

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

La gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá. Un análisis a partir del caso de la UPL No 25 Usaquén

ALEJANDRO AGUILAR MALDONADO

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Artes
Escuela de Arquitectura y Urbanismo
Bogotá, Colombia
2023

La gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá. Un análisis a partir del caso de la UPL No 25 Usaquén

ALEJANDRO AGUILAR MALDONADO

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Construcción

Director:

Mg. Arq. Miguel Arturo Gamba Fuentes

Línea de Investigación:

Sostenibilidad

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Artes

Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Bogotá, Colombia

2023

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Nombre: ALEJANDRO AGUILAR MALDONADO

Fecha 21/11/2023

Este esfuerzo está dedicado a mi Marinita querida, por estar para todo y en todo.

A la persona que me insistió e impulsó a retomar y terminar este proyecto. ¡gracias infinitas por tu apoyo y ayuda!

A los REM por el cariño, apoyo en todo momento, por ser mi familia.

Resumen

La gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá. un análisis a partir del caso de la UPL No 25 Usaquéen.

La gestión de Residuos de Construcción y Demolición (en adelante RCD), durante las últimas dos décadas, en Colombia ha representado un reto que se ha visto reflejado en el contenido del marco normativo que aplica a nivel nacional y distrital. En este se busca que la industria de la construcción adopte planes de gestión para estos residuos durante la ejecución de la Fase constructiva, de manera que se realice el control de la gestión y disposición final de estos residuos, procurando la mitigación de los impactos ambientales, sociales y urbanísticos negativos asociados a dicha actividad. Con el propósito de identificar los vacíos del marco normativo nacional y distrital que aplican para la ciudad de Bogotá, D.C., se hace un análisis de la legislación a partir de bloques temáticos, así como también el análisis de la implementación de los planes de gestión de RCD en proyectos de vivienda que se desarrollan en la Unidad de Planeación Local UPL Usaquéen. De igual forma, la revisión de los marcos normativos de referentes internacionales y locales, de esta manera identificar conceptos y acciones relevantes que deben hacer parte de la gestión de los RCD. El presente trabajo se enfocó en el desarrollo de una propuesta de plan de acción para la gestión de RCD en la ciudad de Bogotá, D.C. En aquella se promovió la prevención y reducción de RCD en etapas tempranas del desarrollo de diseños que hacen parte integral de los proyectos de construcción. De esta manera, se aporta a la solución de la problemática de los RCD, apoyado en herramientas digitales innovadoras en la industria de la construcción, con el fin de lograr un mayor nivel de sostenibilidad, uso racional de recursos y materiales, y aporte a la economía circular.

Palabras clave: Residuos, Residuos de Construcción, RCD, Demolición, BIM, Gestión de Residuos, Plan de Acción, Prevención, Reciclaje, Reducción, Economía Circular, Sostenibilidad.

Abstract

Waste management of Construction and Demolition (C&D) In Bogotá. An analysis based on the case of UPL No. 25 Usaquén

The management of Construction and Demolition Waste (hereinafter referred to as CDW) over the past two decades in Colombia has posed a challenge, as reflected in the content of the regulatory framework applied at the national and district levels. The aim is for the construction industry to adopt waste management plans during the Construction Phase, enabling proper control and final disposal of these waste materials to mitigate associated environmental, social, and urban impacts. To identify gaps in the national and district regulatory framework applicable to the city of Bogotá, D.C., an analysis of legislation is conducted based on thematic blocks. Additionally, an analysis of CDW management plans implemented in housing projects within the UPL Usaquén is conducted, along with a review of international and local regulatory frameworks. This approach aims to identify relevant concepts and actions that should be part of CDW management. The outcome of this work focuses on the development of a proposal for an action plan for CDW management in the city of Bogotá, D.C. The proposal aims to promote the prevention and reduction of CDW at initial stages of design development, which are integral parts of construction projects. By doing so, it contributes to solving the CDW issue, supported by innovative digital tools in the construction industry, in order to achieve a higher level of sustainability, rational use of resources and materials, and contribute to the circular economy.

Keywords: Demolition, Digitalization, BIM, Construction and Demolition Waste, CDW, Construction Industry, Waste Management, Action Plan, Prevention, Recycling, Reduction, Construction Waste, Circular Economy, Sustainability.

Contenido

	Pág.
Resumen	VII
Lista de ilustraciones.....	XI
Lista de gráficas	XII
Lista de tablas	XIII
Introducción	15
Capítulo 1. Planteamiento Del Problema	17
1.1 Descripción del problema.....	17
1.2 Pregunta De Investigación	21
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos.....	22
1.4 Justificación	22
Capítulo 2. Marco de Referencia	27
2.1 Los RCD y su gestión	27
2.2. Marco normativo de los RCD a nivel nacional y distrital	36
2.3 Referentes Nacional e Internacionales gestión RCD.....	41
2.3.1 Gestión de RCD área metropolitana del Valle de Aburra.	41
2.3.2 Gestión RCD Chile	48
2.3.3 Gestión de RCD en Ciudad de México	54
2.3.4 Conclusiones referentes nacional e internacionales	60
2.4 Norma ISO 14001	63
2.5 Norma ISO 14040	65
2.6 Economía Circular	67
2.7 BIM en Colombia y los RCD.....	71
Capítulo 3. Metodología	77
3.1 Tipo de Investigación	77
3.2 Alcance de la investigación.....	79
3.3 Recolección de la información	79
3.4 Categorías de análisis.....	81
3.5 Análisis de la información	85
3.6 Resultados.....	86
3.6.1 Resultados del análisis normativo	86
3.6.2 Resultados trabajo de campo	91

Capítulo 4. Propuesta de implementación del plan de acción para la gestión de RCD en la ciudad de Bogotá	103
4.1 Introducción al Plan de Acción.....	103
4.2 Conceptos Generales	104
Fases de proyecto	104
Building Information Modeling -BIM-	104
BIM y RCD	105
Key Performance Indicators -KPI-	105
Sostenibilidad	105
Residuos de Construcción	106
Residuos de Demolición / Deconstrucción	107
Categorización de los RCD	107
Generadores de RCD	108
Ciclo de vida de materiales de construcción	108
Economía Circular y los RCD	108
4.3 Implementación del Plan de acción	110
4.3.1 Fase de análisis normativo de la gestión RCD	111
4.3.2 Fase de Diseño	112
4.3.3 Fase de Coordinación	117
4.3.4 Fase de Planeación	121
4.3.5 Fase de Deconstrucción.....	123
4.3.6 Fase de Construcción	125
4.3.7 Lecciones aprendidas	127
5. Conclusiones y recomendaciones	129
5.1 Conclusiones.....	129
5.2 Recomendaciones.....	134
Anexos	1
Anexo A. Área de estudio Unidad de Planeación Local (UPL) Usaqué.....	2
Anexo B. Inventario proyectos de vivienda en desarrollo. Unidad de Planeación Local UPL Usaqué.....	3
Anexo C. Matriz de revisión del marco normativo para la gestión de RCD a nivel nacional y distrital.....	4
Anexo D. Formulario de encuestas de Gestión RCD, proyectos de vivienda en desarrollo del área de estudio.	5
Anexo E. Tabla de resultados de encuestas Gestión de RCD en proyectos de vivienda en desarrollo dentro del área de estudio.....	9
Bibliografía	13

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Etapas constructivas.	29
Ilustración 2 Planta fija de Clasificación y Reciclaje RCD.	34
Ilustración 3 Planta de transferencia RCD.	34
Ilustración 4 Equipos móviles de reciclados en obra.	34
Ilustración 5 Sitios de disposición final o vertederos de RCD.	35
Ilustración 6. Proceso selección sistema constructivo.	44
Ilustración 7. Proceso selección materiales de construcción.	45
Ilustración 8. Jerarquía en el manejo de los residuos.	49
Ilustración 9. Relación entre el modelo PHVA y el marco de referencia en ISO 14001.	64
Ilustración 10. Etapas de un Análisis del Ciclo de Vida.	66
Ilustración 11. Principios de la economía circular	68
Ilustración 12. Concepto 7Rs Economía circular.	69
Ilustración 133. Fases del proyecto	103

Lista de gráficas

Gráfica 1. Metros cuadrados aprobados por licencia. 2020 - 2022	23
Gráfica 2. Fase de diseño	89
Gráfica 3. Fase de Construcción	90
Gráfica 4. Disposición final	90
Gráfica 5. Áreas construidas de proyectos de vivienda	92
Gráfica 6. Número de pisos y cantidad de sótanos	93
Gráfica 7. Muros de Fachadas	93
Gráfica 8. Muros divisorios internos	94
Gráfica 9. Uso de herramientas BIM para el desarrollo diseño	95
Gráfica 10. Alcance de uso herramientas BIM para el desarrollo diseño	95
Gráfica 11. Usos BIM por especialidad	96
Gráfica 12. Consideración para selección de materiales	97
Gráfica 13. Modulación para selección de materiales	97
Gráfica 14. Proceso de coordinación de diseños	98
Gráfica 15. Solución de interferencias fase de diseño	98
Gráfica 16. Plan de Gestión RCD en Fase de Construcción	100
Gráfica 17. Divulgación de información previa a la Fase de Construcción	101

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación y valoración de los RCD Chile.	52
Tabla 2. Objetivos y metas para un plan de gestión de RCD Chile.	53
Tabla 3. Clasificación de los RCD Ciudad De México.	57
Tabla 4. Aprovechamiento de agregados reciclados en elementos no estructurales Ciudad De México.	58
Tabla 5. Objetivos y fuentes	80
Tabla 6. Categoría de análisis objetivo 1.	81
Tabla 7. Categoría de análisis objetivo 2.	82
Tabla 8. Categoría de análisis objetivo 3.	83
Tabla 9. Categoría de análisis objetivo 4.	84
Tabla 10. Matriz Revisión de Nomas RCD para la ciudad de Bogotá.	87
Tabla 11. Modulación de alturas muros divisorios y/o fachadas en mampostería. Bloque No 4 / No 5. Fase de diseño	114
Tabla 12. Tabla de identificación RCD por fases de construcción	115
Tabla 13. Tabla de identificación general RCD	116
Tabla 14. Tabla de coordinación técnica proyectos BIM.	118
Tabla 15. Tabla de identificación general RCD Fase Deconstrucción.	123
Tabla 16. Clasificación de Extracción clasificación y entrega de RCD	124
Tabla 17. Tabla medición Generación de RCD por fase de construcción.	125
Tabla 18. Tabla de clasificación variación de generación RCD	126

Lista de figuras

Figura 1. KPI % de Colisiones.....	120
Figura 2. KPI % Extracción de RCD aprovechables Fase deconstrucción.	124
Figura 3. KPI % Variación Generación RCD.....	126

Introducción

El manejo de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es, actualmente, uno de los grandes desafíos de las ciudades del mundo. Esto, debido a que este tipo de residuos tienen un impacto negativo y genera una serie de problemáticas ambientales, paisajísticas y de salud, por lo cual es necesario contar con un programa adecuado de gestión por parte de las empresas constructoras que reflejen lo propuesto y previsto por las autoridades ambientales frente a este tema.

A partir de 1973, la normativa relacionada con el manejo de Residuos Sólidos se ha venido desarrollando y tornado cada vez más específica. El control de los residuos se ha posicionado con un enfoque más preciso y estricto en Leyes, Decretos y Resoluciones, estableciendo responsabilidades, obligaciones y alcances, principalmente con respecto a la gestión de los RCD. En la Resolución 0472 de 2017 y su actualización en 2021 con la Resolución 1257 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las regulaciones han logrado que dentro de la implementación de planes de gestión se aborde la problemática de generación de los RCD durante el desarrollo y finalización de obras de las construcciones y demoliciones.

En este sentido, con el fin de mejorar los procesos de manejo de RCD, y previo a la iniciación de la ejecución de la Construcción de un proyecto privado o público, deben implementarse diseños que permitan y faciliten la generación de acciones de optimización dentro de la fase de construcción. La problemática se aborda desde las etapas iniciales por medio de herramientas digitales de la metodología *Building Information Modeling* (en adelante BIM).

En el presente trabajo de investigación, se identifican los diferentes factores que componen los planes de gestión de RCD y se proyecta un modelo guía que permita al ejecutor de obra prever, disminuir y aprovechar la generación de residuos dentro de la construcción. Se empleó una metodología de carácter cualitativo, la cual se apoyó en herramientas y técnicas de investigación pertinentes para el análisis de la normativa vigente a partir de

bloques temáticos y encuestas. Esto se realizó para determinar la forma en la que se aborda la gestión de RCD en las fases iniciales, preliminares (limitar las actividades de demolición y construcción) y de diseño, para que pueda ser implementado en la fase de construcción para estudios de proyectos de vivienda ubicados en el área focalizada.

Para llevar a cabo el proceso de encuestas se identificaron proyectos de vivienda dentro de un área específica de estudio. Esta se definió por la Unidad de Planeación Local (en adelante UPL) Usaquén, en la ciudad de Bogotá D.C., Colombia. En este proceso se llevó a cabo la identificación de los planes de gestión de RCD implementados en obra y la forma en la que estos fueron abordados. De esta manera se generaron interpretaciones sobre la caracterización de los modelos y los vacíos que se pudieron identificar dentro de dichas obras.

En cuanto al análisis cualitativo, se realizó una revisión a partir de referentes internacionales de la normativa vigente en Chile y Ciudad de México. Adicionalmente, se complementó con el análisis de las normas vigentes en Colombia, Bogotá, D.C. (en adelante Distrito / Distrital), y las propuestas por parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el departamento de Antioquia, para conocer la manera en la que se plantea la respuesta a la gestión de los RCD.

En el primer capítulo del presente estudio se realiza la descripción e identificación del problema. En el segundo capítulo se desarrolla el marco de referencia de los Residuos de Construcción y Demolición que incluye el marco normativo local, el análisis de algunos referentes de la región, y la disposición nacional de medios digitales aplicables a la construcción. En el tercer capítulo se hace el planteamiento metodológico y la definición de categorías de análisis.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presenta una propuesta de plan de acción para la gestión de Residuos de Construcción y Demolición. Para ello, se tomaron en cuenta consideraciones para implementar en la fase de diseño, que se proyectaron como una guía de aporte para la disminución de los residuos generados en la fase de construcción. En este sentido, se busca la incorporación de la digitalización en la industria de la construcción como método para el uso racional de materiales.

Capítulo 1. Planteamiento Del Problema

1.1 Descripción del problema

La generación de RCD es un hecho inherente a la actividad de construcción. Por tal motivo, es un tema trascendental para los gobiernos nacionales promulgar leyes, normas, decretos y documentos técnicos que sirvan de lineamientos para el correcto tratamiento de este tipo de residuos, con la intención de mitigar las afectaciones ambientales generadas por la industria de la construcción.

El constante desarrollo de los centros urbanos y el aumento de la construcción de obras relacionadas con la infraestructura vial, vivienda urbana, zonas industriales y ampliación de espacios comerciales, entre otros, generan importantes cantidades de residuos derivados. Como producto de ello, existe un creciente impacto ambiental negativo generado por la inadecuada disposición de residuos en el entorno urbano, lo que incide directamente en el bienestar de la sociedad. No obstante, se ha dado lugar a que exista una mayor preocupación por la huella ambiental que generan las actividades previamente mencionadas, por lo que, el adecuado manejo de los residuos derivados de estas constituye un componente cada día más central y fundamental a la hora de licenciar las obras.

Según la Unidad Administrativa de Servicios Públicos (2009), se genera una problemática ambiental cuando se presenta un impacto en los recursos naturales de una ciudad, afectando zonas verdes y fuentes hídricas por un mal manejo y disposición de los RCD. Esta mala disposición puede generar proliferación de roedores y demás agentes vectores, la dificultad del tránsito peatonal, así como afectaciones a la salud pública por la presencia de escombros.

Tanto la administración pública como los encargados de la generación de RCD en la ciudad, tienen una responsabilidad directa por los impactos negativos que causan en el ambiente. Esto se debe a que, si no se les da un adecuado manejo a estos residuos, es necesaria la intervención de entes públicos y privados con el fin de mitigar el impacto ambiental negativo que la actividad de la construcción ocasiona en un área determinada, bien sea a escala micro y/o macro.

