladrillos, tejas, yeso-cartón y tierra libre de contaminantes químicos u orgánicos.