

**REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE LAS BARRERAS DE APROVECHAMIENTO
DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, PARA EL CASO
DEL ESTADO DE VICTORIA, AUSTRALIA.**

LEIDY XIMENA DELGADO ARCHILA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN SOSTENIBILIDAD
MEDELLÍN
2023**

**REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE LAS BARRERAS DE APROVECHAMIENTO
DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, PARA EL CASO
DEL ESTADO DE VICTORIA, AUSTRALIA.**

LEIDY XIMENA DELGADO ARCHILA

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Sostenibilidad

Directora

ÁNGELA GABRIELA GUERRERO TERÁN
Arquitecta
Magister en Sostenibilidad

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN SOSTENIBILIDAD
MEDELLÍN
2023**

Dedicatoria

A Juan Felipe Basto por ser mi apoyo incondicional.

A mi familia por recordarme lo esencial e importante de la vida.

A Jackson Parra por extenderme su mano cuando llegué a Australia.

A Tomas Bonilla por confiar en mí y en mi trabajo.

A Christopher Rose y Andrew Halliday por siempre mencionar mis fortalezas.

A Alfredo Serrano por su compañía, tertulias y apoyo.

A Huw Evans y Milton Moss por compartir con generosidad su conocimiento.

*A Michelle Marañón, Lina Peña y Andrea Sánchez por inspirarme con su valentía,
perseverancia e inteligencia.*

A Kathy & Brian Bishop por su inmensa bondad.

Agradecimientos

A la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín y a la Universidad Católica del Norte por ofrecer el programa virtual de Maestría en Sostenibilidad. Este programa me permitió reencontrarme con la academia y mantener una conexión con mis raíces con Colombia durante la pandemia por la Covid-19 desde la ciudad de Melbourne, Australia, lugar en donde los periodos de encerramiento fueron más prolongados respecto a otros lugares del mundo.

A la profesora Gina Orozco por estar siempre atenta y proveer asesoría oportuna desde el inicio hasta el final de la maestría.

A Gabriela Guerrero por guiarme en el desarrollo de mi trabajo de grado, pero sobre todo por inspirarme con su pensamiento crítico y capacidad de estructurar ideas.

A mis compañeras de estudio Laura Landazábal y Valentina León por su flexibilidad en los horarios, compromiso y cooperación en el desarrollo de actividades grupales a largo de la Maestría en Sostenibilidad.

Revisión sistemática sobre las barreras de aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, para el caso del estado de Victoria, Australia.

Resumen

La identificación de barreras que afectan el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (C&D), en el estado de Victoria, Australia es una fuente información para identificar oportunidades de mejora en el desarrollo de un modelo de economía circular en el sector de la construcción.

A partir de una revisión de la bibliografía disponible en bases de datos, revistas, y de publicaciones de la Autoridad de Protección Ambiental de Victoria se seleccionaron los factores más influyentes en el proceso de aprovechamiento de los residuos de C&D y se elaboró una síntesis de la información que refleja las oportunidades y retos existentes en la etapa de disposición final del ciclo de vida de un material de construcción.

Los hallazgos obtenidos indican problemáticas relacionadas con la influencia cultural y socioeconómica de los habitantes sobre el desempeño en la implementación de las directrices vigentes para el manejo de los C&D.

Así mismo, se encontró que existen necesidades de infraestructura y tecnología para la recuperación de los residuos de C&D en las zonas regionales del estado de Victoria. Finalmente, se identificó una desventaja en la competitividad del mercado de los residuos de C&D respecto a materias primas vírgenes.

Palabras clave: Residuos, construcción, demolición, aprovechamiento, ciclo de vida, Victoria, Australia.

Abstract

The identification of barriers affecting the utilization of construction and demolition (C&D) waste in the state of Victoria, Australia is a source of information to identify opportunities for improvement in the development of a circular economy model in the construction sector.

Based on a review of the literature available in databases, journals, and publications of the Victorian Environmental Protection Authority, the most influential factors in the C&D waste utilization process were selected and a synthesis of the information reflecting the opportunities and challenges at the final disposal stage of the life cycle of a construction material was prepared.

The findings obtained indicate problems related to the cultural and socioeconomic influence of the inhabitants in the implementation of the current guidelines for C&D management.

Likewise, it was found that there are infrastructure and technology needs for the recovery of C&D waste in the regional areas of the state of Victoria. Finally, a disadvantage was identified in the competitiveness of the C&D waste market with respect to virgin raw materials.

Keywords: Waste, construction, demolition, harnessing, life cycle, Victoria, Australia.

Contenido

1. Introducción	4
2. Problema.....	7
3. Justificación	9
4. Marco referencial	10
4.1 Marco conceptual	10
5. Estado del arte	14
6. Objetivo General	19
6.1 Objetivos Específicos	19
7. Metodología.....	20
8. Búsqueda de material bibliográfico (Título)	20
9. Selección de estudios.....	21
10. Resultados y discusión.....	27
10.1 Barreras identificadas en la etapa de clasificación (subtítulo)	43
10.2 Barreras identificadas en la etapa de transporte	44
10.3 Barreras identificadas en la etapa de transformación	45
10.4 Barreras identificadas en la etapa de comercialización.....	47
10.5 Barreras identificadas en la etapa de infraestructura	47
10.6 Barreras relacionadas con las propiedades y calidad de los materiales de C&D reciclados	48
11. Conclusiones.....	49
12. Recomendaciones.....	50
13. Referencias	50
14. Propiedad Intelectual y Confidencialidad.....	57
15. Concepto ético	57

Lista de figuras

Figura 1. Identificación de las partes interesadas. Fuente: Autor.....	8
Figura 2. Árbol de problemas de obstáculos para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en Australia. Fuente: Autor.	9
Figura 3. Esquema de jerarquización para el manejo de residuos de C&D con etapas específicas para el sector de la construcción. Fuente: Adaptado de Chunbo Zhang, 2021	10
Figura 4. Flujo de recursos en una economía circular. Fuente: Recycling Victoria, a new economy 2020	13
Figura 5. Esquema de reciclaje de agregados utilizado en Corea. Fuente: Jeonghyun, 2021	15
Figura 6. Mapa regional de la recuperación de recursos y residuos del estado de Victoria, Australia. Fuente: Sustainability Victoria, 2018.....	27

Lista de tablas

Tabla 1. Tecnologías de reciclaje de residuos de C&D y aplicaciones del material reciclado (Información tomada de Hyder Consulting, Encycle Consulting & Sustainable Resource Solutions, 2011).....	11
Tabla 2. Estudios seleccionados para identificar las barreras de aprovechamiento de los residuos de C&D en el estado de Victoria, Australia.....	21
Tabla 3. Lista de barreras de aprovechamiento de C&D en el estado de Victoria Australia y fuente bibliográfica donde se identificaron.....	28
Tabla 4. Residuos de C&D transportados desde Victoria hacia otros estados y exportados.....	46

1. Introducción

El presente proyecto de grado trata sobre las principales obstrucciones que enfrenta el estado de Victoria, Australia para el aprovechamiento de residuos de C&D.

La recuperación de materiales de C&D y su aprovechamiento son componentes esenciales en el desarrollo de un modelo de economía circular en el sector de la construcción y pueden analizarse teniendo en cuenta una perspectiva de ciclo de vida. Este tipo de análisis permite identificar los impactos sobre la sostenibilidad en cada etapa de la gestión de los residuos de C&D.

Por otra parte, dependiendo de la fuente de generación de los residuos de C&D (ya sea en la construcción o demolición de viviendas, edificios comerciales, construcción y mantenimiento de vías o proyectos de transporte público como líneas de trenes), y su ubicación geográfica, se pueden identificar de manera individual las necesidades de gestión de dichos residuos.

La síntesis y análisis de la información disponible facilitan el establecimiento de una línea base desde donde a partir de la identificación de las barreras de aprovechamiento se puedan formular propuestas para la gestión sostenible de los residuos de C&D y su futura comercialización, contribuyendo de esa manera al logro de objetivos de desarrollo sostenible tales como: producción y consumo responsables, ciudades y comunidades sostenibles; industria, innovación e infraestructura y vida de ecosistemas terrestres.

2. Problema

En el estado de Victoria, Australia existe una brecha entre lo estipulado por la normativa legal ambiental para el manejo de residuos de C&D y lo que se evidencia en la realidad.

El contexto socioeconómico del país tiene unas características frente al uso de los productos nuevos versus la extensión de la vida útil de los productos de consumo, incluidos los materiales que se usan en la construcción y que se generan durante las demoliciones; dentro de esas características se encuentran el alto poder adquisitivo de los habitantes y por otra parte el elevado costo de mano de obra en Australia (El Economista, 2021). Por lo tanto, en muchos casos frente a la situación de tener un producto que requiere reparación manual o adquirir uno nuevo es más rentable esta última opción.

Así mismo, los altos volúmenes de trabajo y de generación de residuos de C&D dificultan el proceso de separación en la fuente para los trabajadores a nivel operativo, aumentando así el riesgo de cometer errores en la clasificación de los residuos generados y por lo tanto en su disposición final.

Adicionalmente, los sesgos culturales en el estado Victoria conllevan comportamientos de bajo cumplimiento de la normatividad legal ambiental que se especula están asociados al temor por las penalidades y multas. La normatividad ambiental se percibe altamente restrictiva, mientras un nivel suficiente de conciencia ambiental que influya en las decisiones de sus habitantes hacia al cumplimiento de los estipulado en la legislación ambiental respecto al manejo de residuos C&D no parece haberse alcanzado, sino que se actúa bajo la presión que ejerce la existencia de penalidades.

Desde la perspectiva de las empresas que gestionan los residuos de C&D existen retos asociados al costo de compra o alquiler de terrenos para realizar una separación más especializada de residuos de C&D, ya que esta actividad requiere de superficies amplias. Esta situación hace que las zonas regionales donde se ubican pueblos pequeños sean atractivas tanto para el desarrollo de centros de separación especializada de residuos como para la construcción plantas de reciclaje, ya que los precios de los terrenos son más bajos si se comparan con zonas cercanas a las ciudades principales. Sin embargo, a pesar de que esa solución puede parecer atractiva y que además generaría empleo y desarrollo económico en esas regiones, las comunidades de las zonas rurales y regionales no siempre están de acuerdo con ese tipo de iniciativas, en general ellos temen perder calidad en recursos como el aire, agua y suelo (Shooshtarian & Maqsood, 2021).

A continuación, se presenta un gráfico donde se identifican las partes interesadas y un esquema donde se ubican las causas y efectos del problema descrito mediante un árbol de problemas.

Figura 1. Identificación de las partes interesadas. Fuente Autor.

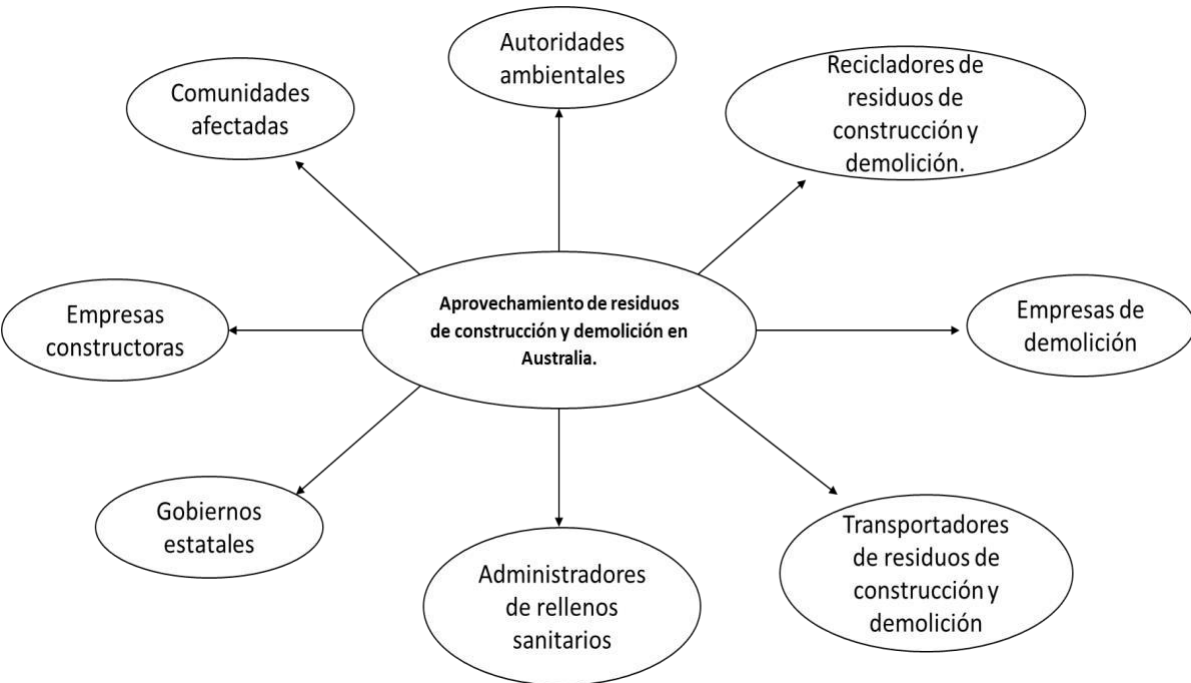
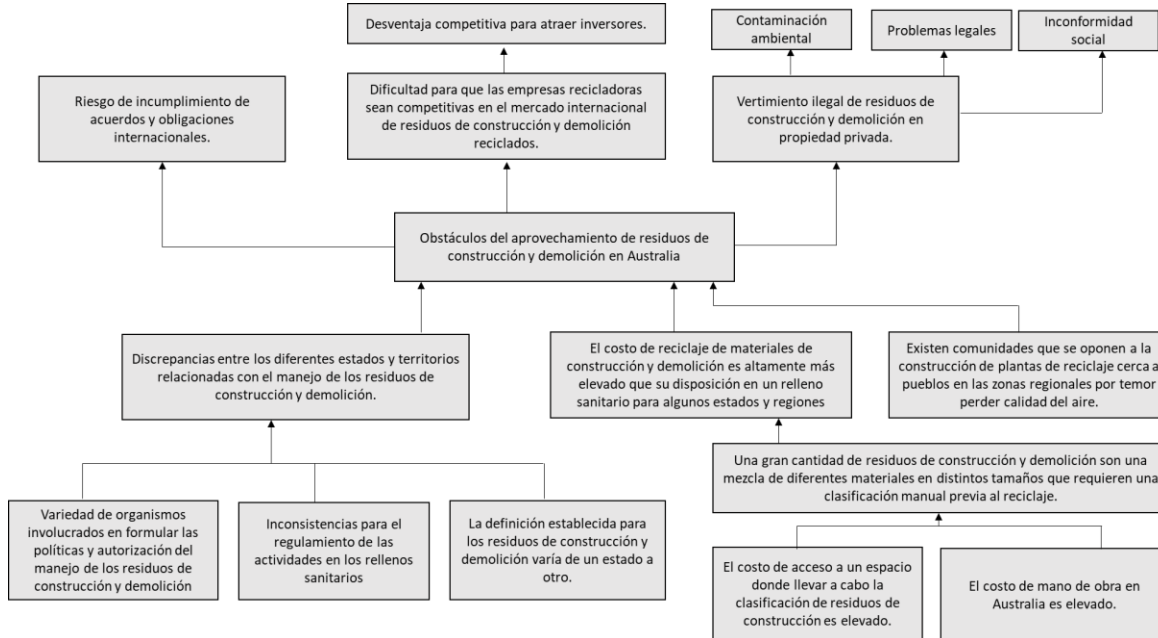