Para el caso específico de Bogotá, D.C., existe una serie de normativas vigentes que han venido regulando la disposición de los RCD. A nivel nacional, se presenta como antecedente la Ley 23 de 1973, que regula la contaminación por acción de los residuos, y por medio de la cual se ofrecen alternativas para el manejo de los residuos de construcción. En este sentido, el Decreto Ley 2811, establecido en 1974, tuvo el propósito de cuidar los recursos naturales y proteger el medio ambiente. Igualmente, en 1979 se promulgó la Ley 09, conocida como el Código Sanitario Nacional, con la cual se buscaba regular y proteger las descargas de residuos y materiales de construcción, como un intento para proteger al medio ambiente de las secuelas derivadas de esta actividad.

Finalmente, se desarrolla la Ley 99 de 1993. Esta es una de las más relevantes para el manejo de los RCD con el propósito de mitigar el impacto ambiental, y resulta una de las más completas en la materia, puesto que en esta ley se definen los fundamentos de la política ambiental y se disponen los lineamientos de las Licencias Ambientales para ejecutar proyectos urbanos.

Por su parte, las licencias ambientales, que son parte fundamental de los procesos constructivos, se autorizan siempre y cuando se cumplan con los requisitos de prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales de la obra o actividad autorizada, tal y como se estipula en el Título VIII De las Licencias Ambientales, artículo 50 y siguientes de la Ley 99 de 1993.

En cuanto a la aprobación de licencias ambientales para la ejecución de proyectos urbanos, se establece en el Decreto 1753 de 1994, en el Capítulo III: *Competencia para el otorgamiento de Licencias Ambientales*, Artículo 8, que: las Corporaciones Autónomas

Regionales (CAR), en su respectiva jurisdicción, poseen la facultad y competencia de otorgar licencias, definiendo los casos específicos pertenecientes a su administración y aquellos que no.

Ahora bien, el manejo de los RCD a nivel distrital adquiere una mayor relevancia a partir del año 2012, cuando se consolida la política pública a través de la Secretaría Distrital de Medio Ambiente de Bogotá, D.C., y desde donde tuvieron lugar las discusiones en torno a estas temáticas a partir de dos perspectivas. Por un lado, se encuentra el tema relacionado con el reciclaje y la reutilización de los residuos derivados de la construcción y la demolición y, por el otro, lo relacionado al manejo y la disposición final de los residuos. Ambos puntos se encuentran orientados a las discusiones del cuidado del medio ambiente en la ciudad. De igual manera, para este mismo año la Secretaría también expidió la Resolución 01115 con la cual se estableció la reglamentación en torno a las actividades de aprovechamiento y tratamiento de RCD en el distrito.

Más particularmente, en el período comprendido entre el 2012 y 2022, la Secretaría Distrital de Medio Ambiente centró sus esfuerzos en regular y controlar el manejo de este tipo de residuos en la ciudad de Bogotá, D.C., a través de la construcción de las políticas públicas que vinculan a los diferentes actores que componen la producción y el procesamiento de RCD. Así, para el manejo de los RCD, se hizo necesaria la intervención del Estado, ya que los actores privados, por sí solos, no harían una correcta y uniforme gestión de estos, por lo que las autoridades se vieron llamadas a intervenir para dar solución y seguimiento al problema.

Considerando lo anterior, puede decirse que existe un desarrollo normativo importante a nivel nacional y distrital en torno al manejo de dichos recursos. Sin embargo, aún existe cierto desconocimiento por parte de las empresas constructoras y de la ciudadanía en general respecto al modelo de gestión para el manejo de los RCD. Esto debe tratarse tanto desde el tema de reutilización, como desde el de la disposición final, debido a la falta de mecanismos efectivos de aplicación de la norma y su adecuada fiscalización.

Bajo este panorama, resulta conveniente comprender los alcances y las limitaciones de la política pública de manejo de residuos del Distrito y el impacto que esta ha generado en el modelo de gestión de residuos en el sector de la construcción. Para el caso de Bogotá,

D.C., la ciudad ha tenido que responder normativamente para esquematizar, aplicar y sancionar todas las actividades que se desenvuelven bajo una gestión del tratamiento de dichos residuos.

En ese sentido, resulta conveniente explorar la normatividad vigente en la ciudad y preguntarse si esta contribuye efectivamente a la consolidación de modelos de gestión para el tratamiento de RCD. Esto se debe a que existen varios estudios, particularmente sobre el tema del aprovechamiento, que pueden constituir materia prima para la generación de nuevos materiales con usos múltiples. Principalmente debe realizarse a residuos derivados del sector privado para proyectos de pequeña y mediana escala.

Particularmente, la localidad de Usaqué ha sido una de las que mayor participación tiene en la construcción de viviendas en la ciudad de Bogotá, D.C. Esta localidad reportó 119,2 mil m², y 148 mil m² de áreas nuevas en proceso de construcción para edificaciones, por localidades, en el cuarto trimestre del 2022 (Secretaría de Desarrollo Económico Bogotá, 2023).

Para el desarrollo de este análisis de comportamiento de gestión de RCD en la ciudad de Bogotá, D.C., se tomó como área de estudio la Unidad de Planeación Local (en adelante UPL) No. 10 Usaqué. Esta se determina por la porción de territorio denominado anteriormente como Unidad de Planeación Zonal (en adelante UPZ) No 13, en Los Cedros. Comprende los límites que se enuncian a continuación: por el Norte, Avenida La Sirena (Calle 153); por el Sur, Avenida Contador (Calle 134); por el Oriente, el perímetro urbano y los cerros orientales; y, por el occidente, Avenida Paseo de los Libertadores o Autopista Norte; con una extensión de área equivalente a 668.4 Hectáreas (Anexo I) en donde, actualmente, tiene una mayor tendencia de desarrollo de proyectos de No VIS.

De esta manera, es posible indagar, a través del área de estudio, si se está cumpliendo efectivamente con la normatividad, y si la ley actualmente propuesta es suficiente para abarcar la problemática de los RCD, precisamente porque se identifican ciertas debilidades de la actual gestión. Lo anterior tiene la finalidad de proponer soluciones encaminadas a escalar su aplicabilidad en la ciudad de Bogotá, D.C, de cara al planteamiento de algunos

criterios normativos y técnicos que les permitan a los habitantes mitigar el impacto ambiental negativo ocasionado por las construcciones del sector.

A pesar de que exista un marco normativo y un esfuerzo de las autoridades ambientales para atender esta problemática dentro de la agenda pública, esta no ha logrado materializarse correctamente debido al rezago tecnológico e investigativo, sumado a la falta de infraestructura adecuada y tecnificada para el aprovechamiento del RCD. Por lo tanto, resulta de notable interés profundizar sobre las falencias estructurales de este proceso.

Finalmente, y a partir de un análisis comparativo con casos internacionales, se pudo evidenciar que, en tales casos, son más estrictos desde la perspectiva legal. Esta cualidad estricta de la norma puede significar una mejor implementación en los procesos de los residuos al incorporarse al ciclo de producción, recuperación, reciclaje, reutilización y disposición, por lo que es relevante indagar en estos referentes y analizar cómo pueden contribuir en la implementación del correcto proceso de aprovechamiento del RCD en Colombia.

1.2 Pregunta De Investigación

¿Cuáles son los principales elementos que se deben tener en cuenta en el desarrollo de un plan de acción para la gestión de RCD, tales que permitan lograr la prevención y reducción de residuos previo a la iniciación de la Fase de construcción, a partir del estudio de caso de la UPL Usaquéen?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar un plan de acción enfocado en la implementación para las etapas de diseño y planeación, de manera que permita prevenir y disminuir la generación de RCD en las etapas de demolición y construcción.

1.3.2 Objetivos Específicos

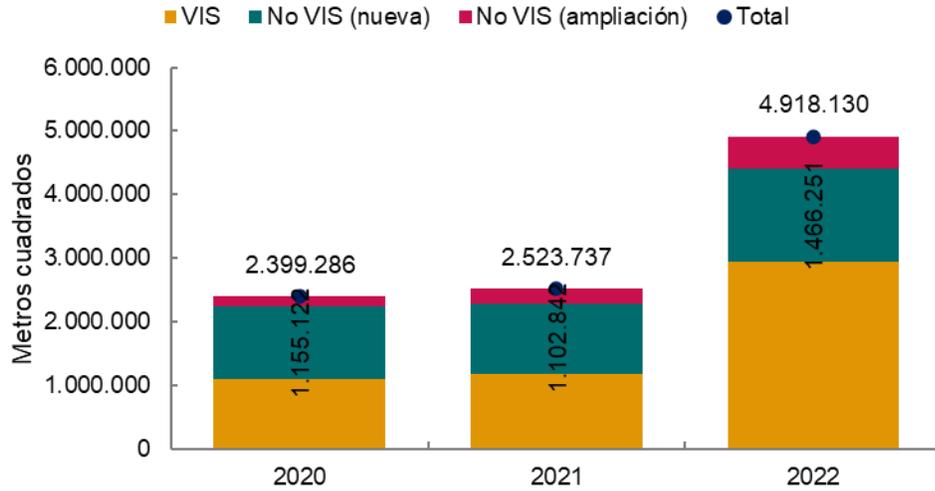
1. Caracterizar el marco normativo Nacional y Distrital en materia de gestión de RCD a través de bloques temáticos centrados en las Fase de Diseño, Construcción y Disposición Final, para la determinación los alcances de la normativa e identificación de los vacíos en el marco normativo de la gestión de RCD.
2. Identificar los aportes claves del marco normativo en la gestión de RCD, tomando como referentes nacionales e internacionales, y los aspectos que contribuyen a la gestión de RCD.
3. Identificar los modelos de gestión de RCD de los proyectos de vivienda mediante la aplicación de una encuesta sobre la gestión de RCD en las construcciones identificadas en la UPL Usaquén.
4. Proponer un plan de acción para la implementación en las etapas previas a la iniciación de la fase de construcción, para el inventivo del sector de la construcción, la prevención y disminución de generación de RCD durante los procesos que componen la demolición y construcción de edificaciones.

1.4 Justificación

Durante el 2020 en la ciudad de Bogotá, D.C., se logró controlar la disposición de 3'930.380 de RCD de manera adecuada. Las localidades de Fontibón, Kennedy y Usaquén fueron las localidades que registraron mayor producción de RCD, siendo Usaquén la tercera, con 392.777 toneladas generadas en el período señalado (Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2020).

Así, durante el período comprendido entre el año 2020 y el 2022, se han licenciado 9'841.153 m² destinados al uso de vivienda. De estos, los proyectos de Vivienda de Interés Social -VIS, son los que han tenido mayor representación, con un total de 5'210.972 m², seguido por los proyectos de No VIS, con un total de 3'724.215 m², tal y como se muestra en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Metros cuadrados aprobados por licencia. 2020 - 2022



Año	VIS	No VIS (nueva)	No VIS (ampliación)	Total
2020	1.089.959	1.155.122	154.205	2.399.286
2021	1.179.336	1.102.842	241.559	2.523.737
2022	2.941.677	1.466.251	510.202	4.918.130

Fuente: Secretaría de Planeación. Alcaldía Mayor de Bogotá, 2023

En este sentido, y a pesar de que los proyectos VIS tienen una mayor participación respecto a los proyectos No VIS, dentro de la ciudad de Bogotá, D.C., en la presente investigación se tendrán en cuenta los segundos. De acuerdo con los datos de la gráfica 1, este trabajo se enfoca en hacer un planteamiento que permita brindar herramientas a los involucrados en los proyectos de construcción, para prevenir y reducir la generación de RCD desde las fases preliminares de Diseño hasta la iniciación de la Fase de Construcción.

La gestión de RCD durante la última década ha tomado más relevancia e interés, llamando la atención, principalmente, de las autoridades en Colombia. Esto se puede evidenciar por el cambio de lineamientos en el aspecto normativo que se ha implementado a nivel nacional y distrital. aun así, para el caso de Bogotá, este se ha fortalecido en la última década.

Aparte de procurar la conservación del entorno natural y mitigar los impactos ambientales como consecuencia de la inapropiada disposición de los RCD, las autoridades ambientales han ido ampliando los alcances dentro de la normativa. Esto ha llegado al punto de lograr establecer un plan de gestión de RCD en el que se proponen y señalan los procedimientos a considerar desde la generación hasta la disposición final de los residuos producidos durante la fase de construcción de los proyectos públicos y privados.

En cuanto a la prevención y reducción de generación de RCD, dentro la Resolución 472 de 2017 publicada el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el *Capítulo II Gestión Integral de RCD*, se establece que:

Artículo 5°. Prevención y reducción de RCD. Los generadores de RCD deberán implementar medidas para la prevención y reducción de la generación de RCD, incluyendo como mínimo, las siguientes:

- 1. Planeación adecuada de la obra, que incluya la determinación de la cantidad estrictamente necesaria de materiales de construcción requeridos, con el fin de evitar pérdida de materiales.*
- 2. Realizar separación por tipo de RCD en obra.*
- 3. Almacenamiento diferencial de materiales de construcción.”¹*

En ese sentido, la prevención debe ser una temática transversal a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, que abarque desde la Fase de Diseño hasta la Fase de Construcción, de manera que, con un conjunto de acciones, se permita al constructor hacer un proceso racional dirigido a minimizar la cantidad de RCD.

En busca de fortalecer los procesos de prevención y disminución de generación de RCD en la Fase de Construcción, no solo es posible mejorar la fase de construcción de los proyectos, sino que, también, es posible aportar a la prevención y disminución de generación de RCD. Es decir, a partir del desarrollo de modelos BIM ha sido posible que, en las Fases de Diseño, coordinación y planeación, se identifiquen y se corrijan errores, de manera que sea posible que se generen retroalimentaciones que permitan un mejor

¹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (28 de febrero de 2017). *Resolución 472*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0472-de-2017/>

desarrollo de la Fase de Construcción, generando mayor consumo de materiales en actividades específicas.

Por otra parte, previo a la iniciación de La Fase de Construcción está la Demolición. Así, teniendo en cuenta las consideraciones establecidas dentro de la normatividad Nacional y Distrital, esta tiene una mayor relevancia, debido a que la eliminación de las construcciones existentes con un correcto proceso de valoración puede aportar al objetivo de incrementar elementos o insumos que pueden ser reutilizados en construcciones nuevas. De este modo, es posible disminuir los volúmenes de RCD que tengan como destino la disposición final a partir de la incorporación del concepto de Deconstrucción.

Volviendo al tema de la prevención, es importante asumir que un conjunto de acciones puede permitir al constructor hacer un proceso racional en pro de minimizar la cantidad de RCD producidos. Esto se plantea a partir de acciones que permitan validar las decisiones referentes a la disposición y al manejo de RCD durante las fases tempranas de los proyectos y previo a la iniciación de la construcción, de manera que los agentes puedan medir y controlar la generación de residuos.

Precisamente por todo lo anterior, resulta relevante el planteamiento de ciertas estrategias destinadas a la concientización de la problemática expuesta a lo largo de este apartado. Se perfila en ese sentido como idónea la generación de herramientas que hagan posible la adecuada gestión de RCD, pero más particularmente en momentos iniciales de cada proyecto, pues se piensa que así no solo se establecen rutas de acción tendenciosas a reducir la cantidad de desechos resultantes sino también para el posible uso de estos.

Capítulo 2. Marco de Referencia

En este capítulo se hace un análisis conceptual y teórico de los RCD para luego analizar cómo se desarrolla este proceso en los casos internacionales de Chile y Ciudad de México. De igual forma, se analiza cómo se manejan dichos residuos dentro de Colombia, específicamente en el caso del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Adicionalmente, se hace la revisión de la normativa existente y de los planes de gestión en cuanto a RCD en Colombia. Por último, se aborda la interrogante acerca de cómo se utiliza el sistema de *Building Information Modeling* (BIM), en función de la reducción de RCD dentro de la industria de la construcción.

2.1 Los RCD y su gestión

Los RCD son materiales de desecho producto del proceso de construcción, demolición/deconstrucción, modificaciones parciales y rehabilitaciones a estructuras físicas y obras civiles. Estos poseen una amplia variedad tanto en composición como en posibilidad de reutilización. Esto último se debe a que son recursos inertes que se adaptan a procesos de transformación como materia prima de agregados, concretos, prefabricados, entre otros. Además, dichos procesos se hacen principalmente para el desarrollo de insumos en proyectos de urbanismo (como adoquines, por ejemplo) y, de esta manera, se aporta al establecimiento y mantenimiento de una economía circular.

También es importante mencionar que los RCD se diferencian de los denominados Residuos Sólidos Urbanos -RSU- (es decir, los residuos domiciliarios y los comerciales). La principal diferencia que existe entre los RCD y los RSU parte de su origen y composición. Los RCD tienen una composición más homogénea con respecto a los RSU. Estos último, al ser residuos provenientes de las actividades humanas (residencial y comercial), cuentan con disposiciones más variadas y heterogéneas (Zhang, Zhang, & Chen, 2013).

La gestión apropiada de los RCD es un tema interdisciplinario y complejo que se debe abordar desde diferentes perspectivas ambientales, tecnológicas, políticas y de ingeniería para, así, contribuir a la economía circular (Elshaboury, 2022). La ausencia de gestión para el aprovechamiento y la incorrecta disposición final de los RCD provoca un deterioro ambiental en la ciudad, principalmente de salud, por contaminación del aire, contaminación a nivel paisajístico y de espacio público, así como también afecta el hábitat de especies animales y vegetales que tienen presencia en los ecosistemas de la ciudad (Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2020).

Por este motivo, las empresas del sector de la construcción deben asumir una posición de responsabilidad ambiental. Esta debe ser transversal a todas las actividades que busquen disminuir el deterioro ambiental, así como también debe pensarse en alternativas de aprovechamiento, entendiendo esto como el proceso por el cual se reincorporan los materiales de construcción convertidos en residuos al ciclo económico productivo de una manera eficiente (Gaitán, 2013).

La ausencia de gestión de RCD que aporte a la economía circular, mantiene el modelo de economía lineal, lo que propicia la demanda de extracción de recursos para la producción de insumos de construcción. Para Mejía, et al. (2021), los impactos ocasionados al entorno y al ambiente por parte de la industria de la construcción a causa de la extracción y transformación de materias incluyen aspectos como la transformación del paisaje, la alteración de flujos de aguas, la remoción de capa vegetal, la erosión del suelo y el aumento de partículas en suspensión en el aire.

En este sentido, las etapas constructivas se perfilan como idóneas puesto que se definen como aquellas fases en las cuales se desarrollan diferentes actividades del proceso constructivo y tienen como fin llevar a término un diseño previamente planificado (Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, D.C., 2015). Estas se dividen en tres:

Ilustración 1. Etapas constructivas.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- La demolición/deconstrucción: es un proceso en donde se derriba la estructura/construcción existente, y en el cual se producen variados residuos de acuerdo con las condiciones y tipo de estructura. La separación en la fuente de los residuos es una acción que se toma para permitir el reciclaje como materia prima para la fabricación de nuevos materiales y, de esta manera, reducir los volúmenes de residuos para disposición final. La Deconstrucción, por su parte, es un proceso que inicia con la valoración de la edificación para la recuperación y utilización de elementos. Esta, a diferencia de la demolición, extrae de manera planeada los residuos sin mezclar.
- La excavación: se trata de un proceso de movimiento de tierras que se compone de la limpieza de la superficie del terreno denominada descapote. Se entiende también que es la modificación de las condiciones físicas del sitio de acuerdo con las condiciones del proyecto. Así, la composición de los residuos resultantes de este proceso es homogénea.
- La construcción: es el proceso más extenso de donde surgen múltiples tipos de residuos de acuerdo con las fases de construcción de estructura, obra gris, instalaciones, acabados y puesta en marcha. En esta etapa, al igual que en la Demolición/Deconstrucción, los residuos son variados de acuerdo con la actividad que se ejecute, por lo cual, la separación, valoración, recuperación y reciclaje son medidas indispensables para la disminución de los volúmenes de RCD para la disposición final.

Según la clasificación hecha por la Secretaría de Ambiente de Bogotá, los residuos generados en obra se organizan en dos categorías, aprovechables y no aprovechables, y ocho grupos desplegados de estas categorías. Los primeros, los aprovechables, se dividen en comunes inertes mezclados (pétreos), comunes inertes de material fino (finos no expansivos y finos expansivos), comunes no inertes (no pétreos), metálicos y orgánicos (pedones y cespiones). Los no aprovechables, que son los residuos contaminantes, se dividen en residuos peligrosos, residuos especiales y los residuos contaminados (Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, D.C., 2015).

- Categoría A. RCD Aprovechables.
 - Grupo I. Residuos Mezclados, de origen pétreo como, concreto, ladrillo, arenas, cerámicas y fragmentos de roca.
 - Grupo II. Residuos de material Fino.
 1. Residuo no expansivo como, limos y residuos inertes, poco plásticos.
 2. Residuo fino no expansivo, como lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos.
 - Grupo III. Otros Residuos.
 1. Residuos no pétreos como, plástico, PVC, maderas, vidrios y cauchos.
 2. Residuos de carácter metálico como acero, hierro, cobre, aluminio.
 3. Residuos Orgánicos de pedones como residuos de tierra negra.
 4. Residuos de cespiones como residuos vegetales y otras especies bióticas.
- Categoría B. RCD No Aprovechables.
 - Grupo IV. Residuos peligrosos como residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, desechos de productos químicos, emulsiones, pinturas, disolventes, resinas, aceites, asbesto, plomo, cenizas volantes.
 - Grupo V. Residuos especiales como poliestireno, cartón yeso.
 - Grupo VI. Residuos contaminados con otros residuos.

1. Residuos contaminados con residuos peligrosos que son materiales pertenecientes a algún grupo establecido y esté mezclado con algún tipo de residuo peligros.
 2. No definida, que son residuos contaminados con otros residuos que hayan perdido las características propias para su aprovechamiento.
- Grupo VII. Otros residuos. Son residuos que por requisitos técnicos no es permitida su reutilización.

La gestión de los RCD es determinada según los tipos de residuos, ya que no todos son objeto de un mismo tratamiento, sino que dependen de su naturaleza. Teniendo en cuenta esto, la gestión de RCD se enmarca en la gestión ambiental, precisamente porque resulta pertinente, además de lógico, que los RCD sean variados y de esa manera se deba escoger adecuadamente el tratamiento de cada material extraído. Ahora, la gestión ambiental es pertinente en ese sentido, porque se trata del conjunto de procedimientos administrativos que establecen tanto metas, planificación y asignación de recursos, así como la aplicación de mecanismos jurídicos, entre otros elementos. Estos buscan orientar las actividades humanas que influyen directamente sobre el medio ambiente y que pueden afectarlo.

La gestión, entonces, es entendida como un conjunto de sistemas, planes, acciones y herramientas que permiten el logro de un objetivo establecido. En el caso particular de la gestión de RCD, se plantea un manejo integral que registre el camino definido para el residuo desde que fue generado hasta la disposición final y, de esta manera, promover la recuperación, reutilización, reciclaje, tratamiento, en busca de la disminución del impacto ambiental.

Ahora, la Reducción, Reutilización y Reciclaje, conocidas ampliamente como 3Rs, son fundamentales en el proceso para la gestión de RCD. Estas acciones están directamente asociadas a los procesos de separación en la fuente, los cuales permiten valorar y separar los residuos de manera directa y sencilla. Con esto se puede desechar cualquier tipo de residuo debido a la contaminación causada por agentes externos. Además, la separación en la fuente evita la necesidad de recurrir a la disposición final como resultado (Arévalo, 2021).

La Reducción, tiene como finalidad disminuir el consumo de materias primas, agua y bienes de consumo, además de controlar niveles como el aporte de CO₂ a la atmósfera y el consumo de energía. Por ello, la Reducción se puede establecer en dos niveles:

- Reducción del consumo de bienes o producto.
- Reducción de consumo de energía.

Por otra parte, Reutilizar hace referencia a extender la vida útil de un producto en busca de maximizar su uso específico y con el fin de evitar convertirlo en residuo. Para esto es importante contar con una mirada objetiva sobre las maneras de reincorporar elementos, de manera que el consumo de materias primas sea racionalizado (Arévalo, 2021).

Por su parte, Reciclar busca rescatar lo posible de un material que ya no tiene una función inmediata y, por medio de su transformación, crear un nuevo producto. Esta acción permite reincorporar la materia prima al ciclo de los materiales sin necesidad de aumentar el volumen de residuos. Reciclar debe convertirse en una acción recurrente, de manera que se logre un equilibrio entre lo que se produce, consume y desecha, logrando, de este modo, que se disminuyan los volúmenes de residuos que deben ser transportados a disposición final sin ningún tipo de valoración (Arévalo, 2021).

Precisamente por lo anterior, la incorporación de las 3Rs como acciones puntuales dentro de los planes de gestión de RCD durante el desarrollo de la fase de construcción de proyectos civiles e infraestructura, incorpora beneficios de sostenibilidad en los que se pueden destacar:

- Prevención del aumento de la afectación al entorno natural y, en consecuencia, de la disminución de la necesidad de explotación de recursos naturales para la producción de materiales o materias primas.
- Valoración de RCD para proceso de reutilización y reciclaje.
- Incentivar la innovación tecnológica para la creación de plantas de tratamiento y producción industrializada de nuevos materiales e insumos a partir de RCD.

- Aumentar los porcentajes de aprovechamiento de RCD para que de esta manera se disminuyan los volúmenes de residuos para disposición final.
- Mitigación de impactos ambientales por disminución de emisión de gases efecto invernadero y conservación del entorno natural.

Por otra parte, el conjunto de sistemas, planes, acciones y herramientas que componen un proceso de gestión, en el caso particular de RCD, requieren identificar los roles de actores que se encuentran involucrados dentro de la cadena de generación de residuos en la fase de construcción. De este modo, asignar responsabilidades sobre pasos específicos es importante, ya que permite controlar, medir y llevar registro e indicadores con el fin de que se puedan identificar mejoras que aporten a la gestión de los RCD.

Adicionalmente, para completar el ciclo de la gestión de RCD es indispensable tener a disposición centros de tratamiento de RCD que realicen procesos de transformación y disposición final de los residuos separados en la fuente. Tan solo por mencionar algunos de estos centros se pueden señalar los siguientes:

Plantas fijas de Clasificación y reciclaje.

consisten en instalaciones con maquinarias y equipos que permiten clasificar los residuos mezclados de la construcción y que no se encuentran separados.

Ilustración 2 Planta fija de Clasificación y Reciclaje RCD.

Tomado de: <http://www.cogersa.es/metaspaces/portal/14498/19177>

Plantas de transferencia RCD.

como las instalaciones propias de zonas de baja generación de residuos que se destinan a la recepción de pequeñas cantidades de escombros.

Ilustración 3 Planta de transferencia RCD.

Imagen tomada de:

<http://www.cogersa.es/metaspaces/portal/14498/19259-estaciones-de-transferencia>

Equipos móviles de reciclados en obra.

En los casos en que las obras exigen un reciclado en el mismo sitio, para lo cual se usan plantas de trituración y cribado.

Ilustración 4 Equipos móviles de reciclados en obra.

Imagen tomada de:

<http://www.cogersa.es/metaspaces/portal/14498/19177-planta-movil>

Sitios de disposición final o vertederos de RCD.

Las instalaciones que permiten la eliminación de los residuos por medio de vertederos inertes, previa separación y tratamiento.

Ilustración 5 Sitios de disposición final o vertederos de RCD.

Imagen tomada de: <http://cache.metaspacesportal.com/24467.jpg>

De acuerdo con todo lo anterior, es fundamental, dentro de la gestión de RCD, la vigilancia y control efectivo por parte de las autoridades Nacionales y/o Distritales. No solo basta identificar el proceso de RCD, su tipología y además los actores participantes involucrados, también es necesario que el conjunto de entidades y empresas que se relacionan con este tipo de actividades trabajen de manera conjunta para garantizar un manejo adecuado de este tipo de residuos en la ciudad.

Además, junto con lo anteriormente mencionado, dentro de la conceptualización de gestión de residuos y en el caso particular de RCD, es imperativo que se reflexione profundamente sobre la manera en que se aborda la problemática de los residuos como un hecho inherente a la industria de la construcción. Por ello, como primer paso a realizar, la prevención de la generación de RCD debe ser incorporada en las fases tempranas del proyecto, en donde las validaciones de variables sirven de apoyo para los procesos de diseño, coordinación y planeación a partir de modelos de información geométrica y no geométrica, con ayuda de herramientas digitales enfocadas a la industria de la construcción.

“El mejor residuo es el que no se produce – Óscar Martín”.²

² Rodríguez, J. (03 de julio de 2017). *Energías renovables: cambiar para que nada cambie*. Obtenido de Forbes España: <https://forbes.es/empresas/11252/energias-renovables-cambiar-para-que-nada-cambie/>

2.2. Marco normativo de los RCD a nivel nacional y distrital

Los antecedentes normativos, en relación con el tema de estudio, pueden establecerse a partir de la Ley 23 de 1973, por medio de la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de recursos naturales y de protección al medio ambiente. Si bien es un punto de partida en la medida que establece principios básicos para la protección ambiental a la ciudadanía en general, se torna aún prematuro e incipiente en materia de consolidación de la metodología para el manejo de residuos en general.

Posteriormente, el 18 de diciembre de 1974, con el Decreto Ley 2811 del mismo año, el presidente de la república dictó el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En esta normativa se consignaron las primeras aproximaciones que propenden a garantizar la protección ambiental. Para ello, en su artículo 3, establecía la regulación de, por un lado, el manejo de recursos naturales renovables y, en el literal c, menciona que se garantiza la regulación por ley de “Los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en él denominados en este Código elementos ambientales, como: Los residuos, basuras, desechos y desperdicios”. Así mismo, la política define como un factor que deteriora al ambiente la acumulación o la disposición impropia de residuos, basuras, desechos o desperdicios.

Particularmente, el Decreto Ley 2811 de 1974 establece, en su Parte V, Título III, un apartado destinado explícitamente al tema de “Residuos, Basuras, Desechos y Desperdicios”, sección en la que, por ley, se establece que deben aplicarse los mejores métodos de acuerdo con los avances tecnológicos de la ciencia para establecer su recolección, tratamiento, procesamiento y disposición final de este tipo de residuos. A su vez, reconoce que la normativa fomentará investigación científica y técnica con el fin de desarrollar los métodos adecuados en función de la defensa del ambiente, del hombre y de los demás seres vivos.

De igual forma, introduce dos elementos fundamentales. Uno, en su artículo 35, el cual prohíbe la descarga sin autorización de cualquier tipo de residuos que afecten el medio ambiente o genere molestias a la sociedad en general. Otro, en el artículo 36, que

establece que es preferible el procesamiento y disposición final de residuos en la medida en que eviten el deterioro del ambiente y del humano, que se puedan reutilizar sus componentes, y que se logren producir nuevos bienes o, bien, que permita la restauración o mejora de los suelos. De la misma forma, establece que, dependiendo del volumen o de la calidad de los residuos, se puede imponer a quien produce dichos residuos la obligación de recolectarlos y tratarlos para su adecuada disposición.

Pese a que el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio Ambiente avanzó de manera importante en la especificidad normativa que buscaba garantizar la aplicación adecuada de metodologías para la disposición de diferentes elementos, el mismo campo que intentaba abarcar es tan amplio que presentaba dificultades al determinar y limitar las características especiales para cada sección del código. Sin embargo, es posible evidenciar que la disposición de residuos ha sido un tema que se tiene en cuenta, por lo menos, desde el comienzo de los años 70's con estas políticas públicas.

A finales de la década de los 70, se alcanza, aún más, un nivel de detalle que permite desarrollar, de una forma más específica, algunos elementos normativos que permiten la construcción de un marco legal más sólido. Para ello, en 1979, con la Ley 9, se dictaron las medidas sanitarias que, al igual que las anteriores, tuvieron por objeto garantizar la protección del medio ambiente. Esta nueva Ley de Medidas Sanitarias va a detallar aún más la construcción de la arquitectura normativa que va a delimitar la regulación por parte del Estado para los diferentes procesos que afectan el medio ambiente.

El nivel de detalle de esta normativa de 1979 hace que se establezcan regulaciones particulares para diferentes tipos de agua (subterráneas, lluvias, de conductos etc.), así como una serie de regulación en áreas industriales, mecánicas, de transporte, edificaciones (domésticas, empresariales, plantas etc.), lo que logra una especificidad de aplicación mayor. Asimismo, establece normativamente las multas en casos que se violan las disposiciones consignadas por ley, las cuales pueden ser desde amonestaciones, multa sucesiva de hasta 10.000 SDML, decomiso de productos, suspensiones o cancelaciones de registro de licencias, así como el cierre de manera provisional o definitiva del establecimiento, la edificación o del servicio.