Figura 2. Árbol de problemas de obstáculos para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en Australia. Fuente Autor.



3. Justificación

La identificación y análisis de los elementos que obstaculizan el aprovechamiento de los residuos de C&D en el estado de Victoria, Australia permite establecer una base informativa sintetizada a partir de la cual se podrían plantear soluciones adecuadas que aumenten los porcentajes de aprovechamiento de residuos de C&D y de esa manera reducir o eliminar la brecha existente entre las directrices legales de manejo de residuos de C&D y la implementación de las mismas.

A pesar de que existe una reciente revisión sistemática sobre el manejo de residuos de C&D en Australia, en ese estudio la información se abordó desde la perspectiva de las características geográficas, culturales y socioeconómicas de la región de Victoria.

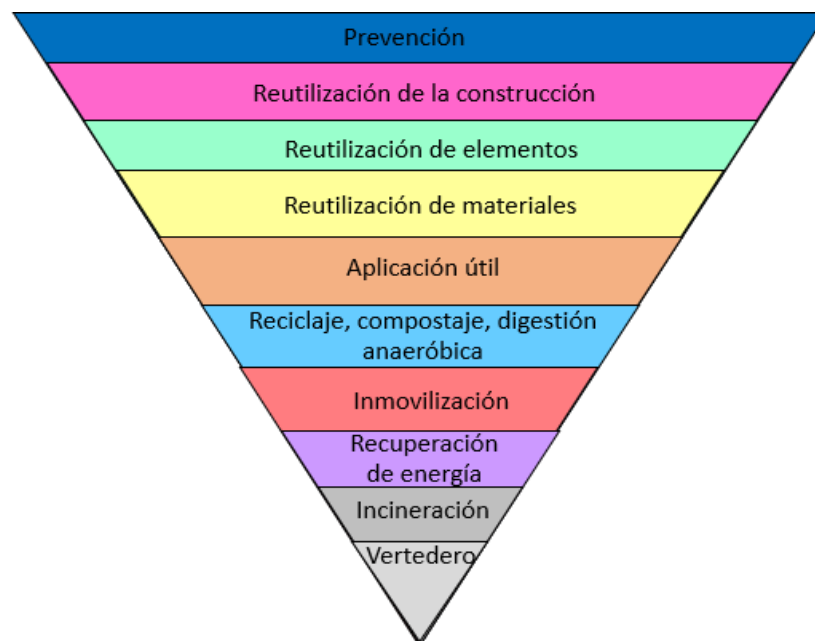
El sector de la construcción en el estado de Victoria es una de las principales fuentes de empleo y donde a partir de las nuevas construcciones se generan ingresos tanto para el estado como para sus habitantes (Victoria's Economy, 2021). Este documento mediante la presentación de conocimiento actualizado y organizado puede dar paso para desarrollar el potencial de nuevos mercados sostenibles de los residuos de C&D que se ajusten a las necesidades particulares del estado de Victoria, Australia.

4. Marco referencial

4.1 Marco conceptual

Existe una definición establecida para los residuos de C&D dada por el Reporte Nacional de Residuos en Australia descrita a continuación: “residuos producidos por actividades de construcción y demolición, incluyendo construcción de carreteras y rieles y mantenimiento y excavación de tierra asociada con actividades de construcción” (The Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, 2022). Una metodología utilizada en la gestión de residuos consiste en la jerarquización de las decisiones que deberían tomarse antes y durante la generación de residuos en general. Así mismo, también hay propuestas de jerarquización especializadas para establecer las prioridades en el manejo de los residuos de C&D, cuyas etapas de jerarquización específicas se plantean de la siguiente manera: prevención, reutilización de la construcción, reutilización de elementos, reutilización de materiales, aplicación útil, reciclaje, compostaje, digestión anaeróbica, inmovilización, recuperación de energía, incineración y disposición en vertedero (Chunbo Zhang, 2021), ver figura 3. Estas etapas promueven la disminución en la generación de residuos de C&D y el aprovechamiento de los residuos de C&D como materiales para nuevas aplicaciones.

Figura 3. Esquema de jerarquización para el manejo de residuos de C&D con etapas específicas para el sector de la construcción. Fuente: Adaptado de Chunbo Zhang, 2021.



El término aprovechamiento de residuos hace referencia al proceso integral de separación, recolección y posterior reuso o reciclaje de residuos (Ministerio de Vivienda Colombia, 2022). Respecto al concepto de reuso como su nombre lo indica se trata de volver a usar un mismo elemento o material ya sea con funciones iguales a su uso original o diferentes, mientras que, el reciclaje consiste en someter un material ya usado a un proceso de transformación para que pueda ser utilizado nuevamente ya sea en las mismas o nuevas aplicaciones (Clearance solutions, 2015) .

Las tecnologías y aplicaciones utilizadas para el reciclaje de los residuos de C&D son específicas para cada tipo de residuos ya que estos tienen composiciones químicas y propiedades mecánicas distintas. Algunas de las tecnologías de reciclaje de residuos de C&D aplicables en Victoria, Australia son la trituración de concreto, que posteriormente pueden ser utilizado como relleno en obras de construcción o vías, y la recuperación de asfalto es una metodología también utilizada en la región que consiste básicamente en rasgar y extraer cortes del pavimento que luego son integrados a las plantas de producción de asfalto donde se mezclan y procesan nuevamente con otros materiales, permitiendo que un mismo material se reintegre a una aplicación y que se extienda su tiempo de uso antes de llegar al final de su vida útil, este tipo de prácticas son características de la economía circular.

Así, para el presente trabajo resulta útil conocer la diversidad de tecnologías de reciclaje de materiales de C&D más utilizadas, las cuales se resumen en la siguiente tabla.

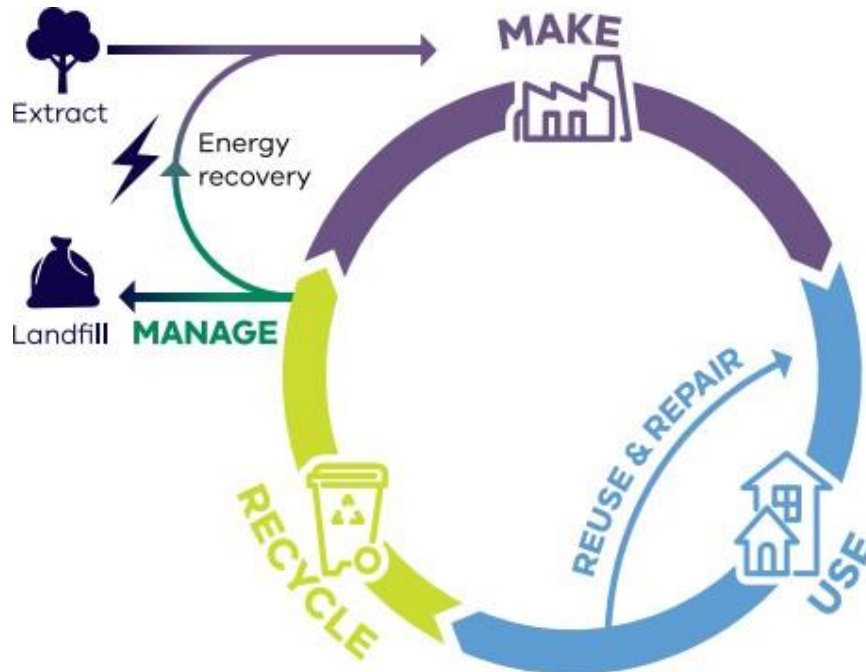
Tabla 1. Tecnologías de reciclaje de residuos de C&D y aplicaciones del material reciclado (Información tomada de Hyder Consulting, Encycle Consulting & Sustainable Resource Solutions, 2011).

Residuo de C&D	Tecnología de reciclaje	Aplicación del material reciclado
Ladrillos	Quebrado, trituración.	Subbase del pavimento, sustituto de roca virgen triturada.
	Pulverización	Complemento de materiales cementantes. Material absorbente de aguas contaminadas con flúor o residuos orgánicos.
Asfalto	Remoción de capas de asfalto y reprocesamiento en plantas de asfalto con nuevos materiales obteniendo una mezcla caliente.	Se mezcla en diferentes porcentajes con asfalto nuevo para su utilización.

Asfalto	Reciclaje caliente en sitio: el pavimento es calentado, suavizado y escarificado, en algunos casos se agregan emulsiones asfálticas.	Reparación de pavimentos en sitio.
Metales	Separación por tipo de metal, trituración y fundición, purificación y solidificación.	Varía dependiendo del tipo de metal reciclado y la calidad obtenida.
Madera	La madera se tritura, se impregna con una solución química que contiene urea, hidróxido de sodio y agua, luego se somete a calor para su descomposición química y termo-hidrolítica. Finalmente se obtienen virutas que pasan a un proceso de molienda.	A partir de la viruta molida se fabrican láminas de MDF.
Termoplásticos	Recolección, clasificación por color y densidad, lavado, triturado, extrusión.	A partir de los pellets obtenidos de la extrusión se pueden fabricar nuevos objetos plásticos.
Rocas y piedras de excavación	Triturado	Rellenos en las subbases de los pavimentos.

Un concepto relevante y de gran interés es la economía circular. La economía circular es un modelo de producción y consumo que busca reducir los impactos ambientales que dichas actividades causan, mientras que al mismo tiempo permite un crecimiento económico a través del uso más productivo de los recursos naturales. Este modelo promueve la mejora en el diseño de productos, la reutilización, reparación y reciclaje de elementos y materiales de modo que se extienda su vida útil, así como también fomenta el reuso de productos entre usuarios cuando es posible (Department of Environment, Land, Water and Planning, 2020).

Figura 4. Flujo de recursos en una economía circular. Fuente: Recycling Victoria, a new economy 2020.



Para el desarrollo de una modelo de economía circular es necesario entender el significado el ciclo de vida de un producto, el cual se puede definir como la interrelación de etapas consecutivas desde la adquisición de materias primas o su generación a partir de recursos naturales, diseño del producto, transporte, uso, tratamiento al final la vida útil hasta la disposición final (International Organization for Standarization, 2015). Según esta definición, se puede inferir que un material o producto se considera un residuo cuando termina su vida útil.

Existen marcos de reporte del impacto social, económico y ambiental de las organizaciones que ayudan a las empresas a preparar sus reportes o memorias de sostenibilidad con el fin de promover la responsabilidad empresarial, uno de estos marcos de reporte es el Global Reporting Initiative GRI (UHY Fay & Co 2020). En Australia, el GRI fue introducido en el año 2015, como herramienta para reportar información relativa al desarrollo sostenible de diferentes sectores productivos del

país, con el fin de permitir que a las organizaciones y sus partes interesadas puedan tomar mejores decisiones sobre temas de sostenibilidad (Australian Government, 2015).