De la anterior contextualización normativa es posible identificar los primeros puntos de partida que van a permitir la consolidación a través del tiempo de conceptos, aplicaciones y mejoras que la misma política va generando para brindar una respuesta más adecuada de acuerdo con el momento temporal en que se desarrolla y a las necesidades del entorno. Siendo así, la trayectoria normativa derivada de las leyes anteriores conformó un conjunto de herramientas (decretos y leyes) que permitió desarrollar el aparato normativo y regulador que se vendría a desarrollar posteriormente en la década de los 90.

En relación con la regulación en el orden nacional en esta nueva etapa, como primer exponente normativo específico para la temática de RCD se puede identificar la Resolución 541 de 1994, que es la encargada de regular el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y la final disposición de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, demolición, remoción de la capa orgánica y movimiento de tierras en el suelo y subsuelo producto de la excavación.

Posteriormente, con el Decreto 948 de 1995, y teniendo en cuenta el aparato normativo desarrollado desde los años 70 en relación al manejo y disposición de residuos, se establece en su artículo 22, particularmente para la construcción y demolición, que está prohibido depositar o almacenar en las vías públicas o en concesión para uso público cualquier material producto de una nueva construcción o de la demolición de un edificio o estructura, o también de cualquier desecho que pueda generar partículas que contaminen el aire. Asimismo, regula la operación relacionada a la construcción y demolición en su artículo 55 en términos de los horarios previstos en los cuales no es posible adelantar ninguna de estas tareas, lo que constituye un elemento fundamental para el desarrollo de la gestión dentro de la ejecución de los procesos de construcción y demolición.

En el año 2002, con el Decreto 1713 y en su artículo 44, se establece la recolección de escombros, en la que se señalan como responsables aquellos agentes productores de dichos materiales. Dichos agentes son quienes deben garantizar su transporte y disposición en escombreras autorizadas. Cabe resaltar que la normativa estableció que la responsabilidad de la ubicación del sitio de disposición para la gestión de RCD recae en el municipio o distrito, así como en las empresas prestadoras del servicio de aseo. Todo esto

se desarrolló dentro del programa denominado “*Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos*”, PGIRS.

Un poco después, cuando se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre con la Ley 769 de 2002, se reglamenta también el manejo de escombros en lo que tiene que ver con su transporte. Igualmente, delimita que, quien preste el servicio, será responsable por ese tipo de materiales y, a su vez, establece que la falla en este sentido será multada con cerca de 10 salarios mínimos legales mensuales vigentes (SMLMV), específicamente para los casos en donde el manejo de escombros y desechos de construcción no sea el más adecuado. Asimismo, establece que, en los casos donde se presenta daño en bienes de uso público, quien desempeña la labor debe efectuar la reparación.

Con el Decreto 4741 de 2005, se reglamenta de manera parcial la prevención y el manejo de residuos o desechos que son considerados como peligrosos generados en el marco de la gestión integral. La relevancia que toma esta normativa en relación con la disposición de RCD, radica en que introduce el elemento del manejo de gestión integral en el espacio normativo destinado a la regulación de estos procesos. De esta manera, propende por dar un manejo adecuado a estos procesos y continúa la línea del cuidado del bienestar comunal de la sociedad mediante la garantía de un ambiente bajo protección.

Ahora, la Ley 1259 de 2008, que se encarga de instaurar la aplicación de comparendo ambiental a quienes violen la norma vigente de aseo, limpieza y recolección de escombros, establece que son infracciones disponer de residuos sólidos y escombros en lugares públicos como colegios, centros de salud, entre otros tipos de bienes inmuebles; también lo son el arrojar estos elementos en cuerpo de agua o bosques; realizar quemas de estos materiales o transportarlos en vehículos no aptos para movilizar este tipo de elementos. En relación con la sanción impuesta, se generaron instrucciones de 4 horas con funcionarios. Para personas naturales se establece una multa de hasta 2 salarios SMMLV por cada infracción generada. En caso de que sea por parte de personas jurídicas, se establece una multa de hasta 20 SMMLV por cada infracción cometida y no puede ser menor a 5 SMMLV; lo cual también podría acarrear la cancelación del registro o la licencia de operación.

A nivel Nacional se encuentra el Decreto 2981 de 2013, emitido por la Presidencia de la República, el cual reglamenta la prestación del servicio público de aseo y establece, en su

artículo 45, que la recolección de RCD serán del generador, con sujeción a las normas que regulen la materia. Además, considera que es responsabilidad del municipio o del distrito coordinar con las personas que proporcionan el servicio público de aseo o con aquellos terceros sobre los cuales recae la responsabilidad de ejecución de estas actividades para acordar su remuneración y, así, garantizar la recolección, transporte y disposición final de los residuos. Sin embargo, es importante mencionar que la entidad territorial también tiene como responsabilidad ejecutar acciones que garanticen la clausura de sitios clandestinos de arrojado de RCD como vías, andenes, separadores y áreas públicas.

Mediante la Resolución 0472 de 2017, emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se adopta una serie de disposiciones para el fortalecimiento de la gestión integral de RCD, y se incorpora la promoción de la prevención y reducción de RCD por medio de acciones puntuales como la planeación y cuantificación precisa de materiales requeridos para la actividad de construcción, además de procesos de almacenamiento en el sitio que minimice pérdidas de material. También se establece desarrollar y presentar un programa de manejo ambiental ante las autoridades pertinentes, en donde indique las características generales del proyecto, así como las generalidades de los RCD a producir indicando los volúmenes y el destino de estos de acuerdo con los procesos de valoración de los residuos. Dichas autoridades están en la obligación de hacer control de los planes de gestión ambiental y proporcionar al público la información necesaria de los gestores de RCD para el tratamiento, recuperación, reciclaje y disposición final de los residuos.

Por último, con la Resolución 1257 de 2023, se modifican aspectos puntuales de la Resolución 0472 del 2017, y se incorporan, dentro de sus consideraciones, que se debe promover el aprovechamiento de los residuos y subproductos, así como su valoración, de manera que permita cerrar los ciclos de los materiales en pro de fortalecer la estrategia nacional de economía circular. Se modifican las obligaciones de los generadores y gestores a los departamentos, distritos, municipios y receptores de RCD, en donde se establecen procedimientos para hacer control periódico de generación y aprovechamiento de RCD.

Esta evidencia normativa que tiene un alcance nacional, demuestra el interés sistemático del Estado por la regulación de estas actividades de disposición de residuos, pues es claro que, aunque en el año 1973 se tornaba un poco amplia la delimitación y el alcance en

materia de políticas públicas, es posible percibir el nivel de desarrollo normativo que ha alcanzado el país en esta última década en la que, junto con la aplicación de nuevas tecnologías y nuevos procesos, se logra una mejor distribución de responsabilidades, lo que sin duda genera un impacto en el entorno normativo y práctico de la ley ya que permite, también, la sanción de personas naturales o jurídicas que no contribuyan a una correcta gestión del manejo de este tipo de residuos.

2.3 Referentes Nacional e Internacionales gestión RCD

Para complementar el actual manejo en Bogotá de la gestión de RCD, es importante analizar el panorama nacional en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, así como los panoramas internacionales de Chile y Ciudad de México, de modo que puedan ser un referente de comparación y de análisis, evidenciando las fortalezas y aprendizajes que se pueden generar del abordaje de otras legislaciones y sistemas de gestión.

2.3.1 Gestión de RCD área metropolitana del Valle de Aburra.

“El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es una entidad administrativa de derecho público que asocia a los 10 municipios que conforman el Valle de Aburrá: Medellín es la ciudad núcleo, alrededor de la cual están conurbados los municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Itagüí, Sabaneta, Envigado, La Estrella y Caldas”³

El marco normativo aplicable a la gestión de RCD en el área metropolitana del Valle de Aburrá está establecido dentro de la Resolución 0472 de 2017 del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones; y la Resolución 1257 de 2021, por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición – RCD y

³ Área Metropolitana Valle de Aburra. (s.f.). *Área Metropolitana Valle de Aburra*. Obtenido de Quiénes somos?: <https://www.metropol.gov.co/area/Paginas/somos/quienes-somos.aspx>

se adoptan otras disposiciones emitidas por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible de Colombia.

En estas resoluciones, dentro de su objetivo y ámbito de aplicación se establecen las directrices necesarias para la gestión de RCD aplicables a obras civiles, públicas y actividades de demolición, dentro de las cuales proponen las responsabilidades generales y de procesos para la correcta gestión de RCD. Esto, con el fin de formular planes de gestión que garanticen la disminución de los volúmenes de residuos que sean llevados a sitios de disposición final. Esta disminución debe de ser llevada por medio de procesos de clasificación, reutilización, recuperación y reciclaje, de manera que la industria de la construcción garantice un desarrollo sostenible y aporte a la economía circular y que, en consecuencia, permita minimizar el impacto ambiental ocasionado por la extracción de materias primas.

Particularmente, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá genera 10 mil toneladas de RCD por día, dentro de lo que estima que entre el 10 al 15% de estos residuos tienen el potencial de ser reciclados y utilizados para la creación de nuevos subproductos (Área Metropolitana Valle de Aburrá, s.f), para lo cual se ha decidido el desarrollo de una serie de guías que complementan las normas nacionales en busca de mejorar el desempeño de la gestión de RCD del área metropolitana.

Dentro de las guías elaboradas se encuentra la de Diseño de Edificaciones Sostenibles, en la cual se tratan la Materialidad Sostenible, Residuos Sólidos Urbanos, entre otros, y en donde el enfoque está dirigido a la formulación de la gestión de RCD desde los aspectos del diseño y procesos aplicables a los RCD.

Igualmente, dentro del aspecto de Materialidad Sostenible, se desarrollan los siguientes conceptos relevantes, que sirven como determinantes para las decisiones en las fases tempranas de desarrollo del proyecto y que permiten prevenir o reducir la generación de RCD durante el desarrollo de un proyecto en la fase de construcción:

Sistemas constructivos. La selección del sistema constructivo, por sí misma puede generar impactos negativos o positivos en indicadores de sostenibilidad como la energía incorporada, la huella de carbono y, por supuesto, la intensidad material.

Coordinación modular. Las decisiones que se toman a nivel de diseño arquitectónico también tienen incidencia sobre el consumo final de materiales, así como en la producción de residuos de construcción.

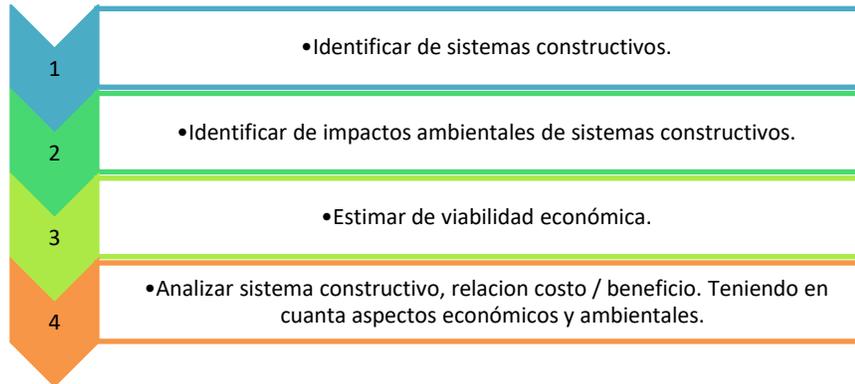
Perfil ambiental de los materiales y elementos constructivos. Indicadores de impacto que definen el perfil ambiental de un material o elemento de construcción. Todas las iniciativas emprendidas por los proveedores de materiales con el fin de disminuir los impactos ambientales derivados de su actividad contribuyen de manera directa con la sostenibilidad del producto y, por lo tanto, con la sostenibilidad del proyecto.

(...)

Deconstrucción. Uno de los principales impactos sociales, ambientales y económicos relacionados con la materialidad tiene que ver con el fin de la vida útil de las construcciones. Se plantea el concepto de deconstrucción como alternativa a la demolición, con el fin de disminuir la generación de RCD, al tiempo que se prolonga la vida útil de los elementos o materiales constructivos.⁴

La guía mencionada, a su vez, resalta la importancia de los sistemas constructivos en función de la sostenibilidad ambiental. Uno de los medios para lograr esa relación de manera equilibrada parte de la innovación en cuanto a nuevos sistemas constructivos que permita disminuir el impacto ambiental generado por la industria de la construcción, que a su vez está asociado, directamente, en la reducción de costos. Esto, por otra parte, aumenta la accesibilidad a la adquisición de vivienda.

⁴ Área Metropolitana Valle de Aburrá & Universidad Pontificia Bolivariana. (diciembre de 2015). *Guía para el diseño de edificaciones sostenibles*. Obtenido de https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf

Ilustración 6. Proceso selección sistema constructivo.

Fuente: Elaboración propia 2023. Tomado de Área Metropolitana Valle de Aburrá & Universidad Pontificia Bolivariana, 2015

Las consideraciones de selección de sistemas constructivos como aspecto multidisciplinario es un ejercicio que permite validar y justificar las decisiones en etapas tempranas del desarrollo del proyecto. Este proceso se puede trasladar a las consideraciones generales del proyecto previo a la iniciación de la fase de diseño, de manera que se tenga certeza que los objetivos técnicos, económicos y, no menos importantes, los ambientales, tengan una respuesta apropiada para lograr una construcción sostenible y responsable.

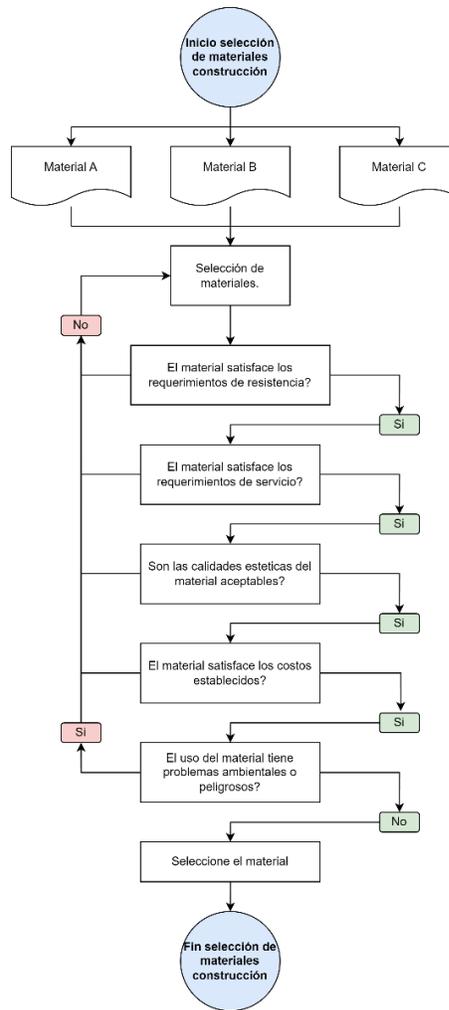
De la mano de la selección del sistema constructivo está la coordinación modular que, como se señala en el documento, la reducción de la generación de RCD en obra es uno de los objetivos de esta práctica durante el desarrollo de proyecto en fase de diseño. Así, la modulación dentro del proceso de diseño y construcción de edificaciones busca la coordinación de dimensiones en etapas tempranas del proyecto para que de esta manera se logre disminuir la demanda de insumos/materiales por m², así como la generación de RCD durante dicha fase.

Por otra parte, el diseño y la construcción modular permite, al finalizar el ciclo de vida de la edificación, brindar la posibilidad de deconstruir la edificación en vez de demolerla y, así, reducir la generación de RCD.

En cuanto al perfil ambiental de materiales y elementos “resulta necesario que los profesionales encargados de diseñar y construir las edificaciones utilicen materiales que en su proceso de elaboración hayan incorporado criterios ambientales, por lo tanto, que

sus industrias hagan un uso responsable de los recursos naturales del planeta.”⁵ Por lo tanto, es importante que para la selección de los materiales se tenga presente aspectos o criterios que permitan validar la pertinencia del uso de estos dentro del proyecto entre las alternativas que ofrece el mercado.

Ilustración 7. Proceso selección materiales de construcción.



Fuente: Elaboración propia 2023. Tomado de Área Metropolitana Valle de Aburrá & Universidad Pontificia Bolivariana, 2015

Ahora bien, la deconstrucción, de acuerdo con la guía para diseño de edificaciones sostenibles, se define como:

⁵ Ibidem

“tarea de desensamblar o desmontar gradualmente una edificación, con el fin de recuperar o rescatar sus componentes, parcial o totalmente, ara ser reusados o reciclados, y simultáneamente, reducir la cantidad de residuos que deben ser dispuestos en las escombreras.”