Finalmente, la implementación exitosa de sistemas de aprovechamiento de los residuos de C&D podría contribuir con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- Industria innovación e infraestructura.
- Ciudades y comunidades sostenibles.
- Producción y consumo responsables.
- Acción por el clima.
- Vida de ecosistemas terrestres.

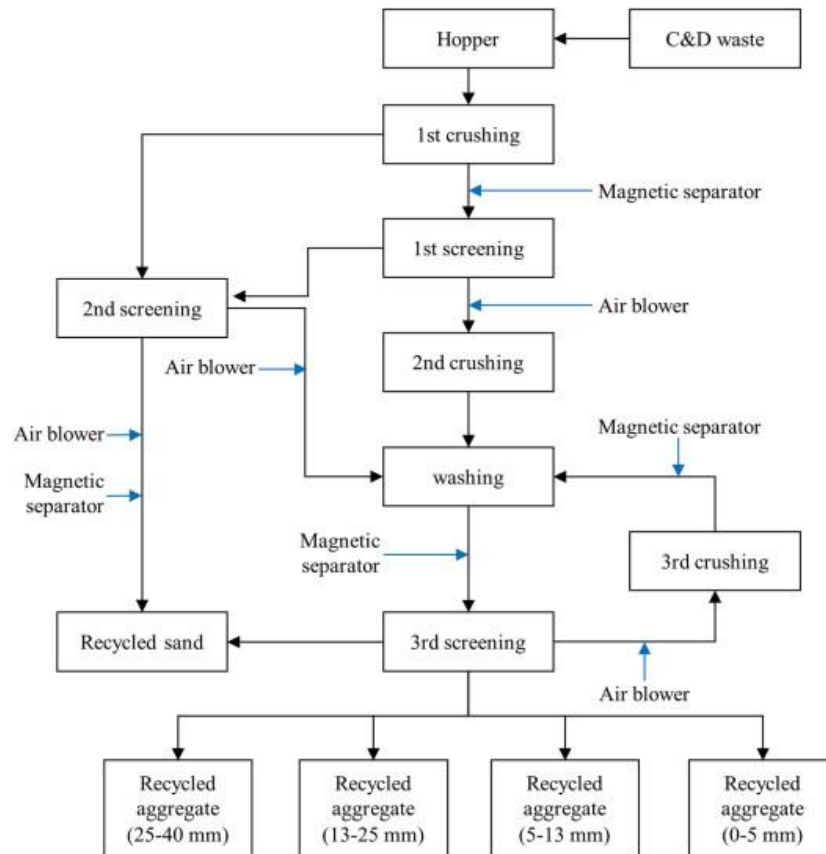
Los ODS son “objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos” (Naciones Unidas)

5. Estado del arte

El éxito en la gestión de residuos de construcción y demolición obedece a diferentes factores, algunos de los principales son las leyes establecidas, la tecnologías e instalaciones disponibles, el mercado de los productos fabricados a partir de residuos reciclados y su calidad, la percepción de los clientes y su apertura o resistencia a usar materiales reciclados, la vigilancia en el cumplimiento de leyes y normas, y la gestión de la información con las partes interesadas es decir la comunicación de las alternativas de reciclaje disponibles tanto para empresas generadoras de residuos como para compañías recicladoras. A continuación, se presentan algunos casos documentados en el manejo de los residuos de C&D en diferentes países:

En Corea el crecimiento en el reciclaje de residuos de C&D, se origina debido a que es un país que no cuenta con grandes superficies para ser utilizadas como vertederos, además su geografía montañosa tampoco favorece este tipo de disposición final de residuos. Su enfoque ha sido el reciclaje de hormigón y asfalto. En este modelo, se destaca el procedimiento para el reciclaje de hormigón, que se hace por medio de procesos de trituración y dependiendo del tipo de concreto la tecnología utilizada puede variar (Jeonghyun, 2021). Se reconoce un alto nivel de sofisticación tecnológica (figura 5) en este modelo.

Figura 5. Esquema de reciclaje de agregados utilizado en Corea. Fuente Jeonghyun, 2021.



La cantidad de instalaciones para el reciclaje de agregados en Corea ha venido aumentando en los últimos años pasando de un total de 509 instalaciones en el año 2013 a 587 para el año 2019 (Jeonghyun, 2021). Respecto a los beneficios ambientales del uso de concretos reciclados el estudio de Jeonghyun concluye que estos pueden ser variables dependiendo del ciclo de vida base utilizado para el análisis y de factores como el transporte de los materiales; este estudio cita dos resultados diferentes frente al uso de agregados reciclados, en uno de ellos se presenta un aumento de las emisiones de CO₂ en un 34% en comparación con el uso de agregados naturales, por otra parte, el otro estudio mostró que las emisiones de CO₂ fueron 17% menores que al utilizar agregados vírgenes. En Corea, el porcentaje de uso de materiales agregados reciclados estuvo entre el 10.9% y el 14.8% entre los años 2008 y el 2018, y las principales aplicaciones y propósitos han sido rellenos, nivelación y base de carreteras; por otra parte, en búsqueda de mejorar la percepción del uso de agregados reciclados, el gobierno coreano implementó un proyecto de demostración para construir estructuras de hormigón a partir de agregados 100% reciclados (Jeonghyun, 2021). Esta experiencia pone en evidencia un conflicto entre consumo energético y consumo de materias primas, siendo ambos factores de peso en la evaluación ambiental y de ciclo de vida.

En Países bajos se presenta una combinación de medidas para promover el mercado del reciclaje de residuos de construcción y demolición. La primera de ellas es que los costos para hacer uso de los vertederos son significativamente altos, al punto que **una mejor opción para los generadores de los residuos hacer una clasificación de los mismos y que sean reprocesados por una recicladora**. Por otra parte, los productos fabricados a partir de los residuos de C&D cuentan con una etiqueta o sello de calidad que se traduce en confianza para los clientes de estos productos, además el uso de esos nuevos productos contribuye a que las empresas puedan acceder fácilmente a certificados de construcción verde (ZezhouWu, 2020).

Japón es uno de los países con altos porcentajes de reciclaje (más del 95%) de residuos de construcción y demolición. En este país el ministerio del medio ambiente es directamente el encargado de revisar el manejo de dichos residuos y considera que el éxito de sus resultados es la implementación de una normativa nacional llamada *Ley de Implementación de Reciclaje de Materiales de Construcción* donde adicionalmente se provee una guía para que las compañías generadoras de residuos sepan cómo clasificarlos. Por otra parte, Japón cuenta con la madurez tecnológica de reciclaje de residuos de C&D e instalaciones suficientes, promovidas por el gobierno en una página web junto con una lista de las empresas recicladoras que cuentan con esas tecnologías (Zezhou Wu, 2020).

Otro caso de altos porcentajes de reciclaje de residuos de C&D se encuentra en Singapur. La estrategia de este país ha sido la supervisión estricta de vertimientos ilegales, implementación de sistema de recolección, altas tarifas para la eliminación de desechos, clasificación eficiente de los residuos, tecnologías e instalaciones maduras de reciclaje de residuos de C&D y una lista de las empresas de reciclaje (Zezhou Wu, 2020).

Para la ciudad de Shenzhen ubicada en China, debido al crecimiento económico de las últimas décadas, la ciudad se ha visto en la obligación de desarrollar una economía circular de residuos de C&D (Zhikang Bao, 2020). Un estudio resalta los aspectos necesarios para lograr una economía circular en el sector de la construcción.

El primer aspecto es la implementación de fuertes intervenciones gubernamentales. Una de las estrategias tomadas por el gobierno de Shenzhen ha sido el cierre de los vertederos y limitar la cantidad de residuos que pueden ser transportados fuera de los sitios dependiendo de si se trata de una demolición, renovación o construcción nueva, lo anterior para fortalecer la necesidad de involucrar a las industrias del reciclaje de residuos de C&D. Por otra parte, el gobierno ha desarrollado incentivos para promover el uso de materiales reciclados de C&D, una manera es mediante **el uso de estos materiales en obras públicas**. Una compañía de reciclaje entrevistada en el estudio expresó que alrededor del 80% de sus

productos reciclados son usados para la construcción de proyectos públicos como hospitales y escuelas (Zhikang Bao, 2020).

El segundo aspecto es el desarrollo de un mercado próspero de reciclaje de residuos de C&D. El primer beneficio de esta medida es el control de calidad que se ejerce sobre los nuevos productos obtenidos a partir del reciclaje de residuos de C&D, en esta etapa también se ha promovido la separación de los residuos en los sitios donde se generan, para que las empresas de reciclaje los puedan recibir en mejores condiciones. Adicionalmente, en los últimos años el mercado de materiales de C&D reciclados en Shenzhen se ha beneficiado por la prohibición de extracción de piedra y arena de río en la provincia de Guangdong, debido al aumento en los precios de materiales vírgenes que dicha decisión desencadenó. Por otro lado, el precio de los productos reciclados de residuos de C&D en Shenzhen pueden variar dependiendo de la cantidad de obras que se estén ejecutando (oferta y demanda) y las distancias a las que se requieren transportar. El estudio asegura que la máxima distancia a la que se venden los agregados reciclados es 5km debido al alto costo de transporte (Zhikang Bao, 2020).

El tercer aspecto planteado es la introducción de tecnologías avanzadas de reciclaje. La estrategia utilizada por las compañías ha sido revisar tecnologías existentes alrededor del mundo y adaptarlas a las condiciones y necesidades de Shenzhen. Otros avances incluyen subsidios del gobierno a las compañías de reciclaje para reemplazar sus vehículos por unos nuevos que cuentan con una capacidad y diseño especial para limitar las cantidades transportadas y para evitar que los residuos sean descargados en vertederos, dichos vehículos cuentan también con un GPS que permite supervisar que los conductores cumplan con las rutas establecidas; paralelamente a estos avances, algunas compañías han trabajado junto a universidades desarrollando patentes de sus productos reciclados en busca de ventajas competitivas en el mercado (Zhikang Bao, 2020).

El cuarto componente planteado en el estudio para impulsar el reciclaje de los residuos de construcción es la promulgación de arreglos institucionales receptivos. En la ciudad de Shenzhen se promulgó un mecanismo donde se vinculan las empresas de demolición y reciclaje de residuos de C&D, el cual establece que los proyectos de demolición con superficie bruta de 500 metros cuadrados deben informar y recibir aprobación, así mismo en las solicitudes de licitación deben presentarse unidas tanto la empresa de demolición como la empresa de reciclaje, y en caso de que la respuesta sea exitosa ingresar al sitio del proyecto como una unidad para garantizar el manejo adecuado de los residuos (Zhikang Bao, 2020).

En la ciudad de Hong Kong se llevó a cabo un estudio de caso sobre el uso de herramientas tecnológicas como la aplicación “Smart Building Information Model” (Smart BIM) para la planeación de demoliciones y el transporte de residuos de C&D. En este estudio el modelo Smart BIM fue aplicado para la edificación principal de la

Universidad de Hong Kong (HKU). El BIM permite el almacenamiento de información de una obra civil desde su etapa de diseño, construcción y utilización; la información ingresada a la aplicación es proveída por arquitectos, ingenieros y contratistas con el fin de realizar una simulación tridimensional del proyecto donde adicionalmente se ingresa información multidisciplinar incluyendo los materiales utilizados en cada parte del proyecto. Teniendo en cuenta estas características del BIM, el estudio de caso mencionado propone su uso también para etapas de demolición de obras civiles, y que a través de la información proveída en la aplicación se planifique la metodología de demolición y transporte de los residuos de C&D en función del futuro aprovechamiento de los materiales que se remueven durante ese proceso.

En el estudio de caso los autores utilizaron información proveniente de fuentes como internet, imágenes históricas del edificio, visitas e inspecciones en sitio (debido a que no encontraron documentos oficiales de dicha construcción) y a partir de ello generaron un modelo 3D que una vez fue complementado con las especificaciones técnicas de la construcción formaron el modelo BIM con las especificaciones que incluyen partes del edificio, materiales, métodos de reciclaje aptos para cada material y costos de demolición. Este estudio demostró que se puede maximizar y determinar el porcentaje de aprovechamiento de los residuos de C&D haciendo uso de la herramienta BIM y además concluye que el BIM facilita la planificación de la demolición (Kang, 2022, 1, 9,10,15)

En otro aspecto de análisis, y antes de pasar al último caso estudiado, se hace necesario presentar al lector las consideraciones que durante febrero del año 2020, el Departamento de Medio Ambiente, Tierra, Agua y Planeación, para el estado de Victoria, Australia, publicó en el marco de un plan llamado “Recycling Victoria, a new economy” donde se proponen 4 metas de economía circular para el estado:

1. Diseño para durar, reparar y reciclar
2. Uso de productos para crear más valor
3. Reciclar más recursos
4. Reducir el daño de los residuos y la contaminación

El estado de Victoria, Australia busca mediante este plan la generación más de 3900 empleos nuevos, nuevos negocios asociados a la reparación de materiales y elementos, alquileres, re-ventas de productos, restauraciones y diseño de productos. Así, un caso de estudio contemplado dentro del plan, es la pavimentación de carreteras nuevas del estado de Victoria con un tipo de asfalto llamado Reconophalt, el cual contiene plásticos y vidrios reciclados. “Por cada kilómetro de carretera pavimentada con Reconophalt se reciclan aproximadamente 530.000 bolsas plásticas, y otras formas de empaques plásticos, así mismo se utilizan también el equivalente a 170.000 botellas de vidrio, tóner de 12.500 cartuchos de impresora usados y 130 toneladas de asfalto reciclado” (Department of Environment, Land, Water and Planning, 2020).

Cabe mencionar que la Autoridad de Protección Ambiental del estado de Victoria (EPA VIC, por sus siglas en inglés) mediante el artículo 27A(2) del Acta de Protección Ambiental de 1970 establece que cualquier persona que vierta o permita la eliminación inadecuada de residuos industriales (estos incluyen los residuos de C&D) en un lugar que no pueda aceptar legalmente ese tipo de materiales se enfrentará a multas, y adicionalmente la EPA podría solicitar que el generador, transportador o receptor de esos residuos limpien y paguen por la disposición legal de esos desechos. Por otra parte, mediante su página web la EPA provee información y guías para la correcta clasificación y disposición final de los residuos de C&D dependiendo de las características de sus generadores por ejemplo si son remodelaciones en casas realizadas por sus propietarios o si son obras de construcción y demolición a una escala mayor o a un nivel industrial.

6. Objetivo General

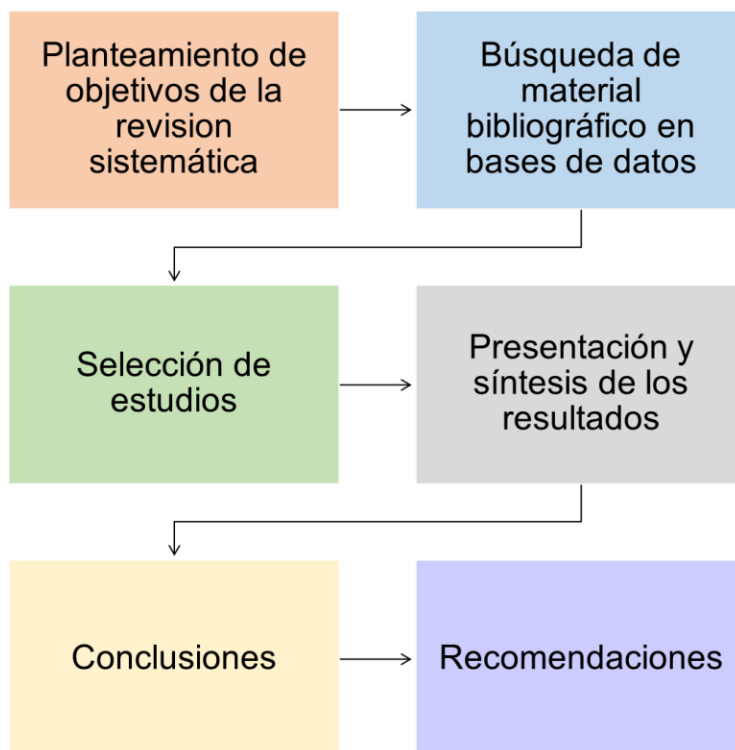
Realizar una revisión sistemática sobre las barreras en el aprovechamiento de los residuos de C&D en el estado de Victoria, Australia, desde una perspectiva de sostenibilidad a partir de la información disponible respecto a las prácticas y problemáticas en la gestión de residuos de C&D.

6.1 Objetivos Específicos

- Identificar obstáculos respecto a la gestión de los residuos de C&D revisando un rango de 20 a 30 publicaciones de literatura científica y normativa disponible, publicada dentro de los últimos 15 años, priorizando aquellas que traten el caso del estado Victoria, Australia.
- Analizar las prácticas actuales de reciclaje de residuos de C&D, identificando las problemáticas, retos y oportunidades, desde la práctica empresarial.
- Sintetizar la información analizada
- Construir 5 recomendaciones para impulsar el desarrollo del aprovechamiento de residuos de C&D en el estado de Victoria a partir de los conceptos de economía circular y sostenibilidad.

7. Metodología

La metodología utilizada inicia con el planteamiento de los objetivos de la revisión sistemática y a partir de ellos se establecen las etapas siguientes. Esta metodología se diseñó para organizar y desarrollar de manera simplificada las actividades y elementos necesarios que contribuyen a logro de los objetivos planteados en este trabajo de grado.



8. Búsqueda de material bibliográfico

El material bibliográfico se buscó en bases de datos tales como Scopus y Science Direct utilizando las siguientes palabras clave en inglés: construction, demolition, waste, victoria, Australia, Melbourne y recycling. Adicionalmente, se usaron también palabras clave en inglés alusivas al nombre de materiales de construcción tales como: bricks, asphalt, timber, masonry y metals. Por otra parte, se limitó el año de publicación de manera que la publicación estuviese hecha dentro de los últimos 15 años contados a partir del año 2022 hacia atrás. De esta manera se filtraron los resultados y se obtuvieron artículos directamente relacionados con el tema de interés y dentro del periodo de tiempo de publicación establecido. Así mismo, se hizo una consulta directa en las páginas web de entidades públicas tales como la Autoridad de Protección Ambiental de Victoria (EPA Victoria) y Sustainability Victoria.

9. Selección de estudios

La selección del material bibliográfico encontrado se realizó de manera cualitativa mediante la lectura de los documentos encontrados. Dentro de los criterios de selección se tuvo en cuenta la relevancia de los estudios respecto a los objetivos de este proyecto de grado y la perspectiva frente al planteamiento del problema, ver tabla 2.

Tabla 2. Estudios seleccionados para identificar las barreras de aprovechamiento de los residuos de C&D en el estado de Victoria, Australia.

Nombre del material bibliográfico y año de publicación		Relevancia respecto a los objetivos de este proyecto		Perspectiva frente al planteamiento del problema
		¿Está relacionado con el aprovechamiento de residuos de C&D?	¿La información aplica dentro del estado de Victoria, Australia?	
1	Barwon South West Waste and Resource Recovery Implementation Plan 2017-2026	Sí	Sí, BarwonSouth West que es una zona regional del sureste de Victoria, Australia.	En estos planes se identifican necesidades del presente y se proyectan posibles necesidades futuras de zonas regionales en Victoria para el aprovechamiento de los residuos (incluyendo residuos de C&D) con una visión de 10 años contados a partir de su publicación. Las necesidades identificadas están relacionadas con infraestructura, mercado, transporte, uso del suelo, sistemas de recolección de residuos, tipos de residuos generados y manejo de la información.
2	Gippsland Waste and Resource Recovery Implementation Plan Junio 2017	Sí	Sí, Gippsland es una zona regional ubicada al estede Victoria, Australia.	
3	Goulburn Valley Waste and Resource Recovery Implementation Plan Junio 2017	Sí	Sí, Goulburn Valley es una zona regional ubicada al norte de Victoria, Australia.	

4	Grampians Central West Waste and Resource Recovery Implementation Plan 2017	Sí	Sí, Grampians Central West, es una región del oeste central de Victoria, Australia.	Además, algunos de ellos tienen una perspectiva que propone incentivar valores como el compromiso y la responsabilidad en el manejo de residuos por medio de la educación.
5	Loddon Mallee Waste and Resource Recovery Implementation Plan 2016–26	Sí	Sí, Loddon Mallee, es una zona regional del noroeste de Victoria, Australia.	Por otra parte, estos documentos presentan un ítem que identifica los factores que influyen sobre el desempeño ambiental y financiero de la infraestructura de recuperación de residuos en las regiones.
6	Metropolitan Waste and Resource Recovery Implementation Plan 2016	Sí	Sí, este plan cubre la ciudad de Melbourne y su área metropolitana. Melbourne es la capital del estado de Victoria, Australia.	
7	North East Waste and Resource Recovery Implementation Plan June 2017	Sí	Sí, este plan cubre la zona regional noreste del estado de Victoria, Australia.	
8	STATEWIDE Waste and Resource Recovery Infrastructure Plan	Sí	Sí, este plan presenta información para todo el territorio de Victoria, Australia.	
				Dentro del prefacio de este documento se presenta como propósito un mapa de ruta para la recuperación de los residuos en Victoria (incluyendo residuos de C&D) y la red de infraestructura necesaria para lograrlo.

9	A simulation- based bottom- up approach for analysing the evolution of residential buildings' material stocks and environmental impacts – A case study of Inner Melbourne 15 de mayo de 2022	Sí	Sí, el estudio se enfocó en el interior de la ciudad de Melbourne, Victoria, Australia.	Tiene una perspectiva sobre la gestión de materiales de C&D hacia un modelo de construcción más circular.
10	The Challenges of Using Reclaimed Asphalt Pavement for New Asphalt Mixtures: A Review 12 de septiembre de 2020	Sí	Sí, el estudio presenta información específica para el estado de Victoria.	Presenta una perspectiva económica, ambiental y de calidad de los retos frente al uso de asfalto recuperado dentro de mezclas de asfalto nuevo. Los datos presentados corresponden a varios estados de Australia, incluyendo Victoria.
11	Construction and demolition waste management in Australia: A mini-review 14 de junio de 2021	Sí,	Sí, este estudio presenta información de todos los estados de Australia, incluido Victoria.	Parte de los resultados de este estudio muestran que la legislación y los impuestos a rellenos sanitarios tienen como efecto colateral el vertimiento ilegal de residuos de C&D.
12	Cross-regional mobility of construction and demolition waste in Australia: An exploratory study Mayo de 2020	Sí	Sí, este estudio presenta información de todos los estados de Australia, incluido Victoria.	Analiza las causas y los impactos de la movilización de residuos de C&D entre los estados de Australia.
13	Market development for a construction and demolition waste stream in Australia 24 de Septiembre de 2020	Sí	Sí, este estudio presenta información de todos los estados de Australia, incluido Victoria.	Resalta los factores que ejercen influencia sobre el desarrollo del mercado para los residuos de C&D y las estrategias actuales de los diferentes estados para dinamizar dicho mercado.

14	Proceedings of the 43rd Australasian Universities Building Education Association (Aubea) conference 6 y 8 de noviembre de 2019	Sí	Sí, este estudio presenta información de todos los estados de Australia, incluido Victoria.	En este documento describe los inconvenientes existentes en el manejo de la información asociada a los residuos C&D en Australia.
15	Assessment of Public Opposition to Construction and Demolition Waste Facilities: A Case Study in Australia 26 August 2022	Sí	Sí, este estudio presenta información de todos los estados de Australia, incluido Victoria.	Aborda la influencia que ejerce la opinión pública para la construcción de instalaciones de reciclaje de residuos de C&D, y propone estrategias para mejorar la gestión de la participación pública.
16	The role of education in the circular built environment: Analysis of Australian educational programs impact on construction and demolition waste management	Sí	Sí, este estudio se hizo a nivel nacional en Australia, y contiene información del estado de Victoria.	Desde una perspectiva de economía circular en el sector de la C&D este estudio propone un marco para evaluar los programas de educación existentes respecto a la gestión de residuos de C&D
17	Landfill Levy Imposition on Construction and Demolition Waste: Australian Stakeholders' Perceptions 2 de junio de 2020	Sí	Sí, este estudio se hizo a nivel nacional en Australia, y contiene información del estado de Victoria.	Este estudio muestra la perspectiva de partes interesadas del sector de la construcción y de gestores de residuos de C&D, respecto a la imposición de gravámenes para la disposición final de residuos de C&D en rellenos sanitarios. Así mismo la investigación revisa las implicaciones del régimen de gravámenes actual.

18	Illegal dumping alert (<i>Publication 1512</i>) November 2012	Sí, se refiere específicamente a materiales de relleno provenientes de la construcción, demolición o excavación de suelo	Sí, esta guía fue autorizada y publicada en el estado de Victoria.	Esta publicación muestra los riesgos ambientales, legales y para la salud al aceptar y utilizar materiales de relleno (tierra) proveniente del sector de C&D cuando está contaminado con residuos, incluyendo asbestos.
19	Truckloads of asbestos-ridden soil being dumped across Melbourne. 27 de octubre de 2021	Sí	Sí, este artículo fue publicado para la ciudad de Melbourne, Victoria, Australia.	Menciona como la disposición de recursos de la Autoridad de Protección Ambiental de Victoria no es suficiente para controlar los vertimientos ilegales de C&D.
20	The impact of regulations on construction and demolition waste market creation and stimulation: Australian stakeholders' perception Año de publicación 2022	Sí	Sí, este estudio presenta información de todos los estados de Australia, incluido Victoria.	Esta investigación identifica la percepción de influencia de la regulación ambiental sobre los residuos de C&D.
21	Regulatory Impact Statement: Proposed Environment Protection Regulations Agosto de 2019	Sí	Sí, este estudio presenta información específica para el estado de Victoria, Australia.	Explica las estrategias utilizadas para el vertimiento ilegal de residuos de C&D en el estado de Victoria y los costos de limpieza generados.
22	A simulation-based bottom-up approach for analysing the evolution of residential buildings' material stocks and environmental impacts	Sí	Sí, es un caso de estudio para Melbourne la capital de Victoria.	Este estudio analiza la evolución de los materiales existentes en construcciones residenciales y sus impactos ambientales tanto en etapas de instalación inicial como de renovación.