(...)

“La deconstrucción de una edificación puede ser parcial, como un proceso de pre-demolición, o total, reemplazando por completo a esta. El grado de deconstrucción dependerá de las particularidades de cada caso, y debe ser definido haciendo una cuidadosa evaluación de qué resultaría más beneficioso desde una perspectiva ambiental, social y económica, factores que están estrechamente relacionados con la materialidad de la edificación, la integridad estructural de los componentes y los materiales, el tiempo de vida útil de la edificación y sus dimensiones.”⁶

De esta manera, la práctica de la deconstrucción potencia la posibilidad del aprovechamiento de los RCD que se generan durante este proceso debido a que dentro de ella se hace una valoración general de la construcción existente, y plantear la mejor manera de hacer la gestión de los RCD, todo ello dirigido para iniciar procesos de recuperación, reutilización, reciclaje, tratamiento y disposición final.

Ahora, la deconstrucción de las edificaciones también esta intrínsecamente ligada a la manera en que se plantea desde su origen, por lo cual el documento incorpora el tema del Diseño para la Deconstrucción como vehículo de sostenibilidad. Este concepto abre el camino a un pensamiento enfocado a nuevas formas plantear el diseño, no solo en función de las determinantes al momento de proyectar, coordinar, planear y ejecutar una construcción, sino que además incorpora, dentro de las consideraciones, el cierre del ciclo de vida de la edificación, de forma que, al momento de la deconstrucción, los elementos que lo componen sean en buena medida recuperados y reutilizados para futuras construcciones.

⁶ Ibidem

Dentro de los lineamientos planteados se encuentran:

1. Materiales:

- Minimizar el uso de gran diversidad de tipos de materiales y el número de componentes.
- Cuando se haga necesario el uso de varios materiales o un gran número de componentes, prestar particular atención al tipo de junta que se definirá entre ellos.
- Defina materiales de construcción de alta calidad, de gran durabilidad y que conserven su valor en el tiempo.
- Evite al máximo el uso de materiales peligrosos o tóxicos, como aquellos a base de asbesto o que contienen plomo.
- Cuando su uso se haga necesario, considere implementar un sistema de identificación, como etiquetarlos, para localizarlos fácilmente e implementar las medidas de seguridad necesarias para su remoción al final de la vida útil de la edificación.

2. Ensamblajes:

- Usar el número de uniones que sea necesario y evitar el uso de aquellas que son permanentes o irreversibles, como adhesivos y pegamentos.
- En contraposición tratar de hacer uso de pernos, tornillos o uniones mecánicas y defina estas de tal forma que sean visibles y de fácil acceso.
- El diseño debe considerar permitir el acceso a los subsistemas de la edificación, como las redes, sin necesidad de dañar otros elementos del conjunto.
- La modularidad y la prefabricación pueden ayudar a promover el reúso a gran escala, pero los elementos deben estar dimensionados bajo condiciones que permitan este reúso.

3. Sistema Constructivo:

-
- Procurar al máximo que los sistemas y componentes estén desarticulados entre ellos y con relación a la estructura, de tal forma que, al presentarse la necesidad de remoción, cambio o reparación de uno de ellos, no se afecte a los demás, ni se incurra en daños físicos de la materialidad.
 - De la misma forma, el maximizar la claridad y simplicidad en el diseño y proporcionar información como dibujos y detalles constructivos, que permitan identificar y localizar los materiales y componentes y que definan las propiedades estructurales de la edificación, ayudará en la tarea de desmonte final de la edificación.”⁷

Por ende, facilitar la deconstrucción de las edificaciones no solo permitiría la recuperación de elementos para la reutilización y reciclaje, sino, también, una mayor flexibilidad y adaptación para la edificación al momento de ser modificado en su configuración espacial. Esta flexibilidad haría posible un menor impacto ambiental y menor generación de RCD.

2.3.2 Gestión RCD Chile

Conforme a la Norma Chilena NCh3562:2019, se establece que los RCD:

“proviene del desarrollo de proyectos nuevos, de la rehabilitación, reparación y reacondicionamiento de obras existente, de los procesos de reparación de terrenos y de la demolición de obras que han perdido su valor de uso.”

(...)

Los RCD se pueden gestionar para prevenir, reducir, valorizar, hacer una disposición final adecuada de ellos y asegurar una trazabilidad en su manejo. La gestión de los RCD tiene el objetivo de disminuir pérdidas económicas, además de impactos ambientales, sanitarios, y sociales por una disposición final en sitios no autorizados, lo que finalmente, se transforman en pasivos ambientales.”⁸

⁷ Ibidem

⁸ Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile. (12 de septiembre de 2019). *NCh3562:2019 Gestión de residuos - Residuos de construcción y demolición (RCD) - Clasificación y directrices para el plan de gestión.*

Ilustración 8. Jerarquía en el manejo de los residuos.



Fuente: Elaboración propia 2023. Tomado de Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile, 2019.

Dentro del planteamiento establecido para la gestión de RCD en Chile, el concepto de jerarquía en el manejo de residuos permite identificar que la principal acción de todo plan de gestión es minimizar los impactos ambientales que conlleva la disposición final de residuos, por lo tanto, es necesario partir de la prevención de generación de residuos. Esto se complementa con el concepto de valoración, compuesto por Reutilizar, Reciclar y Valoración energética, como búsqueda para disminuir la pérdida económica que supone la ausencia de la gestión de RCD, así como el impacto ambiental negativo que conlleva la disposición de residuos para el ambiente.

Los alcances de la norma refieren la manera que se clasifican los RCD, así como las consideraciones mínimas que debe contener un plan de gestión de RCD considerados como No Peligrosos, producidos por la industria de la construcción.

También, la norma NCh3562:2019 desarrolla tres grupos en donde organiza los términos y definiciones con obras de construcción, con residuos y con RCD, dentro de los cuales es pertinente resaltar los siguientes conceptos:

“Términos relacionados con obras de construcción y demolición.

- *Material de Excavación. Material correspondiente a tierra, piedras, rocas, toscas de cerros, escarpes, capas vegetales material integral, generados en la excavación o perfilamiento del terreno de una obra de construcción o demolición.*
- *Obras de construcción. Actividad que consiste en: 1) La construcción, rehabilitación, reparación, reacondicionamiento o demolición de un bien inmueble, tal como obras de edificaciones habitacionales y no habitacionales, obras civiles y obras industriales. 2) La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo.*
- *Obras de demolición. Faenas de deconstrucción, remoción, desmantelamiento y/o deconstrucción, parcial o total, de una obra construida o de sus partes, mediante cualquier técnica o proceso que genere residuos.”*

(...)

Términos y definiciones relacionadas con residuos.

- *Jerarquía en el manejo de los residuos. Orden de preferencia de manejo de un residuo, que considera como primera alternativa la prevención en la generación de estos residuos, luego su reutilización, el reciclaje de estos o de uno o más de sus componentes y la valoración energética, de los residuos, total o parcial, dejando como última alternativa su disposición final.*
- *Manejo ambiental racional. Adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los residuos se manejen de manera tal que el medio ambiental y la salud e las personas queden protegidos contra los efectos perjudiciales que se pueden derivar de la inadecuada gestión de dichos residuos.*
- *Prevención. Conjunto de acciones y medidas que promuevan la optimización de los residuos y materias primas utilizadas en procesos de la industria de la construcción, el diseño o en la modificación de dichos procesos, teniendo como objetivo evitar la generación de residuos, la reducción de su cantidad y/o la peligrosidad de estos.*

(...)

- *Trazabilidad. Conjunto de procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer las cantidades, ubicación y trayectoria de un residuo, o lote de residuos a lo largo de la cadena de manejo.*
- *Valoración. Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar un residuo, uno o varios materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos. La valoración comprende la preparación para la reutilización, el reciclaje y la valoración energética.*
- *Valoración energética. Empleo de un residuo con la finalidad de aprovechar su poder calorífico.*

(...)

Términos relacionados con RCD.

- *Gestor de RCD. Persona natural o jurídica, que realiza cualquiera de las operaciones de gestión de RCD y que se encuentra autorizada y registrada en conformidad a la legislación vigente.*

(...)

- *Pretratamiento de RCD. Operaciones físicas previas a la valorización de RCD tales como: separación, desembalaje, compactación, empaque, trituración, entre otras, destinadas a reducir el volumen, facilitar su manipulación o potenciar su valorización.⁹*

Según esto, para las autoridades ambientales chilenas, la clasificación de los RCD está en función de su composición y su carácter de peligrosos y no peligrosos. Para el caso de los RCD no peligrosos, la norma incluye clasificaciones adicionales como lo son inertes y no inertes.

De esa manera, la clasificación de los RCD, adicional al carácter dado como peligrosos y no peligrosos, adiciona casillas en donde indica la tecnología de valoración, de manera

⁹ Ibidem

que permite informar si están disponible tanto las tecnologías aplicables para la valoración de los RCD, como las tecnologías que están disponibles en el territorio que tiene cobertura la norma, o si, por el contrario, están disponibles fuera del territorio, es decir, en otros países. Así, se permite la valoración de los RCD y se previene que estos lleguen a la instancia de ser eliminados sin ningún tipo de proceso de reciclaje.

A continuación, se presenta la tabla de clasificación y valoración de RCD con algunos ítems de acuerdo con su clasificación, composición, tecnologías de valoración, así como la fase y tipo de proyecto o faena.

Tabla 1. Clasificación y valoración de los RCD Chile.

Clasificación	RCD	Tecnología de valoración	Fase, Tipo de proyecto o faena.	
No Peligroso	Hormigón.	D	Demolición - Construcción	
	Ladrillos	D	Demolición - Construcción	
	Tejas y material cerámico	D	Demolición - Construcción	
	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y material cerámico.	ND	Demolición - Construcción	
	Inertes	Revestimientos y refractarios procedentes de procesos no metalúrgicos, distintos de los absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras.	ND	Demolición
		Madera libre de impregnación o de pintura	D	Demolición - Construcción
		Plásticos PVC	D	Demolición - Construcción
		Cobre, bronce, latón	D	Demolición - Construcción
		Hierro y acero no galvanizado	D	Demolición - Construcción
		Hierro y acero galvanizado	D	Demolición - Construcción
	No inertes	Estaño	D	Demolición - Construcción
		Metales mezclados y/o piezas con más de un metal	D	Demolición - Construcción
		Materiales de construcción a base de yeso	D	Demolición - Construcción
		Pinturas, tintas, adhesivos y resinas	ND	Demolición - Construcción
		Lodos de fosas sépticas	ND	Demolición - Construcción
Asimilables a domiciliarios	Envases metálicos	D	Construcción	
	Equipos eléctricos y electrónicos desechados	D	Demolición	
Peligrosos	Gasolina	Según manejo y procedimientos	Demolición - Construcción	
	Otros combustibles		Demolición - Construcción	

Envases que contiene restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellos	autorizados por institución competente	Demolición – Construcción
Equipos desechados que contienen clorofluorocarburos, HCFC, HFC		Demolición - Construcción
Materiales de construcción a base de yeso contaminados con sustancias peligrosas		Demolición - Construcción
Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas		Demolición - Construcción
D: Esta disponible o existe tecnología aplicable a su valoración.		
ND: No está disponible o se desconoce la existencia de tecnología aplicable a sus valores.		

Fuente: Elaboración propia, 2023. Tomado de Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile, 2019

El desarrollo del contenido de esta tabla de clasificación y valoración de los RCD proporciona la información necesaria para la gestión de los residuos que se generan por parte de la industria de la construcción en Chile. Adicional, es relevante, dentro de la misma, la identificación de los RCD en función de la fase dentro de un proyecto, así como las tecnologías disponibles para el tratamiento de los residuos para aumentar los volúmenes de RCD recuperados que, en consecuencia, permitan hacer que la industria de la construcción tenga un mayor nivel de responsabilidad ambiental.

Adicionalmente, dentro de la norma NCh3562:2019, se plantea para los planes de gestión de RCD el desarrollo de estrategias que permitan la medición a partir de indicadores y diferentes objetivos y metas, acompañados con acciones puntuales y responsables dentro de tiempos establecidos. A continuación, se presenta un ejemplo que incorpora la norma vigente de gestión de RCD en Chile.

Tabla 2. Objetivos y metas para un plan de gestión de RCD Chile.

No.	Objetivo	Meta	Indicador	Acciones	Plazos	Responsable
1	Implementar un registro con la cantidad de residuos generados en obra (m ³ y t)	Obtener un promedio de residuos generados en la obra (Por ejemplo, m ³)	Volúmenes de residuos destinados a reciclar y disposición final	Análisis de etapas respecto a la generación de tipo de residuo y su potencial de reciclaje y disposición final de RCD (Cuantificación)	Mensual	Encargado del Plan de Gestión De RCD
2	Optimizar el volumen de residuos asociados a la gestión de disposición final	Reducir en un volumen de 20% el volumen de residuos enviados a disposición final de RCD	m ³ reales v/s m ³ de línea base	Separar materiales que tengan potencial de reciclaje y gestionar su valoración, con el fin de disminuir el volumen.	Mensual	Encargado del Plan de Gestión De RCD, con el apoyo de la administración de la obra
3	Capacitar a trabajadores, profesionales y contratistas de los distintos niveles de la obra involucrados	Incorporar contenidos de la temática al plan de inducción de la obra	Cantidad de personas capacitadas en la temática	Realizar plan de capacitación con contenidos conforme a los distintos cargos y función dentro de la obra	Mensual	Encargado del Plan de Gestión de RCD, y encargado de capacitación, con el apoyo de la administración de la obra.

Fuente: Elaboración propia, 2023. Tomado de Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile, 2019

La importancia de incluir este tipo de cuadros permite mejorar la aplicación de la normativa ambiental de gestión para los residuos en razón a que orienta la aplicación a la planificación de acciones necesarias para el alcance de los objetivos planteados; también permite la mejora continua con la aplicación de indicadores orientados al seguimiento para toma de decisiones, al tiempo que establece la responsabilidad dirigida a roles específicos y, de esta manera, tener un liderazgo dentro de las organizaciones para la toma de acciones de acuerdo con los objetivos y métricas establecidas.

2.3.3 Gestión de RCD en Ciudad de México

Pasando a lo contenido en la norma ambiental NACDMX-007-RNAT-2019, es posible mencionar que en esta se establecen la clasificación y especificaciones de manejo integral para los residuos de construcción y demolición en la ciudad de México, su principal objetivo es el de:

“determinar la clasificación de los residuos de la construcción y demolición, establecer las especificaciones y requisitos técnicos para su manejo integral; establecer los requisitos complementarios que deberán observarse en la formulación de los Planes de Manejo de RCD; así como establecer su procedimiento para la evaluación de la conformidad.”¹⁰

Además, se determina que la cobertura de esta norma es de obligatorio cumplimiento dentro del territorio de la Ciudad de México, y aplica tanto para generadores de RCD clasificados como para personas físicas y morales del sector público y privado que intervengan en obras de construcción.

Dentro del documento se encuentra una serie de conceptos generales para la correcta interpretación y aplicación de la norma de gestión de RCD. También se pueden encontrar los siguientes conceptos relevantes para tener en cuenta, como aporte a la solución de la problemática de la gestión de RCD:

- **“Minimización.** - *El conjunto de medidas tendientes a evitar la generación de los residuos y aprovechar su valor tanto como sea posible, de aquellos cuya generación no sea posible evitar”.*

(...)

- **“Valorización o aprovechamiento del valor.** - *El conjunto de acciones cuyo objetivo es mantener a los materiales que los constituyen en los ciclos económicos o comerciales, mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reprocesamiento, reciclaje, tratamiento, co-procesamiento y recuperación de materiales secundarios”.*

(...)

- **“Responsabilidad compartida.** - *El principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la*

¹⁰ Secretaría del Medio Ambiente Ciudad de México. (20 de julio de 2021). *Gobierno Ciudad de México*. Obtenido de <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/gocdmx/gaceta-simple/norma-ambiental-para-la-ciudad-de-mexico-nacdmx-007-rnat-2019-que-establece-la-clasificacion-y-especificaciones-de-manejo-integral-para-los-residuos-de-la-construccion-y-demolicion-en-la-cdmx>

realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, reciclaje , y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de generadores, productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órganos de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.”¹¹

En cuanto a los generadores de RCD, se establece una categorización en función del volumen o masa según el tipo de material y de residuos generados durante su actividad. Los grandes generadores son aquellos que generan más de 80 m³ / año o por proyecto, y los pequeños generadores aquellos que generan entre 7 y 80m³ / año o por proyecto. Cualquiera que sea la clasificación de generadores de RCD, estos deberán contar un modelo de gestión de RCD que cumpla con las condiciones establecidas en la norma.

Contrariamente, para el caso de los micro generadores, aquellos que generan hasta 7m³ / año o por proyecto, no están en la obligación de contar con planes de gestión de RCD. Sin embargo, no están exentos de realizar los procesos de separación de los residuos y correcta gestión y disposición final, y deberán contar con la documentación necesaria en donde certifiquen que los RCD generados se hayan gestionado de acuerdo con la norma.

Por otra parte, la norma, además, incluye la información inicial para la clasificación de los RCD de acuerdo con los tipos de residuos en diferentes categorías, de manera que aclara la manera de separar los RCD generados en obra a medida que aparecen durante el desarrollo de los proyectos, esto, a su vez, permite al generador de RCD hacer la valorización para su aprovechamiento y posterior disposición final.

¹¹ Ibidem

Tabla 3. Clasificación de los RCD Ciudad De México.

Categorías	Residuos
A) Concreto simple	Concreto de elementos prefabricados Concreto de elementos estructurales y no estructurales Sobrantes de concreto (Sin elementos metálicos)
B) Concreto armado	Elementos de concreto armado prefabricados y colados en obra
C) Metales	Residuos metálicos como: - Acero de refuerzo - Metales ferrosos - Metales No ferrosos (Aluminio, Cobre, etc.)
D) Mampostería con recubrimiento	Residuos de mampostería y pétreos con recubrimiento y mortero de juntas, como: blocks, tabicones, adoquines, block cerámico, prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, tejas, etc.), muros de piedra braza, etc.
E) Pétreos	Materiales pétreos sin recubrimiento o sin juntas de mortero
F) Mezcla Asfáltica	Provenientes de bases asfálticas o negras.
G) Excavación	Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales
H) Elementos prefabricados con materiales mixtos	Paneles y sistemas prefabricados conformados por materiales mixtos (como panel de yeso, panel de tabla cemento y otros paneles en general)
I) Otros Residuos de Manejo especial generados en obra	Residuos con tratamiento y manejo especial, listados de manera enunciativa y no limitativamente: - Residuos de instalaciones eléctricas, residuos electrónicos, lámparas, balastras y baterías - Llantas - Textiles - Madera - Lodos bentoníticos - Unicel

Fuente: Elaboración propia, 2023. Tomado de Secretaría del Medio Ambiente Ciudad de México, 2021.

En función de la clasificación presentada en la tabla 3, establece la manera en que los residuos se deben separar, recolectar, transportar a los centros de acopio y transferencia. Este proceso permite especializar la manera en que se aprovechan los residuos para su correcto tratamiento por medio de plantas de recuperación de RCD según sea el tipo de residuo a gestionar.

En ese sentido, los centros de acopio, centros de transferencia y plantas de recuperación PR-RCD aportan a la gestión de los residuos generados por parte de la industria de la construcción, espacios propicios y especializados para iniciar la economía circular mitigando las afectaciones ambientales, así como valorizar los RCD para ser incorporados en la creación de nuevos materiales de una manera regulada que no ponga en riesgo la calidad y estabilidad de las construcciones y que, por tanto, no pongan en riesgo la vida humana y el entorno natural.

En consecuencia, se establece que los RCD pueden tener presencia dentro de materiales destinados para elementos no estructurales en porcentajes variables según sea su uso. A continuación, se exponen algunos ejemplos de acuerdo con la categoría de origen del agregado.

Tabla 4. Aprovechamiento de agregados reciclados en elementos no estructurales Ciudad De México.

Categoría Origen del agregado	Usos del agregado reciclado	Porcentaje mínimo de contenido de agregado reciclado	Porcentaje de uso en la obra o edificación
A) Concreto simple	Bases y sub-bases	100%	100%
B) Residuo de concreto armado	Bases Hidráulicas en caminos y estacionamientos	100%	100%
D) Residuos de mampostería o pétreos recubiertos	Bases y sub-bases.	100%	100%
	Construcción de terraplenes.	35%	100%
	Rellenos en cimentaciones.	35%	100%
	Relleno en jardineras.	35%	100%
E) Residuos pétreos	Concretos hidráulicos para la construcción de firmes, ciclo pistas, banquetas y guarniciones.	100%	100%
F) Asfálticos	Concretos asfálticos elaborados en caliente.	90%	100%
	Concretos asfálticos templados o tibios.	90%	100%
	Concretos asfálticos elaborados en frío.	90%	100%

Fuente: Elaboración propia, 2023. Tomado de Secretaría del Medio Ambiente Ciudad de México, 2021.

En cuanto a la disposición final de los RCD, tanto los generadores y las plantas de recuperación de RCD están en la obligación de demostrar que, de acuerdo con sus características propias, no son susceptibles de ser reciclados o aprovechados y, por lo tanto, deben ser entregados en sitios autorizados para su disposición final, esto deberá ser reportado ante las autoridades ambientales.

Como se ha evidenciado, esta acción de monitoreo, y de sistematización rigurosa, permite reducir los volúmenes de RCD destinados para disposición final, lo cual se convierte en un beneficio ambiental debido a que evita la recepción de volúmenes de material que conservan valor para procesos de reciclaje. Por otra parte, impulsa la economía circular en busca de maximizar la utilización de RCD para procesos de fabricación de nuevos insumos y materiales, evitando, con esto, la extracción de materias primas no renovables que directamente afectan el entorno.

Aun así, y de acuerdo con la clasificación de pequeños y grandes generadores de RCD, es indispensable presentar ante la secretaria de ambiente el documento de Plan de Manejo de RCD. Dentro del esquema que conforma este documento se referencian los siguientes puntos relevantes a efectos de la presente investigación.

“10.4.5. Diagnóstico.

10.2.6.1. Identificación y estimación de los residuos de la construcción y demolición: El generador deberá identificar los residuos a generar en las distintas etapas del proceso de construcción y/o demolición. Así como estimar las cantidades totales y por residuo (expresadas en toneladas por unidad de tiempo), así como la actividad que los genera y el manejo que se les dará (reusó, reciclaje, disposición final).

(...)

Si el generador encuentra conveniente reutilizar o reciclar parte de los residuos en la obra, deberá describir brevemente las características del equipo utilizado, capacidad, los procesos a seguir para reincorporar los agregados reciclados y su reuso, así como la cantidad y los procesos donde serán utilizados.

10.2.6.4. Destino de los residuos: Indicar la cantidad estimada de residuos que se enviará a cada uno de los distintos destinos autorizados, por ejemplo, centros de acopio, PR-RCD, estación de transferencia y/o centros de disposición final. Incluir la lista de los prestadores de servicios autorizados a quienes se les llevará el residuo, con dirección, nombre de la(s) persona(s) responsable(s), anexar contratos, autorizaciones ambientales vigentes, capacitaciones que tenga el personal en manejo de residuos y en caso de renovación notas, bitácora y/o facturas.

10.2.7. Evaluación del plan de manejo.

10.2.7.1. *Definir los indicadores por los cuales se medirán y compararán de forma cuantitativa los resultados del plan de manejo, en los que al menos se contemplen: el tipo de los RCD, cantidades, tiempo de generación, destino.*

(...)

10.4.5.2. Recolección y transporte.

10.4.5.3. *Destino de los residuos: Reportar la cantidad de residuos que se enviará a cada uno de los distintos, por ejemplo, centros de acopio, reciclaje, estación de transferencia y/o sitios de disposición final. Incluir la lista de las personas físicas o morales a quienes se les entregará el residuo, con dirección, nombre de la(s) persona(s) responsable(s), anexar contratos, autorizaciones ambientales vigentes, capacitaciones que tenga el personal en manejo de residuos y en caso de renovación notas, bitácora y/o facturas.¹²*

2.3.4 Conclusiones referentes nacional e internacionales

El trabajo de las autoridades ambientales de los países de las ciudades referentes reflejan el compromiso por la conservación ambiental dentro de su territorio, señalando la importancia de la gestión de los RCD como un práctica ambiental y económica favorable en búsqueda del desarrollo sostenible en la actividad de la construcción, destacando la particularidad de acuerdo con sus panoramas locales a partir de la identificación del problema y, de esta manera, establecer los lineamientos para la correcta gestión y aprovechamiento de los RCD.

Entendiendo el panorama local de cada referente es importante destacar también la manera en que se aborda la gestión de los RCD en el caso de Chile. Es de resaltar la categorización de los RCD en cada una de las fases de construcción, de esta manera se

¹² Ibidem

establece, de antemano, la generación de los residuos, y las prácticas que permitan la separación en la fuente para el correcto tratamiento.

Adicionalmente, dentro de la tabla de categorización, se informa al responsable de la generación de RCD la disponibilidad de tecnología para el tratamiento del tipo de residuo generado, así como también indica la ausencia de la tecnología para el tratamiento del residuo. Esto tiene como resultado brindar herramientas de soporte para la validación de la selección de materiales para la construcción de edificaciones y evitar la presencia de productos que al momento no tienen forma de tratar y que van a representar volúmenes de residuos que necesariamente deben ser llevados a sitios de disposición final.

Por otra parte, esta identificación de la ausencia de tecnologías demuestra la necesidad de incorporación de tecnologías e innovación para el tratamiento de los residuos que conservan un grado de valor para ser reciclados.

Por su parte, la Ciudad de México incorpora conceptos de clasificación de generadores de RCD en función del volumen de residuos de construcción que se generan por proyecto o en periodos anuales. Grandes, pequeños y micro generadores de RCD no están exentos de acatar y cumplir las ordenanzas establecidas dentro de la legislación vigente. La importancia de esto es el alcance de cobertura, de manera que es una responsabilidad general sin importar la magnitud de la obra de construcción que se ejecute.

El seguimiento a los RCD es una consideración clave, los reportes que se deben entregar a las autoridades ambientales permiten llevar la trazabilidad del destino de los RCD, de manera que aumenta el porcentaje del correcto tratamiento de los residuos para los casos en donde los materiales que no sean susceptibles de ser tratados; reportar y justificar la disposición final indirectamente le permite al constructor establecer la pertinencia del uso de materiales que representan un desafío para los procesos de reciclaje y optar por evitar el uso de estos en futuros proyectos, convirtiendo esto en lecciones aprendidas frente al tema de gestión de RCD.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, por su parte, ha desarrollado, dentro de sus políticas públicas de construcción sostenible, una serie de guías enfocadas a la sostenibilidad de la industria de la construcción, esto como aporte a la regulación existente

de la gestión de RCD para Colombia que se encuentra desarrollada en la Resolución 0472 de 2017 y la Resolución 1257 de 2021 promulgada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible.

Este tipo de guías complementarias a las normativas establecidas por parte de las autoridades nacionales y locales es una herramienta de gran valor, debido a que incluye conceptos, objetivos, procedimientos y acciones específicas que propician un cambio de pensamiento al momento de plantear un proyecto de construcción desde la etapa de diseño como aporte a la disminución de los impactos ambientales que se generan por parte de la industria de la construcción.

Tal como se ha evidenciado, las consideraciones durante la fase de diseño como lo son los procesos de selección de sistemas constructivos, materiales para la construcción, la modulación y el diseño enfocado a la deconstrucción al final del ciclo de vida de la edificación, son aspectos que tienen un alto impacto ambiental, puesto que permite la disminución del impacto ambiental no solo en la manera en que se gestiona los RCD, sino, también, cómo las edificaciones, al final de su ciclo de vida, pueden aportar recursos y elementos para la creación de nuevas construcciones reduciendo, con esto, la necesidad de incorporar nuevas materias primas.

No obstante, uno de los vacíos que se destacan en las normas, es la ausencia de mecanismos para la prevención de generación de RCD en etapas tempranas de los proyectos, entendiendo esto como el conjunto de acciones a implementar en la fase de diseño. Teniendo en cuenta que la digitalización del sector de la construcción actualmente tiene una mayor presencia a través de la metodología BIM, es importante destacar que ella permite, a partir de modelos tridimensionales, identificar las interferencias existentes entre los diseños que componen un proyecto, hacer simulaciones de construcción digital, verificar las modulaciones de materiales y el beneficio que esto trae a la industria de la construcción. Esto no solo repercute en la mayor cantidad de información precisa y la disminución de tiempos de ejecución por reprocesos, sino también la potencial prevención de generación de RCD por errores no advertidos durante la fase de diseño, coordinación y planeación.

2.4 Norma ISO 14001

La ISO 14001, es una norma internacional que establece los requisitos para la implementación de Sistema de Gestión Ambiental (en adelante SGA), en diversos sectores incluida la construcción. La norma busca proteger y reducir los impactos ambientales y responder a las necesidades socio económicas.

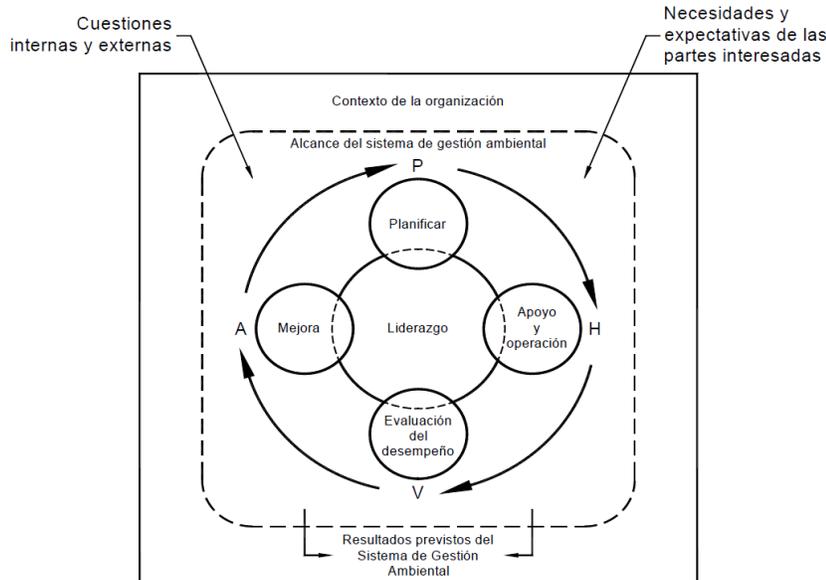
Esta norma es una herramienta que permite a las organizaciones identificar y controlar los impactos ambientales de sus actividades, productos o servicios, por medio de objetivos y metas ambientales para mejorar su desempeño ambiental. Al implementar un SGA que tiene como base la ISO 14001, las organizaciones pueden mejorar su eficiencia en el uso de los recursos, reducir los costos y cumplir con las expectativas de las partes interesadas en relación con la protección ambiental.

El SGA se basa en el concepto de Planificar, Hacer, Verificar, y Actuar (en adelante PHVC) y se compone de los siguientes pasos:

- **Planificar:** establecer los objetivos ambientales y los procesos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.
- **Hacer:** implementar los procesos según lo planificado.
- **Verificar:** hacer el seguimiento y medir los procesos respecto a la política ambiental, incluidos sus compromisos, objetivos ambientales y criterios operacionales, e informar de sus resultados.
- **Actuar:** emprender acciones para mejorar continuamente.”¹³

¹³ icontec internacional. (s.f.). *NTC-ISO 14001: 2015 (Segunda actualización)*.

Ilustración 9. Relación entre el modelo PHVA y el marco de referencia en ISO 14001.



Fuente: Tomado NTC ISO 14001 Segunda edición. ICONTEC 2015.

Asociando el modelo PHVA a la Gestión de RCD, se puede establecer que la Planificación y metas específicas permite, en etapas tempranas y previas a la construcción, la identificación de los residuos. En cuanto al concepto Hacer, comprende la categorización de los RCD para determinar las acciones de prevención y reducción de RCD, así como también la optimización del uso de materiales desde las etapas de las Fases de Diseño, Coordinación y Planeación. Durante la Fase de Construcción establece procesos de reutilización, reciclaje y disposición final.