10. Resultados y discusión

En este trabajo, las barreras de aprovechamiento de residuos de C&D en el estado de Victoria, Australia, fueron identificadas y extraídas de artículos de investigación, planes regionales de recuperación de residuos en Victoria, y de información consultada mediante encuestas a partes interesadas (cuya identidad permanecerá anónima) involucradas en diferentes etapas del aprovechamiento de los residuos de C&D.

A manera de contexto, se realiza un análisis territorial básico, encontrando que la gestión de la recuperación de residuos en el estado de Victoria está dividida en siete regiones (Ver figura 6): Metropolitan, Gippsland, North East, Goulburn Valley, Loddon Mallee, Grampians Central West y Barwon South West. Cada región tiene su propio grupo de recuperación de recursos y residuos (Waste and Resource Recovery Group) y están establecidos como una autoridad del estado de Victoria; dentro de sus responsabilidades, ellos deben desarrollar planes para la gestión de los residuos generados en su región e identificar las necesidades de infraestructura (Sustainability Victoria, 2018).

Figura 6. Mapa regional de la recuperación de recursos y residuos del estado de Victoria, Australia. Fuente: Sustainability Victoria, 2018.



De tal forma, en la Tabla 3. se presenta al lector una síntesis de los hallazgos sugeridos por la literatura revisada, a la luz del contexto territorial:

Tabla 3. Lista de barreras de aprovechamiento de C&D en el estado de Victoria Australia y fuente bibliográfica donde se identificaron.

ítem	Fuente donde se identifica la barrera de aprovechamiento	Barrera de aprovechamiento de los residuos de C&D identificada	Etapa de aprovechamiento de residuos de C&D que se afecta	Impactos sobre la sostenibilidad en la gestión de residuos de C&D en Victoria.	Perspectiva de desarrollo hacia la sostenibilidad (Oportunidades)
1	<p>(Li et al., 2022)</p> <hr/> <p>(Barwon South West and Resource Recovery Group, 2017)</p>	Alto costo en mano de obra para la preclasificación de residuos de C&D.	Clasificación de residuos en puntos de generación.	Esta barrera afecta el costo total de un producto hecho a partir de residuos de C&D y representa una desventaja económica una vez es puesto a competir en el mercado.	La preclasificación de estos residuos puede ser vista también como una oportunidad para generar más empleos contribuyendo al factor social del estado de Victoria, siempre y cuando se encuentre una estrategia de gestión que disminuya los demás costos de recuperación de los residuos de C&D hasta un punto donde como mínimo se compense el alto costo de mano de obra. Así mismo, un apoyo desde la legislación estatal que aumente los impuestos sobre los materiales de C&D provenientes de materias primas vírgenes, podría promover la preferencia de los consumidores hacia la compra de materiales de C&D reciclados.

2	(Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017)	Alto costo en el transporte de residuos de C&D, se hace insostenible para distancias mayores a los 50km.	Transporte desde los puntos de generación hacia los sitios de recuperación.	Esta barrera sugiere explícitamente la inviabilidad económica de la recuperación de residuos de C&D dentro de Victoria cuando estos necesitan ser transportados a más de 50 km. Adicionalmente, las largas distancias para el transporte de los residuos de C&D implican un mayor consumo de combustibles fósiles y también mayores emisiones de CO2 al medio ambiente.	Un estudio de factibilidad sobre la construcción e instalación de infraestructura de recuperación de residuos de C&D en zonas regionales donde no se cubren las necesidades de reciclaje requeridas, podría arrojar información valiosa para atraer la inversión gubernamental y del sector privado. En un escenario de factibilidad económica y ambiental positivo, los beneficios sociales podrían ser la generación de empleos locales y la disponibilidad de materiales de C&D para su venta y consumo dentro de la misma región,
3	(Waste and Resource Recovery Group Goulburn Valley, 2017)	Desventaja comercial de productos de C&D reciclados	Los productos de C&D de reciclados compiten con el mercado de materias primas vírgenes de bajo costo	La competitividad comercial es un factor que afecta de manera directa el pilar económico de la sostenibilidad. El éxito comercial de las empresas que transforman los residuos de C&D y de quienes los comercializan depende de la rentabilidad de sus costos de producción y ventas.	Es necesario el apoyo del gobierno estatal para restringir la exportación de residuos de C&D cuando estos puedan ser recuperados localmente, aumentar los impuestos a las materias primas vírgenes de materiales de C&D, aumentar los gravámenes a la disposición final de residuos de C&D en rellenos sanitarios. Finalmente, el gobierno podría promover el uso de materiales de C&D para proyectos de infraestructura pública.
4	(Waste and Resource Recovery Group Goulburn Valley, 2017)	Insuficiencia de tecnología para recuperación de materiales textiles.	Las alfombras son materiales textiles que no cuentan con opciones apropiadas de recuperación.	Esta barrera tiene un impacto ambiental sobre la sostenibilidad. La disposición final de alfombras ejerce presión sobre los rellenos sanitarios. En muchas ocasiones las alfombras removidas de renovaciones o demolición suelen estar en bajas	Una alternativa hacia el uso sostenible de las alfombras es extender la responsabilidad de disposición final a sus productores. Los productores de alfombras podría promover planes de cuidado y mantenimiento de estos materiales para que posteriormente, al final de su vida útil puedan ser integrados en planes de posconsumo. Por otra parte, los productores podría establecer desde el diseño de las alfombras los materiales que faciliten su reciclaje al final de la vida útil.

				condiciones de calidad e higiene. Así mismo, los materiales de las alfombras pueden variar desde la pura, hasta mezclas de diferentes clases de polímeros.	
5	(Gippsland Waste and Resource Recovery Group, 2017)	Complejidad en la planeación de uso del suelo en zonas regionales de Victoria	Los terrenos disponibles en zonas regionales para la construcción de plantas de recuperación de residuos son apropiados también para sectores de construcción de vivienda, comercio e industria, por lo tanto, se debe competir con esas otras industrial para el uso de suelo.	Existe un impacto potencial sobre el pilar social de la sostenibilidad. Algunas partes interesadas con menor influencia para competir sobre las decisiones en el uso del suelo podrían percibirse en desventaja y podrían ejercer una presión social sobre el gobierno estatal. Por otra parte, la alta competitividad por los terrenos podría significar un aumento en el costo de los mismo, que para el caso de la infraestructura de recuperación de residuos de C&D implicaría mayores costos de inversión inicial.	La competencia por el suelo es una problemática creciente, de forma que los esquemas asociativos con entornos urbanos cercanos es una aproximación posible Por otra parte, evaluar la factibilidad económica y el impacto social de agrupar sectores de características similares para el uso del suelo podría ser una alternativa que permita la participación de diferentes sectores económicos en un mismo entorno.
6	(Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017) (Gippsland Waste and Resource Recovery Group, 2017).	Escasez de información histórica de la generación y recuperación de residuos de C&D	El reporte de residuos generados, transportados y recuperados ha sido opcional y los datos registrados a la fecha son de empresas voluntarias, lo cual genera una	Esta barrera obstaculiza la posibilidad de dimensionar y cuantificar de manera certera las necesidades de infraestructura para la recuperación de residuos de C&D. Por lo tanto, el impacto ambiental causado por los residuos de C&D que no se están recuperando (de	Desde la autoridad ambiental se podrían establecer directrices para que el registro y reporte de generación de residuos de C&D sea mandatorio como parte de los requisitos legales de proyectos de construcción y demolición, especialmente para quienes generan grandes cantidades. Esta medida podría mantener en el tiempo la disponibilidad de información consistente para plantear e implementar las medidas necesarias que disminuyan el impacto ambiental de los residuos de C&D.

	(Kalutara et al. 396-405)	Inconvenientes con la información actual de los residuos de C&D en términos de transparencia, precisión, integridad, trazabilidad, claridad, comparabilidad y puntualidad.	incertidumbre en la precisión de los datos y por lo tanto de las proyecciones de las necesidades de cada región para la recuperación de los residuos.	manera local) seguirá presente, durante el tiempo que al estado de Victoria le tome reunir suficiente información de calidad para dimensionar la capacidad de infraestructura necesaria para el aprovechamiento de residuos de C&D que actualmente se disponen en rellenos sanitarios.	
7	(Gippsland Waste and Resource Recovery Group, 2017)	La madera proveniente de residuos de construcción y demolición tiene contaminantes.	La madera retirada de demoliciones está contaminada con pegantes, tratamientos químicos, pinturas, plásticos laminados limitando así sus opciones de aprovechamiento o en la etapa de transformación	Impacta el pilar ambiental de la sostenibilidad para la recuperación de estos materiales. Los residuos contaminados tienen muy pocas posibilidades de ser recuperados y aprovechados por lo tanto su vida útil finaliza en el momento en que son removidos de obras de C&D.	Debido a los riesgos de económicos y de seguridad en la clasificación y procesamiento de madera contaminada, una alternativa hacia la sostenibilidad es que desde las etapas de diseño y tratamiento de estos materiales se contemplen variables que faciliten la extensión de su vida útil. Por ejemplo, evaluar la utilización de tratamientos químicos y pinturas que no sean contaminantes. Por otra parte, si los ensamblajes de madera con otros materiales son necesarios, se podrían buscar alternativas mecánicas que sean fácilmente desarmables en lugar del uso de pegamento; también se podría investigar sobre el desarrollo de pegamentos para madera que no sean contaminantes y que además sean fáciles de remover. Finalmente, como alternativa a corto plazo, el uso de residuos de madera podría promoverse para la fabricación artesanal de muebles o la creación de obras de arte a partir de madera reciclada.
8	(North East Waste and Resource Recovery Group, 2017)	Carencia de infraestructura para la recuperación de madera tratada con sustancias químicas, lacas, pegantes, y/o pinturas.	En la región noreste de Victoria la madera tratada dispone en rellenos sanitarios porque no cuentan con tecnología e infraestructura para su recuperación.		

9	(Tarsi et al., 2020, 1,4)	El uso de asfalto recuperado es limitado debido a sus propiedades y composición.	El asfalto recuperado se incorpora dentro de mezclas de asfalto nuevo en porcentajes bajos (menores o iguales a 15% para el caso de Victoria) para poder cumplir con requisitos de calidad del producto final.	Esta barrera de aprovechamiento para el asfalto recuperado influye sobre el factor económico. Si se generan mayores cantidades de asfalto recuperado que las cantidades necesarias y permitidas para mezclarlo con asfalto nuevo, podría implicar costos de almacenamiento para el exceso de asfalto recuperado.	Estudios e investigaciones adicionales para mejorar las propiedades de calidad del asfalto recuperado, así como la exploración de aplicaciones diferentes a la pavimentación de carreteras podría contribuir a encontrar una solución sostenible de aprovechamiento de este recurso.
10	(Tam, 2009, 688'702)	Poca experiencia en el uso de concreto reciclado y diferencia en su calidad comparada con materiales vírgenes.	No hay suficiente experiencia en el uso de concreto reciclado para garantizar la seguridad de sus aplicaciones, las propiedades de resistencia son menores a las de materiales vírgenes.	Si a pesar de la disponibilidad de materiales de C&D reciclados los consumidores prefieren materias primas de construcción vírgenes el factor económico se ve debilitado. Por otra parte, si los materiales de C&D no cumplen con los estándares de calidad necesarios para garantizar la seguridad de obras de construcción entonces existe un impacto sobre el factor social, porque se expondrían los usuarios finales de esas obras a riesgos de seguridad y los inversores a riesgos económicos y legales.	Estudiar casos de éxito de países donde se promueve el uso de materiales de C&D en obras públicas. Por otra parte, el establecimiento de requisitos de calidad en la reprocesamiento de los materiales de C&D y la generación de fichas técnicas de los mismos podría mejorar la percepción de los clientes. Esta mediad podría contribuir al fortalecimiento económico de estos materiales. Paralelamente, mediante estrategias de mercadeo se podrían resaltar los beneficios para el medio ambiente a los cuales los clientes contribuyen cada vez que optan por la compra de materia de C&D reciclado.
11	(Shooshtarianet al., 2022, 163-176)	Percepción negativa sobre los productos provenientes de material de C&D reciclados.	Esta percepción se da a nivel nacional en Australia y está asociada al limitado conocimiento sobre el uso de materiales de C&D reciclados		

12	(North East Waste and Resource Recovery Group, 2017)	Ausencia de infraestructura para la recuperación de vidrio proveniente de C&D	En la región norte del estado de Victoria no hay coprocesadoras para residuos de vidrio generados en el sector de C&D.	Existe un impacto ambiental, si los residuos de vidrio se disponen en rellenos sanitarios ejercen presión sobre el suelo. En caso de que sean recuperados fuera de la región donde se generan, hay un impacto ambiental relacionado con el transporte hacia los centros de reciclaje donde se lleven para su reproceso.	Hacer un estudio de factibilidad para la construcción y operación de una planta reprocesadora de vidrio en la región. Otra alternativa podría ser el diseño de un centro de acopio seguro y temporal para que luego el vidrio sea transportado en grandes cantidades hacia plantas de reprocesamientos cercanas y evitar la alta frecuencia de transporte de pequeñas cantidades de vidrio disminuyendo así la huella de carbono.
13	(Wu et al., 2020)	Insuficiencia de opciones para la Recuperación sostenible de vidrio, plásticos, metales, papel y cartón generados en la industria de C&D en Victoria.	Residuos de C&D como vidrio, papel y cartón, plástico, Metales son exportados o transportados a otros estados de Australia o expertos para la etapa de recuperación ya que es la opción más atractiva económicamente para las partes interesadas.	La manera en la que se están gestionando estos residuos genera un impacto ambiental debido al consumo de combustibles para el transporte fuera del estado y la generación de CO ₂ .	Desde el gobierno estatal se podría promover que las empresas que fabrican estos materiales ofrezcan planes de posconsumo o una línea nueva de negocio donde reprocesen residuos de los mismos materiales que fabrican.