En cuanto a Verificar dentro de la Gestión de RCD, en esta etapa se debe realizar seguimiento y evaluación de los aspectos desde la Fase de Diseño hasta la Fase de Construcción, de manera que sea posible medir y comparar los procesos de generación de información para la Fase de Construcción. También considera las variaciones de generación de RCD previstas en la Fase de Diseño, Coordinación y Planeación durante la ejecución del proyecto, esto, con el fin de analizar e identificar los procesos y establecer medidas de acciones correctivas durante la construcción.

Por último, en Actuar, como proceso de mejora continua dentro de la organización en las etapas tempranas del proyecto, se deben analizar e identificar las áreas de mejora de los procesos establecidos en busca de alcanzar mayores indicadores de eficiencia de la generación de RCD que permita, cuando sea posible, lograr el Cero Desperdicio o la prevención y reducción de residuos a lo largo de todo el proceso, esto hará parte de las lecciones aprendidas para futuros proyectos.

2.5 Norma ISO 14040

“El Análisis de Ciclo de Vida trata de los aspectos e impactos ambientales potenciales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, utilización y tratamiento final, reciclado hasta su disposición final.”¹⁴

La norma ISO 14040 dentro de su contenido establece los principios y marcos de referencia para llevar a cabo la evaluación del ACV. Ella establece los siguientes objetivos:

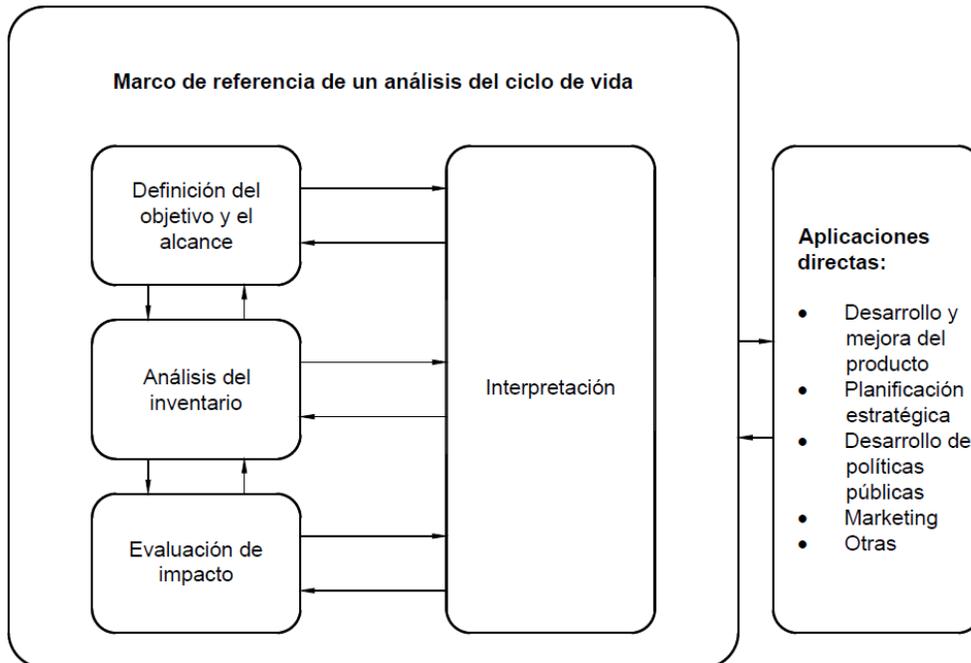
- Proporcionar una metodología estandarizada para evaluar el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales de un producto o servicio desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final.
- Proporcionar información base para la toma de decisiones en la selección de materias primas y productos a partir de su desempeño ambiental.
- Facilitar la comparación de productos y servicios similares a partir de los impactos ambientales asociados a estos, desde su producción hasta la disposición final.
- Promover la transparencia y comunicación en el momento de realizar los ACV y la gestión ambiental.

Sobre esto anterior, cabe resaltar que los alcances del ACV los puede determinar la organización, estos deben estar claramente definidos y puede incluir o excluir ciertas etapas del ACV del producto, como pueden ser la extracción de materias primas, producción, transporte, usos, y disposición final.

¹⁴ ICONTEC. (2007). *NTC-ISO 14040 : 2006 (Segunda actualización)*.

Los resultados del ACV brindan la información necesaria sobre el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida, estos resultados pueden incluir datos relevantes en cuanto a consumo de recursos naturales, generación de residuos, impactos ambientales, entre otros.

Ilustración 10. Etapas de un Análisis del Ciclo de Vida.



Fuente: Tomado de NTC ISO 14040 Segunda edición. ICONTEC, 2007.

Así mismo, el ACV para la gestión de RCD es una herramienta aplicable en etapas tempranas del proyecto, de manera que aporte a la selección estratégica de materiales. Esto permite determinar el impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida, y permite facilitar la selección de materiales que sean más sostenibles. También, posibilita la reducción de aquellos materiales que representen un mayor impacto ambiental para, de esta manera, plantear un uso más eficiente en procura de lograr una mayor eficiencia de los RCD.

Por último, en cuanto a la aplicación de la ISO 14040 para la gestión de RCD como parte del proceso de mejora continua, se debe contar con una visión integral de los impactos

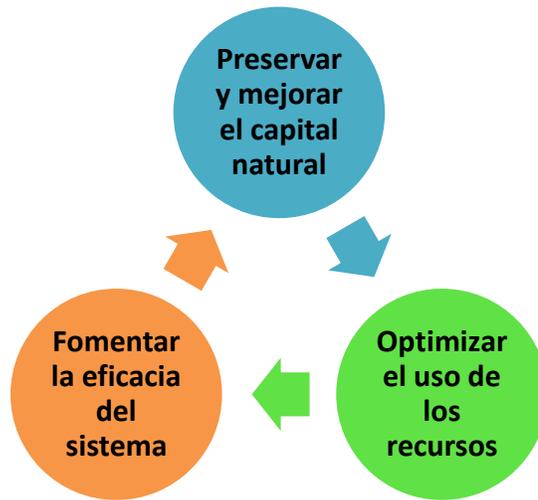
ambientales dentro de los procesos de gestión de los RCD, de manera que sea posible aumentar el conocimiento de las organizaciones no solo frente al ciclo de vida de los materiales, sino también dentro de los procesos constructivos mediante la implementación de tecnologías en cuanto a tratamiento de los RCD, tal que propicien la economía circular dentro de la industria de la construcción.

2.6 Economía Circular

“El concepto de economía circular se presenta como una alternativa y un modelo económico disruptivo a la economía lineal o tradicional, en donde, se busca tener un impacto neutro en el medio ambiente mediante un pensamiento cíclico en el modelo de producción, consumo y disposición final. Con esto se logra extender la permanencia de las materias primas en los procesos productivos y que los productos extiendan su vida útil al máximo. La energía remanente de las materias primas y productos puede ser utilizada hasta agotar su valor económico, permitiendo la restauración de los ecosistemas.”¹⁵

La economía circular es intrínsecamente reconstituyente y regenerativa. El objetivo principal de esta es mantener los productos y materiales en un uso máximo de manera que permita establecer un ciclo de desarrollo continuo y positivo para lograr la preservación del capital natural, optimizando los rendimientos de los recursos y minimizando las afectaciones ambientales por la necesidad de extracción de recursos naturales considerados finitos (Cerdá & Khalilova, 2016).

¹⁵ Giraldo Bermúdez, J. (2020). *Desarrollo del primer borrador de una norma técnica para implementar el concepto de economía circular en Colombia*. Obtenido de <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/9cf30328-e3d9-48fb-8fb9-3257411aaa9e>

Ilustración 11. Principios de la economía circular

Fuente: Elaboración propia, tomado de Fundación Ellen MacArthur.

Este concepto de economía se basa en tres principios claves interdependientes, estos principios son:

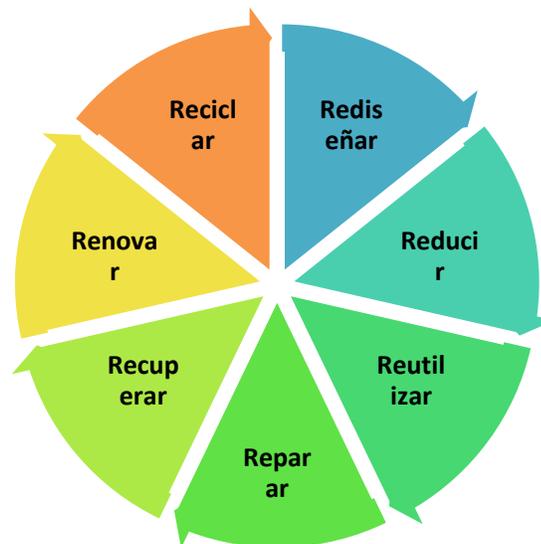
- **“Principio 1. Preservar y aumentar el capital natural**, controlando los stocks finitos y equilibrando los flujos de recursos renovables. Cuando se necesitan recursos, el sistema circular los selecciona sabiamente y elige tecnologías y procesos que utilizan recursos renovables o del más alto rendimiento, siempre que sea posible. Una economía circular también aumenta el capital natural fomentando flujos de nutrientes en el sistema y creando las condiciones para la regeneración del suelo.
- **Principio 2. Optimizar el rendimiento de los recursos**, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, en los ciclos técnico y biológico. Lo expresado anteriormente significa diseñar para reelaborar, renovar y reciclar para mantener circulando en la economía los materiales y componentes, y contribuyendo a la misma. Los sistemas circulares utilizan bucles internos más ajustados siempre que sea posible (es decir, mantenimiento mejor que reciclaje), preservando la energía incorporada, así como otros valores. Estos sistemas

procuran extender más la vida del producto y optimizar la reutilización. El hecho de compartir incrementa la utilización del producto.

- **Principio 3. Promover la efectividad del sistema**, haciendo patentes y proyectando eliminar las externalidades negativas. Ello incluye reducir el daño causado a sistemas y áreas que afectan a las personas, tales como alimentos, movilidad, casas, educación, sanidad o entretenimiento, y gestionar externalidades tales como la contaminación del aire, el agua, la tierra, y el ruido, las emisiones de sustancias tóxicas y el cambio climático.”¹⁶

Para lograr prolongar el tiempo de vida de las materias primas dentro del marco de la economía circular, se integran el concepto de las 7Rs. Estas representan una serie de acciones que, en conjunto, promueven la maximización de los recursos. Las 7Rs son pueden verse reflejadas en la siguiente ilustración.

Ilustración 12. Concepto 7Rs Economía circular.



Fuente: Elaboración propia

¹⁶ Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 11-20.

- **Rediseñar:** implica la forma en que se debe repensar los diseños de productos en busca de durabilidad, fácil reparación y fácil desmontaje cuando estos cumplan su ciclo de vida. La incorporación de este concepto se optimiza el uso de los recursos para la prevención de generación de residuos.
- **Reducir:** consiste en minimizar el consumo de a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida de los productos, esto implica incorporar prácticas eficientes de materias primas, la fabricación, distribución y el uso de los productos. La reducción de consumo de materias primas trae como beneficio la disminución de los impactos ambientales.
- **Reutilizar:** busca brindar segunda vida a los productos o componentes antes de llegar a disposición final, prolongar la vida útil y evitar la necesidad de producir nuevos de elementos u objetos, la reutilización promueve la economía circular.
- **Reparar:** se centra en corregir productos dañados o defectuosos en lugar de ser descartados de manera prematura que evite la adquisición de materias primas nuevas.
- **Recuperar:** se enfoca en la obtención de residuos y recursos al llegar al final de su ciclo de vida de materiales y productos, esto permite la reincorporación de los residuos en el ciclo de producción. Para esto es necesario plantear estrategias para recuperación, selección y clasificación en la fuente de los residuos, convirtiendo a estos en materias primas para la producción de nuevas materias primas, de esta manera se reduce la necesidad de extracción de nuevos recursos naturales alargando el ciclo de vida de los materiales durante el mayor tiempo posible.
- **Renovar:** se concentra en la revitalización y remanufactura de productos para restaurar su funcionalidad y calidad, equiparándolos a productos nuevos. Esta acción permite extender su vida útil lo que, en consecuencia, reduce la necesidad de producir nuevos productos.
- **Reciclar:** es el proceso de transformación de los residuos en nuevas materias primas o productos, se utiliza cuando las acciones de reducción, reutilización no son posibles. Es la acción más importante en el conjunto de

la economía circular. Esta acción evita la dependencia de la fabricación de materia primas y productos nuevos.

Según lo anterior y entendiendo que la economía circular busca extender la permanencia de las materias primas en los procesos productivos, la Gestión de RCD adquiere gran relevancia, teniendo en cuenta que los residuos generados por la actividad de la construcción representan una fuente de insumos para la producción de nuevos materiales a partir de los procesos de la Reutilización, Recuperación y Reciclaje.

Por otra parte, y más particularmente, el concepto de Rediseñar dentro de la industria de la construcción implica el uso racional de los productos y materias primas a partir de la modulación y, de esta manera, reducir la generación de RCD. Sin embargo, en conjunto, estas acciones promueven la economía circular, reducen la generación de RCD y la disposición final de residuos y, así, previenen los impactos ambientales relacionados por la actividad de la construcción.

2.7 BIM en Colombia y los RCD

“El Modelado de información para la construcción (BIM) es el proceso holístico de creación y administración de la información de un activo construido. Basado en un modelo inteligente e impulsado por una plataforma en la nube, BIM integra datos estructurados y multidisciplinarios para generar una representación digital de un activo durante todo su ciclo de vida, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y las operaciones.”¹⁷

El desarrollo de un proyecto de construcción civil o de infraestructura implica la participación de múltiples participantes, por lo cual es altamente probable que aparezcan errores de coordinación en los proyectos. Estos errores únicamente pueden ser corregidos durante la construcción, provocando variaciones en los diseños e incremento en los

¹⁷ Autodesk. (s.f). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM MODELADO DE INFORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de [https://www.autodesk.mx/solutions/bim#:~:text=El%20Modelado%20de%20informaci%C3%B3n%20para%20la%20construcci%C3%B3n%20\(BIM\)%20es%20el,informaci%C3%B3n%20de%20un%20activo%20construido](https://www.autodesk.mx/solutions/bim#:~:text=El%20Modelado%20de%20informaci%C3%B3n%20para%20la%20construcci%C3%B3n%20(BIM)%20es%20el,informaci%C3%B3n%20de%20un%20activo%20construido).

volúmenes de generación de RCD durante esta fase. Una ventaja distintiva del uso BIM en el desarrollo de proyectos es la capacidad de visualización 3D, que ayuda a determinar y ubicar a los diseñadores los errores, colisiones e interferencias en el diseño. Desarrollar procesos de validación de diseño con el uso de herramientas BIM para la detección y reducción de errores en la fase de diseño, pueden prevenir la generación de RCD entre el 4% y 15% durante la fase de construcción (Clyde, 2020).

Para el caso de Colombia, se tiene planteado la implementación de esta metodología en el desarrollo de proyectos en donde se tenga una participación del gobierno nacional, y en donde se plantea que durante los años 2020 y 2021 las organizaciones de índole nacional promuevan estrategias organizativas que permitan la implementación de esta metodología de tal forma que el porcentaje de proyectos que se desarrollen por las organizaciones nacionales incremente el requerimiento de uso de BIM gradualmente, partiendo de entre un 10% y 25% en el 2022, 2023 entre el 35% y 50%, 60% y 75% para el 2024 y, finalmente, en el 2025 tener un porcentaje de uso del 85% a 100%. Todo esto para que en el 2026 se convierta en un mandato a nivel nacional (Departamento Nacional de Planeación, 2020).

Como muestra de lo anterior, dentro del caso de Colombia, la Resolución 0441 de 2020 del Ministerio de Vivienda tiene como objetivo fijar lineamientos para los trámites correspondientes para la expedición de licencia de construcción de obra nueva gracias al empleo de medios electrónicos (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia, 2020), lo cual confirma el interés por parte del país para darle cumplimiento de los objetivos propuestos.

el logro de este cometido resulta verdaderamente importante. Pese a ello, se aclara que es optativo el uso de los medios electrónicos, y que la entrega de la información para el trámite para la expedición de licencias de construcción de obra nueva *“podrá hacer uso de la metodología BIM, haciendo entrega de un modelo de información del proyecto en formato Industry Foundation Classes -IFC- de tal manera que permita la interacción desde y hacia cualquier software BIM.”*¹⁸

¹⁸ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia. (01 de septiembre de 2020). *Resolución 0441*. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0441-2020>

Es de resaltar que la Resolución 0441 de 2020 en el Artículo 14 – Vigencia, estableció la fecha de caducidad de este documento para el 31 de diciembre de 2021, teniendo en cuenta la tendencia a nivel mundial hacia la digitalización de la industria. La ausencia de normativa a nivel nacional que fomente el uso de herramientas digitales para los procesos industriales y para el caso particular de la construcción, es un vacío a cubrir por parte de las autoridades nacionales, no solo para gestionar trámites ante las entidades gubernamentales, sino, también, para una mejorar la gestión de la construcción en cuanto al control de procesos, y la mitigación de impactos ambientales negativos, esto último por medio de la racionalización del uso de insumos y de la prevención de reprocesos que directamente representa la disminución de generación de RCD en las obras.