14	(Zhao et al. 34-46)	Vertimiento ilegal de residuos de C&D como respuesta para evadir los Gravámenes establecidos para disposición de residuos en rellenos sanitarios. Este es un efecto colateral del establecimiento de gravámenes en los rellenos sanitarios cuya intención principal es animar a los generadores de residuos a que disminuyan las cantidades generadas y/o que lleven los residuos a plantas de reciclaje en lugar de darles disposición final en un relleno sanitario.	Estas barreras aumentan los costos de recuperación de Materiales de C&D vertidos ilegalmente. Dentro de los costos adicionales está la mano de obra para remover los residuos de las zonas donde fueron ilegalmente dispuestos, y los costos de transporte, ya sea hacia un relleno sanitario o hacia una planta recicladora.	Esta práctica afecta todas las aristas de la sostenibilidad. Los materiales dispuestos ilegalmente pueden contaminar el suelo donde son depositados, así mismo, el agua lluvia puede arrastrar contaminantes hacia otras áreas. Por otra parte, el costo económico para limpiar los residuos que han sido ilegalmente dispuestos, es asumido por la Autoridad de Protección Ambiental de Victoria y por los propietarios de los predios donde los residuos fueron depositados. Así mismo, esta práctica puede causar impactos negativos en las comunidades cercanas por contaminación visual y por el riesgo a enfermedades en caso de que los materiales de C&D estén contaminados con asbestos. Finalmente, hay impactos sobre el medio ambiente	La imposición de gravámenes es una medida positiva para promover la reducción y recuperación de residuos, sin embargo, debe ser complementada con medidas de control y vigilancia que permitan hacerle seguimiento a los residuos de C&D desde los puntos de generación hasta los sitios de disposición final. El estado de Victoria ha desarrollado estrategias para que todos los habitantes tengan la capacidad de reportar el vertimiento ilegal de residuos a través de una llamada o un reporte en línea en su página web en la sección Report illegal waste disposal . Sin embargo, esta es una medida reactiva y de persecución. El estado de Victoria debería también trabajar en campañas preventivas para que todos los habitantes adquieran conciencia ambiental y sea desde el entendimiento que se tomen decisiones responsables para el bien común de los Victorianos y su medio ambiente.
	(Fowler, 2021)				

	(Department of Energy, Land, Water and Planning and Environment Protection Authority Victoria)	Utilización de estrategias para el vertimiento ilegal de residuos que son difíciles de identificar y detener a tiempo. Una de ellas es el arrendamiento de predios donde posteriormente depositan los residuos y luego los dejan abandonados, dejando la responsabilidad del manejo de esos residuos al arrendatario del predio y al gobierno estatal.		que pueden tomar tiempo y costos en ser remediado. Esto depende de la cantidad y composición de los materiales que han sido depositados ilegalmente. Uno de esos impactos es la alteración o daños definitivos a ecosistemas.	
	(Environment Protection Authority Victoria)	Vertimiento ilegal de residuos.			

15	(Shooshtarianet al.11)	Inconformidad de algunas partes interesadas en el aprovechamiento de residuos de C&D por la manera en que se distribuyen los ingresos generados por la imposición de gravámenes en los rellenos sanitarios	Puede influir sobre la percepción y credibilidad que algunas partes interesadas tienen respecto a entidades reguladoras y gestoras de los residuos, tales como EPA Victoria, Sustainability Victoria, alcaldías locales y los Grupos Regionales de Recuperación de residuos. Estos entes reciben y administran los ingresos generados por gravámenes en los rellenos sanitarios.	Puede desencadenar riesgos de reputación si los recursos económicos generados por los gravámenes no se administran de manera razonable en el mismo sector recuperación de residuos. Este riesgo podría reducir la confianza de las partes interesadas en los entes reguladores y por lo tanto podría provocar una menor participación y acogida a nuevas regulaciones similares a las de los gravámenes para rellenos sanitarios. Así mismo, se podría interpretar esta medida como un negocio que favorece intereses individuales y no la protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación.	La administración de los ingresos generados por los gravámenes impuestos a los rellenos sanitarios debe mantenerse pública y transparente, haciendo partícipes a las partes interesadas mediante rendiciones de cuentas. Así mismo, deben asociarse cifras de mejoras ambientales que se hayan gestionado con dichos recursos para mantener una buena reputación y comunicación sobre los resultados obtenidos con esa medida legislativa. Por otra parte, es importante dar cobertura en participación a todas las regiones del estado de Victoria de acuerdo con sus necesidades en términos de manejo de residuos.
16	(Shooshtarianet al. 220-231)	Dependencia del mercado de los materiales de C&D reciclados respecto a factores como la inversión en infraestructura y tecnología e implementación de gravámenes en rellenos sanitarios.	La velocidad de desarrollo de un mercado de residuos de C&D sostenible va a depender del éxito que el estado de Victoria tenga en los próximos años respecto a la medida de gravámenes en los rellenos sanitarios y del tiempo que tome planear, construir y	El fortalecimiento del pilar económico de un mercado competitivo de materiales de C&D reciclados es retador porque depende de variables adicionales a la demanda del producto, como por ejemplo el tiempo que tomará la construcción y operación de plantas recicladoras que cubran las necesidades de	El seguimiento a la implementación de los Planes de Recuperación de Recursos y Residuos (RRIP por sus siglas en inglés) de las zonas regionales en Victoria, es clave para acelerar la construcción, instalación y operación de infraestructura de recuperación de residuos de C&D que cubra las necesidades existentes y proyectadas en los próximos años. Así mismo, es necesario el monitoreo y evaluación una vez dichos planes sean ejecutados, para identificar oportunidades de mejora en términos económicos, ambientales y de calidad.

			operar la infraestructura necesaria para la recuperación local de residuos C&D.	residuos generados en el estado. Esta es una dependencia inherente en cualquier mercado, los costos de producción y operación serán determinantes en la competitividad de los residuos de C&D reciclados respecto a materias primas vírgenes.	
17	(Ghafoor et al. 1-14)	Oposición pública real y potencial a la construcción y operación de centros de coprocesamiento de residuos de C&D.	Afecta las etapas de coprocesamiento de los materiales de construcción y por lo tanto su posterior comercialización	En este caso, el factor social en la construcción y operación de plantas recicladoras representa una influencia importante. Las comunidades localizadas en zonas aledañas a los centros de recuperación existentes pueden percibirse vulnerables y expuestas a riesgos para su salud y calidad de vida.	Es fundamental un plan de comunicación, consulta y participación entre el gobierno y las comunidades antes y durante la construcción y operación de centros de recuperación de residuos de C&D. Las comunidades deben conocer con transparencia los riesgos existentes y tener garantías sobre controles establecidos a esos riesgos, donde se demuestre que han sido mitigados a niveles aceptables. Así mismo, el gobierno estatal debe planear de manera estratégica la locación de nuevas instalaciones de recuperación de residuos de C&D para evitar conflictos con las comunidades.
18	(Shooshtaria et al. 548-558)	Acceso limitado a programas de educación sobre la gestión de residuos de C&D debido a los costos, duración de los programas educativos y escasa publicidad de los mismos. No se resalta la importancia y el valor de la educación en este sector.	Puede afectar todas las etapas involucradas en la gestión de residuos de C&D, ya que la educación en estos temas puede influir sobre el comportamiento y decisiones de las partes interesadas involucradas en generar y aprovechar dichos residuos.	La educación es un factor clave para generar conciencia ambiental y reducir los comportamientos que generan impactos negativos sobre el medio ambiente. Socialmente, la educación sobre temas ambientales (incluyendo la gestión de residuos de C&D) puede contribuir a la construcción de una cultura de prevención y cuidado del medio ambiente. Además, la ausencia o limitación en	La sostenibilidad del aprovechamiento de los residuos de C&D necesita del entendimiento y aplicación de conocimiento en temas medioambientales, sociales y económicos. Es importante que desde el gobierno se incentive a la participación de los ciudadanos en programas educativos relacionados con la gestión de los residuos, también es importante la cooperación con las universidades y el sector privado para promover el interés en estas áreas de la educación.

				la educación respecto a esto podría extender en el tiempo las actitudes y acciones inadecuadas en el manejo de residuos de C&D.	
19	(Shooshtarianet al. 2022)	Incertidumbre sobre como la <i>Environment Protection Act 2017</i> (nueva acta legislativa ambiental introducida el 1 de Julio de 2021) impactará el desarrollo del mercado de residuos de C&D reciclados.	Esta incertidumbre puede afectar todas las etapas de aprovechamiento de los residuos. La transición del marco legal anterior hacia esta nueva acta puede generar resistencia al cambio y también puede necesitar de tiempo para su completa implementación.	Uno de los cambios introducidos con la <i>Environment Protection Act 2017</i> es la imposición de gravámenes en los rellenos sanitarios, lo cual ha causado impactos positivos y negativos mencionados en este trabajo, tales como el aumento de vertimientos ilegales de residuos, percepción positiva sobre el gravamen impuesto en los rellenos sanitarios y también una percepción de inconformismo sobre la distribución de los ingresos generados por dichos gravámenes.	La <i>Environment Protection Act 2017</i> tiene como eje central la General Environmental Duty la cual establece que las empresas tienen la responsabilidad de reducir el riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Por lo tanto, a pesar de la incertidumbre sobre el efecto de la nueva legislación la responsabilidad recae sobre las empresas. Para que este nuevo marco legal sea sostenible, es necesaria la revisión de los resultados a medida que se implementa y también una mirada reflexiva que pueda reconocer necesidades de enmienda dentro de la ley en caso de que haya inconsistencias dentro de ella que no permitan el cumplimiento esperado por parte de las empresas.

La revisión de las mencionadas publicaciones, lleva a reconocer coincidencias y relaciones frente a los obstáculos del aprovechamiento. Se sintetizan en seis grupos de ideas que se desarrollan a continuación:

- Barreras identificadas en la etapa de clasificación
- Barreras identificadas en la etapa de transporte
- Barreras identificadas en la etapa de transformación
- Barreras identificadas en la etapa de comercialización
- Barreras identificadas en la etapa de infraestructura
- Barreras relacionadas con las propiedades y calidad de los materiales de C&D reciclados

10.1 Barreras identificadas en la etapa de clasificación

En el Plan de Recuperación de Residuos y Recursos (RWRRIP por sus siglas en inglés) de la región de Barwon South, identifica que una de las barreras existentes es la limitada clasificación de los residuos que llegan a los centros de reciclaje, incluyendo los residuos de C&D (Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017).

El reto del proceso de clasificación de algunos residuos de C&D es su composición, ya que combinan diferentes tipos de materiales, por ejemplo, los ensamblajes de los marcos de puertas y ventanas (Li et al., 2022) para poder reciclar esta clase de residuos se requiere que sean desarmados y separados por tipo de material, lo cual implica un costo adicional de mano de obra.

Otra situación similar se presenta con la madera que se retira de los pisos, techos o estructuras de viviendas y/o edificios comerciales, debido a la cantidad de puntillas de acero que quedan incrustadas y/o al pegamento que fue adherido durante su instalación y cuya separación requeriría de mano de obra adicional según lo afirma una de las personas encuestadas quien trabaja en el sector de demolición y renovación de viviendas.

La necesidad de más investigación para identificar opciones de coprocesamiento de residuos de madera contaminados con pegamento, lacas o tratamientos químicos es reconocida como una oportunidad de mejora. (Gippsland Waste and Resource Recovery Group, 2017). Desde un punto de vista de análisis de ciclo de vida, la investigación es necesaria desde las etapas de diseño de los materiales, por ejemplo, investigar sobre tratamientos químicos, lacas, pinturas y pegamentos para la madera que permitan su recuperación en futuras etapas del ciclo de vida de este material. Así mismo, se podría evaluar el uso de los residuos de madera que no se puede recuperar en masa, para darles utilidad en obras

artesanales; como es el caso de unos de los participantes de la encuesta, un australiano que hace muebles reutilizando madera recuperada de pisos y techos.

Por otra parte, en la región de Goulburn también existen retos para la clasificación de los residuos. En esta región, el 57% de los residuos que llegan a los rellenos sanitarios son de C&D y del sector comercial e industrial (C&I), ya que la región no cuenta con infraestructura apropiada para recibir residuos de C&D que no estén clasificados por tipo de material (Waste and Resource Recovery Group Goulburn Valley, 2017). Podría deducirse que las propuestas de solución a esta necesidad deberían enfocarse en la obtención de espacios para la clasificación de los residuos, o promover la clasificación en los puntos de generación, ya que como se discutirá más adelante en la sección de barreras de infraestructura, Goulburn es una región que cuenta con suficiente capacidad de coprocesamiento de residuos de C&D siempre y cuando estén previamente clasificados.

10.2 Barreras identificadas en la etapa de transporte

Los residuos de C&D tales como el concreto, ladrillos, alfombras, maderas y placas de yeso son característicamente voluminosos, pesados y que, al ser generados en grandes cantidades, hacen que el transporte hacia las plantas de reciclaje represente una barrera económica, principalmente para las zonas regionales donde cuentan con pocas opciones de compañías recicladoras (Sustainability Victoria, 2018).

En la región de Barwon según su RWRIP, materiales como metales y plásticos son transportados a otras regiones de Victoria para su recuperación, porque localmente no cuenta con infraestructura para su coprocesamiento. Adicionalmente, la información de las cantidades de residuos incluyendo los de C&D que salen de la región son desconocidas debido a que el reporte de generación y transporte de residuos de C&D no es mandatorio, por lo tanto, la cantidad y disponibilidad de la información depende de entidades como alcaldías locales, empresas generadoras y transportadoras que voluntariamente registran y comparten esa información (Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017).

Desde la perspectiva de la ecología industrial, para hacer un cálculo de la huella de carbono del transporte de residuos entre regiones se requiere de datos consistentes y precisos acerca de las cantidades transportadas, tipo de material, frecuencia y distancia recorrida; la baja calidad o ausencia de esta información limita la planeación y evaluación de viabilidad de construir nuevos centros de recuperación localizados en la misma región donde se generan los residuos. Por otra parte, la información de los flujos de materiales podría servir como base para hacer una estimación aproximada de los requerimientos reales de infraestructura para la recuperación local de residuos de C&D y así proponer alternativas realistas que disminuyan la necesidad de transportar dichos residuos fuera de la región.

Por su parte, en la región de Gippsland, se han desarrollado negocios locales o

expansión de negocios de canteras existentes que coprocesan escombros de C&D hasta alcanzar los estándares de reuso y en algunos casos para mezclarlos con materias primas vírgenes, sin embargo, paralelamente en esta región parte de los residuos de C&D son usualmente recogidos y transportados por los mismos vehículos que recolectan residuos del sector comercial e industrial (C&I), teniendo así una carga mixta de residuos que al ser descargada en estaciones de transferencia y vertederos es registrada como proveniente solo del sector C&I (Gippsland Waste and Resource Recovery Group, 2017).

10.3 Barreras identificadas en la etapa de transformación

Las alfombras retiradas de los pisos tanto en procesos de remodelación, demolición o los sobrantes durante procesos de construcción hacen parte de los residuos relacionados a la industria textil (Environment Protection Authority Victoria, 2021). En Victoria durante los años 2013 y 2014 se generaron 129.000 toneladas de residuos de industria textil de las cuales solo 3.000 toneladas fueron recuperadas, esto representa un 2% de material recuperado (Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017). En la región de Barwon se cuenta con dos sitios para la recuperación de textiles cuyos productos reciclados son llevados al mercado fuera de la región (Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017). Por otra parte, en la región de Golburn Valley el 4 % de los materiales recibidos en los vertederos corresponde a material textil, y se reconoce la necesidad de contar con opciones para su reprocesamiento y recuperación (Waste and Resource Recovery Group Goulburn Valley, 2017).

Respecto a los residuos de agregados, mampostería y suelo, estos son recuperados y reprocesados localmente en la región de Barwon, sin embargo, existen necesidades tecnológicas para mejorar la separación de los residuos como ladrillos, asfalto y concreto; así como infraestructura móvil para ofrecer servicios de trituraciones in situ (Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017). La innovación tecnológica entendida como la aparición de nuevos procesos o como la mejora significativa las prácticas y procesos actuales es una herramienta que podría abrir oportunidades de mejora para este tipo de necesidades.

En el RWRRIP de Gippsland una de las prioridades es mejorar la calidad de la información en relación a los flujos de residuos de C&D de la empresas privadas, y los de flujos que entran y salen de la región, porque reconocen la brecha en el conocimiento tanto del tipo de materiales transportados como de las cantidades, y qué información adicional sobre esto sirve para identificar oportunidades de viabilidad tecnológica innovativa para la transformación de estos residuos (Gippsland Waste and Resource Recovery Group, 2017).

Por su parte un profesional del área de Políticas y Regulación Ambiental, del estado de Victoria (cuya identidad se mantendrá anónima por resguardo de datos tomados en un contexto académico), estuvo involucrado en la inspección de centros de reciclaje de residuos de C&D y desde su perspectiva, las principales barreras para el aprovechamiento de estos residuos son las asociadas a la baja calidad de los residuos a recuperar. Cabe decir que en algunos casos el costo de recuperación de los residuos es más elevado que la obtención de materiales vírgenes y en otros casos la exportación de algunos residuos para su recuperación puede ser más rentable que su coprocesamiento a nivel local.

Algunos materiales de C&D generados en el estado de Victoria son transportados a otros estados de Australia (ver tabla 4) e incluso son exportados para su reciclaje. En Australia el transporte de residuos de C&D fuera del estado donde se generan se da porque las partes interesadas en la recuperación de los residuos escoge la opción más rentable (Wu et al., 2020).

La información presentada en la tabla 4, sugiere que existe una barrera para la recuperación local de esos materiales en Victoria, sin embargo no es una razón suficiente para afirmar que el reciclaje a nivel estatal es una opción sostenible ya que el transporte de residuos de C&D hacia otros estados es comprensible y razonable para las zonas regionales de Victoria que limitan con otros estados cuyos centros de recuperación están ubicados más cerca respecto a los sitios de reciclaje disponibles al interior y centro de Victoria.

Tabla 4. Residuos de C&D transportados desde Victoria hacia otros estados y exportados. Adaptado de Wu et al, 2020.

Residuo generado en la industria de C&D en Victoria	Cantidad de residuo (Toneladas)	Porcentaje anual de residuos transportados fuera de Victoria
Metales	32,985	25%
Papel y cartón	2374	46%
Vidrio	75	7%
Plástico	2074	74%
Material orgánico (puede incluir madera)	656	1%

10.4 Barreras identificadas en la etapa de comercialización

Existen barreras a nivel nacional en el mercado de productos de C&D reciclados que incluyen al estado de victoria. En Australia existe una percepción negativa sobre los productos provenientes de material de C&D reciclados, así mismo hay limitación en el conocimiento de los mismos y falta de regulación tributaria sobre las materias primas vírgenes que permitan a los productos reciclado competir en el mercado (Shooshtarian & Maqsood, 2021).

En la región de Barwon, los materiales como mampostería, concreto y madera reciclados tiene que competir en el mercado con materias primas vírgenes de bajos precios (Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017). Además, en esta misma región el centro de recuperación de materiales SKM MRF no utiliza el total de su capacidad, lo mismo sucede con la empresa Regional Recycle la cual coprocesa residuos de mampostería, suelo y agregados; esta situación se debe a que no existe en el momento un mercado que responda al aumento de la tasa de recuperación de materiales; por otra parte, en el caso de la recuperación de metales, la comercialización de los mismo se ve afectada por la fluctuación de los precios en el mercado y en ocasiones conduce al apilamiento y acumulación de productos reciclados (Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017).

En general, podría decirse que las barreras de comercialización giran en torno a riesgos como la fluctuación de los precios en el mercado, no alcanzar los estándares de calidad y especificaciones de los productos reciclados, y los gastos de transporte desde los puntos de coprocesamiento hasta los puntos de comercialización (Waste and Resource Recovery Group Goulburn Valley, 2017).

10.5 Barreras identificadas en la etapa de infraestructura

La planeación del uso del suelo es uno de los aspectos limitantes en términos de infraestructura para el desarrollo de nuevos centros de recuperación de residuos, ya que los lugares disponibles en zonas regionales cuentan con potencial tanto para la construcción de vivienda, centros de comercio o producción industrial, estas características hacen compleja la planeación pues se quiere evitar la construcción de centros de recuperación de residuos cercano a zonas que en el futuro podrían ser pobladas por comunidades que posteriormente se verían afectadas por la operación de dichos centros de reciclaje (Barwon South West Waste and Resource Recovery Group, 2017). Un ejemplo de esta situación se da en la región de Gippsland, Victoria, en donde dentro de áreas industriales y sus alrededores se encuentran zonas de residencia, parques públicos y terrenos de recreación (Gippsland Waste and Resource Recovery Group, 2017).

Por otra parte, en la región de Goulburn existe una oportunidad para el procesamiento de residuos de C&D y madera, ya que cuenta con 10000 toneladas de capacidad de infraestructura subutilizada para la recuperación de agregados, mampostería y suelo; y con aproximadamente 18000 toneladas de capacidad sin utilizar en las instalaciones de recuperación para madera (Waste and Resource Recovery Group Goulburn Valley, 2017). Sin embargo, es importante considerar la distancia desde donde se generan los residuos de C&D que potencialmente podrían ser tratados en dichas instalaciones, y evaluar la viabilidad económica debido a los costos de transporte, así como también los impactos ambientales del traslado de los mismo.

Paradójicamente, en esta misma región, no se cuenta con plantas de recuperación de metales, durante el año 2013 y 2014 alrededor de 3000 toneladas de metales fueron transportadas fuera de las regiones hasta empresas coprocesadoras, y se estimó además que un 2% de los residuos en los rellenos sanitarios de Goulburn corresponde a metales (Waste and Resource Recovery Group Goulburn Valley, 2017).

10.6 Barreras relacionadas con las propiedades y calidad de los materiales de C&D reciclados

Para un material como el asfalto una alternativa de recuperación es mezclarlo con agregados de materiales vírgenes, en el estado de Victoria esta mezcla tiene permitido utilizar un 15 % de asfalto recuperado, una de las razones por las cuales no se permiten porcentajes más altos está relacionada con la calidad del producto final, ya que el asfalto recuperado contiene partículas finas que le confieren mayores propiedades de absorción de agua y no drena igual que los agregados vírgenes, resultando así en una dificultad para los procesos de secado y para alcanzar los requerimientos de calidad del producto final (Tarsi et al., 2020, 1,4).

Por otra parte, un estudio realizado en Australia sobre el uso de ladrillo triturado, agregados de concreto reciclado y pavimento de asfalto recuperado como materiales de relleno para tubería de aguas pluviales y alcantarillado encontró dentro de las barreras de aplicación, que para las muestras de pavimento de asfalto recuperado no se alcanzaron los requerimientos las propiedades especificadas por las autoridades regulatorias para el uso como material de relleno (Rahman et al., 2014, 75-84). Sin embargo, este mismo estudio, concluyó que las muestras de ladrillo triturado y agregados de concreto reciclado sí cumplieron con los estándares establecidos para su uso como rellenos de tuberías, esto sugiere que la investigación es un pilar clave en la búsqueda alternativas para la utilización de materiales de C&D recuperados teniendo en sus propiedades físico-mecánicas y químicas.

11. Conclusiones

- El gobierno estatal de Victoria, Australia ha completado una etapa de diagnóstico sobre la necesidades principales y prioridades para gestionar localmente el aprovechamiento de los residuos (incluidos los residuos de C&D) generados en cada región del estado. Esto se hizo a través de planes de recuperación de recursos y residuos para cada zona regional, en este caso Melbourne y su área metropolitana. **Estos planes aún están en etapa de implementación.**
- Para algunas regiones del estado de Victoria **es más rentable trasladar sus residuos de C&D** hacia los estados de New South Wales y South Australia para su reprocesamiento.
- Según el material bibliográfico revisado, **las barreras** de aprovechamiento de los residuos de C&D en el estado de Victoria **se presentan en diferentes etapas de gestión del aprovechamiento de residuos**, tales como la clasificación, transporte, transformación o reproceso y comercialización de los residuos recuperados.
- Dentro de las principales barreras identificadas en el estado de Victoria, se encontraron: **altos costos de mano de obra para la clasificación de residuos, insuficiencia en infraestructura y tecnología para el coprocesamiento local de residuos de C&D que cubran todas las necesidades del estado, baja calidad de los residuos de C&D (residuos contaminados con otros componentes), desventaja competitiva en el mercado** para productos de C&D reciclados respecto a materias primas vírgenes.
- La baja calidad y disponibilidad de información histórica sobre la generación y coprocesamiento de residuos de C&D genera **incertidumbre en el dimensionamiento de las necesidades de infraestructura para la recuperación** local de los residuos de C&D en todo el estado de Victoria.
- Las propiedades y calidad de los productos finales hechos a partir de residuos de C&D pueden ser en algunos casos inferior a los productos hechos a partir de materias primas vírgenes.
- Se identificó que factores como **la cultura y la educación influyen sobre prácticas inadecuadas en manejo de residuos** de C&D, por ejemplo, los vertimientos ilegales de residuos y en algunos casos oposición pública a la operación de plantas recicladoras de residuos de C&D.
- La **resistencia al cambio podría ejercer influencia en el aprovechamiento** de los residuos de C&D durante la transición hacia el nuevo marco legal bajo el nuevo marco legal del Acta Environment *Protection Act 2017*.

12. Recomendaciones

- a. Hacer un seguimiento al progreso en la implementación de los planes de recuperación de recursos y residuos del estado de Victoria, para analizar sus resultados y efectividad en el aprovechamiento de los residuos de C&D.
- b. Realizar un análisis de sostenibilidad sobre el aprovechamiento de residuos de C&D generados en zonas fronterizas del estado de Victoria que son trasladados a los estados de New South Wales y South Australia para su recuperación.
- c. Hacer una revisión sistemática para identificar tecnologías innovadoras y estrategias que contribuyan a mejorar la calidad de los materiales de C&D reciclados.
- d. Investigar y analizar el contenido de campañas y programas educativos exitosos a nivel mundial para la gestión de los residuos de C&D que puedan ser adaptados al estado de Victoria.
- e. Evaluar la factibilidad del aprovechamiento de madera contaminada para trabajos artesanales y artísticos.¹

¹ Esta recomendación se basa en la observación al trabajo de James Williams, Australiano de la ciudad de Melbourne que reutiliza residuos de madera para la fabricación artesanal de muebles. Su trabajo puede ser revisado en https://www.youtube.com/watch?v=_q1Od3a35ug

13. Referencias

Australian Government. "Global Reporting Initiative: accelerating sustainable economic development through sustainability reporting."

<https://www.dfat.gov.au/aid/who-we-work-with/private-sector-partnerships/opportunities/Pages/global-reporting-initiative>

Barwon South West Waste and Resource Recovery Group. (2017, Julio 6).

Barwon South West Waste and Resource Recovery Implementation Plan.

Sustainability Victoria.

<https://assets.sustainability.vic.gov.au/susvic/RWRRIP-Barwon-South-2017-FINAL-PDF-VERSION.pdf>

Cheng, H. (2016). Reuse research progress on waste clay brick. Elsevier.

Chunbo Zhang, M. H. (2021). An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. ELSEVIER, 1-6.

Clearance solutions, The three Rs and the difference between recycling and

reusing (2015) [https://www.clearancesolutionsltd.co.uk/reuse-and-](https://www.clearancesolutionsltd.co.uk/reuse-and-recycling/the-three-rs-the-difference-between-recycling-reusing/#:~:text=Recycling%20means%20turning%20an%20item,it%20a%20more%20sustainable%20process.)

[recycling/the-three-rs-the-difference-between-recycling-](https://www.clearancesolutionsltd.co.uk/reuse-and-recycling/the-three-rs-the-difference-between-recycling-reusing/#:~:text=Recycling%20means%20turning%20an%20item,it%20a%20more%20sustainable%20process.)

[reusing/#:~:text=Recycling%20means%20turning%20an%20item,it%20a%20more%20sustainable%20process.](https://www.clearancesolutionsltd.co.uk/reuse-and-recycling/the-three-rs-the-difference-between-recycling-reusing/#:~:text=Recycling%20means%20turning%20an%20item,it%20a%20more%20sustainable%20process.)

Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water. "Final

(1.2) - National Waste Report 2022." *DCCEEW*, 16 December 2022,

<https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/national-waste-report-2022.pdf>. Accessed 6 June 2023.

Department of Environment, Land, Water and Planning. (2020). *Recycling Victoria A new economy*. <https://www.vic.gov.au/sites/default/files/2020-02/Recycling%20Victoria%20A%20new%20economy.pdf>

Department of Foreign Affairs and Trade, 26 August 2015, <https://www.dfat.gov.au/aid/who-we-work-with/private-sector-partnerships/opportunities/Pages/global-reporting-initiative>. Accessed 6 June 2023.

Department of Energy, Land, Water and Planning, and Environment Protection Authority Victoria. "Regulatory Impact Statement: Proposed Environment Protection Regulations." *EPA Victoria*, 2019, <https://www.vic.gov.au/sites/default/files/2019-10/Environment-Protection-Regulations-RIS.docx>. Accessed 04 06 2023.

El Economista. (2021, Junio 21). *Conozca los países con los salarios más altos del mundo*. ElEconomista.net. Retrieved March 28, 2022, from <https://www.eleconomista.net/economia/Conozca-los-paises-con-los-salarios-mas-altos-del-mundo-20210621-0014.html>

Environment Protection Authority Victoria. (2021, Mayo 25). *Environment Protection Regulations 2021*. Victorian legislation. Retrieved March 18, 2023, from <https://content.legislation.vic.gov.au/sites/default/files/2021-05/21-047sra%20authorised.pdf>

EPA Victoria. (2021, Septiembre 17). *Illegal Waste Disposal Program*. Environment Protection Authority Victoria. Retrieved March 28, 2022, from

<https://www.epa.vic.gov.au/about-epa/our-programs-and-projects/illegal-waste-disposal-program>

Fair work OMBUDSMAN. (2021, Julio 1). *Minimum wages*. Fair Work Ombudsman. Retrieved March 28, 2022, from

<https://www.fairwork.gov.au/tools-and-resources/fact-sheets/minimum-workplace-entitlements/minimum-wages>

Fowler, Michael. "Melbourne waste dumping: Asbestos-ridden soil being dumped in Melbourne's north, west." *The Age*, 27 October 2021,

<https://www.theage.com.au/politics/victoria/truckloads-of-asbestos-ridden-soil-being-dumped-across-melbourne-20211026-p59380.html>. Accessed 4

June 2023

Ghafoor, Soheila, et al. "Assessment of Public Opposition to Construction and Demolition Waste Facilities: A Case Study in Australia." *Recycling*, vol. 7, no. 5, 2022, pp. 1-14. *ResearchGate*,

https://www.researchgate.net/publication/362966513_Assessment_of_public_opposition_to_construction_and_demolition_waste_facilities_A_case_study_in_Australia

Gippsland Waste and Resource Recovery Group. (2017, Julio 6). *Gippsland Waste and Resource Recovery Implementation Plan*. Sustainability Victoria.

Retrieved March 19, 2023, from

<https://assets.sustainability.vic.gov.au/susvic/RWRRIP-Gippsland-2017-FINAL-PDF-VERSION.pdf>

Green building council. (2022). *Green building & the Sustainable Development Goals*. World Green Building Council. Retrieved March 28, 2022, from <https://www.worldgbc.org/green-building-sustainable-development-goals>

Hyder Consulting, Encycle Consulting & Sustainable Resource Solutions. (2011). CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE STATUS REPORT. Melbourne.

International Organization for Standardization. NTC ISO 14001 - 2015. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, 2015.

Jefferson Hopewell, R. D. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*.

Jeonghyun, K. (28 de Julio de 2021). Clean Technologies and Environmental Policy. Obtenido de Clean Technologies and Environmental Policy: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10098-021-02177-x>

Kalutara, Pushpitha, et al., editors. *Proceedings of the 43rd Annual Australasian University Building Education Association (AUBEA) Conference*. Central Queensland University, 2019. *Central Queensland University*, https://acquire.cqu.edu.au/articles/book/43rd_AUBEA_Australasian_Universities_Building_Education_Association_Conference_Proceedings_6-8_November_2019_RACV_Noosa_Resort_Noosa_QLD_Australia/13455515

[?file=25842335](#). Accessed 4 June 2023.

Kang, K. (2022). Building demolition waste management through smart BIM: A case study in Hong Kong.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X22001118>

Kharazipour, A. (2007). Recycling of Wood Composites and Solid Wood Products. En A. Kharazipour, Wood production, wood technology, and biotechnological impacts (págs. 509-533).

Leblanc, R. (4 de March de 2021). The balance small business. Obtenido de The balance small business: <https://www.thebalancesmb.com/an-introduction-to-metal-recycling-4057469>

Li, S., Rismanchi, B., & Aye, L. (2022). A simulation-based bottom-up approach for analysing the evolution of residential buildings' material stocks and environmental impacts – A case study of Inner Melbourne. *Elsevier*, 314(118941).

[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261922003609?](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261922003609?via%3Dihub)

[via%3Dihub](#)

Ministerio de Vivienda, Colombia (2022). Esquema de prestación de la actividad de aprovechamiento

<https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/gestion-de-residuos-solidos/aprovechamiento>

Sostenible.” *Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo*

Sostenible, 24 May 2022,

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. Accessed 10 June 2023

Plescan Costel, E. P. (2015). Asphalt Pavement Recycling. *Bulletin of The Tansilvania University of Brasov* , 266-267.

Rts. (12 de Octubre de 2020). Rts. Obtenido de Rts:

<https://www.rts.com/blog/the-complete-plastics-recycling-process-rts/>

Rural Bank. (2022). *Australian Farmland Values*. Australian Farmland Values. Retrieved March 28, 2022, from

<https://www.ruralbank.com.au/siteassets/knowledgeandinsights/publications/farmlandvalues/victoria/afv-vic-2020.pdf>

Shooshtarian, S., Caldera, S., Maqsood, T., Ryley, T., Wong, P. S.P., & Zaman, A. (2022). Analysis of factors influencing the creation and stimulation of the Australian market for recycled construction and demolition waste products. *Sustainable Production and Consumption*, 34(ISSN 2352-5509), 163 - 176.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550922002445?via%3Dihub>

Shooshtarian, S., & Maqsood, T. (2021, June 17). *Australia needs construction waste recycling plants — but locals first need to be won over.*

The Conversation. Retrieved March 28, 2022, from

<https://theconversation.com/australia-needs-construction-waste-recycling-plants-but-locals-first-need-to-be-won-over-161888>

Shooshtarian, Salman, et al. "Landfill Levy Imposition on Construction and Demolition Waste: Australian Stakeholders' Perceptions." *Sustainability*, vol. 12, no. 4496, 2020, p. 11. MDPI, <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4496>.

Shooshtarian, Salman, et al. "The impact of regulations on construction and demolition waste market creation and stimulation: Australian stakeholders perception." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1101, no. 062012, 2020. Griffith University, <https://research-repository.griffith.edu.au/handle/10072/420531>.

Shooshtarian, Salman, et al. "The role of education in the circular built environment: Analysis of Australian educational programs impact on construction and demolition waste management." *Architectural Science and User Experience: How can Design Enhance the Quality of Life: 55th International Conference of the Architectural Science Association*, 2022, pp. 548–558. ResearchGate, <https://www.researchgate.net/publication/367328926> [The role of education in the circular built environment Analysis of Australian educational programs impact on construction and demolition waste management.](https://www.researchgate.net/publication/367328926)

Tarsi, Giulia & Tataranni, Piergiorgio & Sangiorgi, Cesare. (2020). The Challenges of Using Reclaimed Asphalt Pavement for New Asphalt Mixtures: A Review. *Materials*. 13.

<https://www.mdpi.com/1996-1944/13/18/4052>

UHY Fay & Co. "Marcos de reporte de sostenibilidad ¿Cuál es el mejor para su empresa?" *UHY Fay*, 2020, <https://www.uhy-fay.com/blog/marcos-de-reporte-de-sostenibilidad-cual-es-el-mejor-para-su-empresa/>. Accessed 10 June 2023.

Victoria, S. (2018). *Statewide Waste and Resource Recovery Infrastructure Plan: A 30 Year Roadmap for Victoria*.

<https://www.sustainability.vic.gov.au/about-us/our-mission/our-strategies/statewide-waste-and-resource-recovery-infrastructure-plan-swrip>

Victoria's economy. (2021, December 23). Global Victoria. Retrieved March 25, 2022, from <https://global.vic.gov.au/victorias-capabilities/why-melbourne/victorias-economy>

Victoria State Government. (2022, Marzo 3). *Property sales statistics - Valuations*. Land.Vic. Retrieved March 28, 2022, from <https://www.land.vic.gov.au/valuations/resources-and-reports/property-sales-statistics>

Waste and Resource Recovery Group Goulburn Valley. (2017, Julio 6). *Goulburn Valley Waste and Resource Recovery Implementation Plan*. Sustainability Victoria.

<https://assets.sustainability.vic.gov.au/susvic/RWRRIP-Golburn-Valley-2017-FINAL-PDF-VERSION.pdf>

Wu, Huanyu, et al. "Cross-regional mobility of construction and demolition waste in Australia: An exploratory study." *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 156, no. 104710, 2020. *Science Direct*,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092134492030032X>

Ze Zhou Wu, A. T. (2020). Promoting effective construction and demolition waste management towards sustainable development: A case study of Hong Kong. Wiley.

Zhao, Xianbo, et al. "Construction and demolition waste management in Australia: A mini-review." *Waste Management & Research*, vol. 40, no. 1, 2022, pp. 34-46. *SAGE*,

<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0734242X211029446>.

Zhikang Bao, W. L. (2020). Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China. Elsevier, 1-9.