Por su parte, la Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL-, con el fin de impulsar la transformación digital de la construcción, señala que:

“la transformación de procesos a través del uso de nuevas tecnologías, pues existe evidencia de que implementando mejores prácticas a nivel mundial es posible alcanzar hasta un 15% de aumento de la productividad, así como el potencial de aumentar el valor agregado del sector en 4 billones de pesos al año.”¹⁹

Por lo anterior, CAMACOL se posiciona en un compromiso claro enfocado hacia la digitalización de la industria de la construcción y en alineación con la tendencia mundial impulsada por parte de la organización mundial para la promoción de BIM en el mundo *Building SMART*. Según lo anterior, se establecen lineamientos generales para la implementación BIM por regiones y países, y se ha creado una colección de documentos que hacen parte del BIM KIT y que buscan brindar herramientas para el sector de la construcción debido a la incorporación de implementación de las metodologías BIM en Colombia.

Dentro de la colección de documentos se encuentra la Guía de Modelado BIM que indica que las buenas prácticas durante el desarrollo de los modelos BIM brindan la posibilidad

¹⁹ Cámara Colombiana de la Construcción. (s.f). *Transformación Digital. Mejor productividad con el uso de nuevas tecnologías*. Obtenido de <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion>

de garantizar la calidad de la información. Esto se ve reflejado en una mayor capacidad de extracción de información y, de esta manera, garantizar no solo el incremento del desempeño en las fases de diseño y construcción, sino también la prevención de reprocesos que representan una mayor demanda de recursos en cuanto a materias primas y generación de RCD durante la construcción, las cuales se pueden prevenir en las fases tempranas del desarrollo del proyecto (Cámara Colombiana de la Construcción, 2019).

Dentro de los temas que se desarrollan en esta guía de modelado BIM, se puede destacar los aspectos de Nivel de Desarrollo o *Level Of Development* -LOD- y los requerimientos del modelo BIM.

LOD se refiere al nivel de desarrollo de información contenida dentro de los modelos BIM. Permite, durante la fase de diseño, la incorporación de información geométrica de los elementos que componen el modelo digital en cuanto a dimensiones, apariencia e información no geométrica, y en donde se consigna información de materiales. Esto, conectado al tema de RCD, permite la identificación de los tipos de materiales presentes en la fase de construcción de manera que se plantee y se valide la pertinencia de su uso en función de la caracterización del residuo para su separación en la fuente y para los procesos necesarios para su reutilización, reciclaje y disposición final luego del proceso de gestión.

En cuanto a los requerimientos BIM, *“los usos BIM definen los alcances del modelo, identificando el propósito de este, es de suma importancia que los miembros del equipo entiendan el uso futuro de la información que van a desarrollar”*²⁰.

La guía plantea, para este aspecto en cuanto a usos BIM en la fase de diseño, la revisión de diseño, el análisis energético, el análisis de otras disciplinas, entre otros. Estos se establecen de acuerdo con los objetivos del proyecto.

²⁰ Cámara Colombiana de la Construcción. (2019). *Guía de modelado BIM*. Obtenido de <https://camacol.co/sites/default/files/descargables/2-%20Guia%20de%20Modelado%20BIM-co.pdf>

Por otra parte, las Guías para la adopción BIM en las organizaciones, las Fichas de usos BIM, incluyen temas como la Coordinación 3D y Planeación de Fases, y las definen como acciones complementarias para garantizar la calidad de la información de los proyectos de diseño de edificaciones.

La coordinación 3D se refiere al “proceso en el que se utiliza un software de coordinación 3D para determinar la identificación de conflictos geométricos mediante la comparación de modelos de sistemas de construcción. El objetivo de la coordinación 3D es eliminar los reprocesos de diseño, conflictos de campo y los problemas de coordinación antes de la instalación.”²¹

Para garantizar el éxito del proceso de coordinación técnica del proyecto, es necesario incluir una Tabla de Coordinación Técnica de Proyectos BIM que permita hacer seguimiento del proceso. Esto debe estar acompañado de indicadores para la medición y control para garantizar que se logre la resolución de la totalidad de los conflictos y, de esta manera, proporcionar información precisa para la prevención de generación de RCD durante la ejecución de la construcción.

Ahora bien, la planeación de fases es un proceso que parte del uso de Modelos 3D y de la programación de ejecución del proceso de construcción. La vinculación de esta información proporciona tanto al constructor como a contratistas la posibilidad de establecer las secuencias de la construcción, así como también poder determinar los recursos necesarios para lograr la secuencia establecida. Igualmente, permite planear y gestionar de manera anticipada la llegada de estos para cada una de las actividades, y así mismo, determinar y plantear la gestión de los residuos que se generen durante las fases de construcción.

Un aspecto importante del proceso de planeación de las fases es que permite recrear, por medio de modelos digitales, imágenes y videos, las etapas de construcción de los proyectos (Cámara Colombiana de la Construcción, 2020), de esta manera se puede

²¹ Cámara Colombiana de la Construcción. (2020). *Guías para la adopción BIM en las organizaciones - 9. Fichas de usos BIM*. Obtenido de https://camacol.co/sites/default/files/descargables/09_Usos_BIM.pdf

divulgar al equipo de construcción y contratistas los procesos, compromisos y responsabilidades de los contratistas para lograr la prevención de generación de RCD.

Capítulo 3. Metodología

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación pretendió determinar los aspectos fundamentales para la elaboración de un plan de acción de la gestión de RCD a partir del caso específico del sector de la construcción de proyectos de vivienda en la UPL Usaquéen, en la porción de territorio denominado anteriormente como UPZ No 13 Los Cedros, que comprende los siguientes límites, por el Norte Avenida La Sirena (Calle 153), por el Sur Avenida Contador (Calle 134), por el Oriente, el perímetro urbano y los cerros orientales y por el occidente, Avenida Paseo de los Libertadores o Autopista Norte.

Tomando como base los lineamientos de la normatividad vigente a Nivel Nacional y Distrital, se realizó un análisis de parte de la literatura legal y teórica sobre diferentes modelos de gestión propuestos a nivel distrital y nacional, así como tomar en cuenta algunos aportes internacionales y nacionales provenientes Chile, Ciudad de México, y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá respectivamente.

Con base en lo anterior, el presente trabajo se enmarca en los procesos de investigación cualitativa, en la medida en que permitió describir y explicar las características del tratamiento de los RCD en el caso estudiado y proponer elementos para su adecuada gestión. En este sentido, el presente trabajo pretendió definir una metodología que permita organizar y compilar los diferentes elementos que intervienen en los modelos de gestión de RCD para su implementación dentro de dichos planes.

La investigación cualitativa hace posible, de acuerdo con la conceptualización realizada por Hernández, et al. (2014), la indagación de significados e interacciones entre ellos para profundizar en su naturaleza y proponer interpretaciones que, desde lo conceptual, produzcan nuevos conocimientos. En este caso, se hizo la revisión bibliográfica, documental y normativa, así como la aplicación de una encuesta que permitió sistematizar

los principales elementos de la RCD con el fin de generar interpretaciones sobre la caracterización de los modelos de gestión exitosos y las posibles fallas del caso estudiado.

En términos generales, se tomó como referentes algunos modelos de gestión de RCD, sobre todo con respecto a su normatividad, para establecer qué características los hacen más eficientes y cuáles serían más acordes a las necesidades de los proyectos de vivienda en la UPL Usaquén, dentro del área determinada para el estudio, dado el importante crecimiento de este tipo de construcciones en dicho sector.

De igual forma, se contó con una parte cuantitativa, que fue la encargada de tabular las pruebas implementadas en los cuestionarios. A partir de estos valores, se establecieron las condiciones de gestión de los proyectos de vivienda señalados con base en una encuesta que pretendió brindar mayor luz sobre los sistemas constructivos a los que responden, el dimensionamiento del volumen de producción de estos residuos, el diseño del proyecto y la manera concreta en la que elaboran sus planes de gestión.

El enfoque cuantitativo permite al investigador tomar en cuenta variables que pueden medirse en función de criterios específicos que muestren su comportamiento dentro del fenómeno estudiado (Hernández et al., 2014). Para el caso particular de este trabajo, el aspecto cuantitativo es dado por la medición derivada de la encuesta y que perfila la naturaleza de los proyectos de vivienda tomados como referencia, sus necesidades específicas y la manera en que, desde un conjunto de casos específicos, se aplica la normatividad distrital vigente. Una vez establecidos estos datos y delimitado el campo empírico de aplicación del modelo de gestión propuesto, la parte conceptual cualitativa brindó las orientaciones para lograr el objetivo trazado en esta investigación.

De esta forma, en la presente investigación se analizó la normativa nacional y distrital vigente, los modelos de gestión existentes en la actualidad en el caso de construcción de proyectos de vivienda en la UPL Usaquén, por medio de los resultados de la encuesta aplicada y, finalmente, se desarrolló una propuesta de plan de acción para la gestión de RCD que permita facilitar la gestión de RCD en Bogotá.

El presente documento, entonces, pretendió establecer y simplificar pasos y procesos que han sido recopilados a partir de la revisión bibliográfica y documental, así como derivados de la revisión de casos internacionales y nacionales. Por ello, dicha propuesta buscó ser,

más que todo, una hoja de ruta con acciones puntuales que ayuden a los constructores y otros actores interesados a ejercer mejores prácticas de prevención y manejo de RCD.

3.2 Alcance de la investigación

De acuerdo con los objetivos específicos establecidos, esta investigación se propuso determinar los modelos de gestión de RCD a partir de los cuales las empresas de construcción de los proyectos de vivienda en la UPL Usaqué dentro del área determinada para el estudio acatan la normatividad distrital que, al respecto, se ha propuesto en los últimos años, esto con el fin de analizar su implementación y ejecución. Con base en los resultados de este análisis, y de la consideración teórica y conceptual de diferentes modelos de gestión de RCD, se propuso un plan de acción para la gestión de RCD que responda a los requerimientos de la normatividad vigente y a su implementación por parte de las empresas consideradas.

De esta forma, se buscó caracterizar la normativa según sus fases (diseño, construcción y manejo de residuos) con el uso de una matriz de revisión del marco normativo. Por medio de la información obtenida a partir del uso de una encuesta se persiguió identificar los modelos actuales de gestión de RCD dentro del área de estudio. Finalmente, se propuso un modelo de gestión acorde con la normativa y la revisión documental y bibliográfica.

Por consiguiente, se espera que este trabajo establezca criterios en torno a la gestión de RCD y establecer, desde la consideración de casos particulares, cuáles son las necesidades que surgen en la producción de estos residuos en los proyectos de vivienda y las condiciones en las que se debe aplicar la normatividad que rige este tipo de actividades. Esto significa que la presente investigación tiene un alcance descriptivo y explicativo, ya que, por un lado, pretendió identificar un campo de conocimiento (empírico, en este caso singular) con respecto a sus condiciones y, por otro, deseó advertir cómo el fenómeno estudiado se relaciona con la normatividad que lo rige (Hernández et al., 2006).

3.3 Recolección de la información

Para la recolección de la información en la presente investigación fueron usadas fuentes primarias y secundarias según los objetivos planteados, como puede evidenciarse en el siguiente cuadro.

Tabla 5. Objetivos y fuentes

Objetivo	Técnicas de investigación y fuentes
Caracterización de la normatividad Según las categorías Fase de Diseño, Fase de Construcción y Fase de Manejo de Residuos	Revisión normativa y documental: Normativa nacional y distrital de manejo de RCD
Identificación de los modelos de gestión de la UPL, a través de las categorías de la encuesta	Encuesta: encuesta aplicada a constructores en la UPL
Propuesta de Modelo de Gestión, mediante las categorías de análisis	Revisión de literatura: RCD, modelos de gestión y BIM. Revisión de casos Internaciones: Chile y Ciudad de México. Revisión de caso local: Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Fuente: Elaboración propia, 2023

De esta forma, la información requerida para poner en marcha el proyecto, se basó fundamentalmente en los documentos que exponen modelos de gestión de RCD, hayan sido guías de instrucción para las empresas o la normatividad que ha sido publicada sobre el tema. Así, las fuentes constituyeron sobre todo artículos, sitios web y documentos especializados en el tema que expliquen su funcionamiento y que muestren alguna evidencia de aplicación a casos particulares. De cada una de las fuentes se tomó la información suficiente para elaborar una síntesis conceptual de cada uno de los modelos abordados.

El procedimiento de investigación estuvo sustentado en varias fases de operación. La primera de ellas fue la etapa exploratoria, que corresponde al diseño del anteproyecto de investigación y en donde se ha buscado una familiarización con el tema y el problema de investigación a través de la búsqueda preliminar de bibliografía con investigaciones pertinentes en el área de gestión de RCD de académicos, gremios, instituciones, etc.

En un segundo momento se hizo la exposición teórica y conceptual de la normatividad nacional y distrital, así como de los referentes internacionales escogidos, con el fin de evaluar los principales aspectos que deben tenerse en cuenta para elaborar una propuesta de implementación de planes de acción para la gestión más completos y operativos. De esta manera, después de una revisión de literatura sobre casos en los que ha habido un mayor desarrollo de sistemas de gestión de RCD, fueron escogidos dos casos internacionales con normativas que aportan a la solución de la gestión de RCD (Chile y Ciudad de México), y un caso local del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, que ha

tenido importantes avances en los últimos años y que constituyó un referente importante para ser comparado con el modelo de gestión de RCD colombiano y bogotano.

En un tercer momento, se establecieron las especificidades del campo empírico que se toma de referencia, es decir, las características de los proyectos de vivienda en la UPL Usaqué con base en la encuesta que respondieron los representantes de las empresas que están trabajando en ellos. Para ello fue necesario hacer un inventario de la totalidad de los proyectos de vivienda que se encuentran actualmente en venta, preliminares de obra, ejecución de estructura y acabados de la UPL señalada (Anexo 2); con base en los datos de contacto de estas empresas, se procedió a enviar por correo electrónico la encuesta, junto con una carta de presentación del proyecto y los motivos por los cuales se realiza; la recolección de esta información se realiza con base en el número de respuestas obtenidas: estas son las especificaciones de la población y la muestra que se utilizan para la encuesta.

3.4 Categorías de análisis

Las categorías de análisis estuvieron determinadas por las necesidades teóricas y prácticas del presente estudio, las cuales estuvieron dadas por la naturaleza de los modelos de la gestión de RCD y por las necesidades propias de la producción y tratamiento de este tipo de residuos en los proyectos de vivienda.

Así, pues, habría dos tipos de categorías operativas dentro de esta investigación: aquellas a partir de las cuales se estructuró el modelo de gestión y aquellas que sirvieron para establecer las características de los proyectos de vivienda en lo que respecta su relación con los RCD, y que son la base de la estructuración de la encuesta.

El siguiente conjunto de tablas presenta, en síntesis, la descripción de cada categoría de análisis perteneciente a cada uno de los objetivos específicos que buscó resolver este trabajo para el alcance del objetivo general de investigación. De tal modo que la primera tabla corresponde al conjunto de categoría de análisis para el primer objetivo del trabajo.

Tabla 6. Categoría de análisis objetivo 1.

Objetivo Específico	Categoría de Análisis	Descripción
Caracterizar el marco normativo Nacional y Distrital en materia de gestión de RCD a través de bloques temáticos centrados en las Fase de Diseño, Construcción y Disposición Final, para la determinación los alcances de la normativa e identificación de los vacíos en el marco normativo de la gestión de RCD.	Fase de Diseño, Coordinación técnica, Planeación, Fase de Demolición / Deconstrucción	Se enfoca en la revisión de la normativa nacional y distrital relacionada a la gestión de RD en las diferentes fases del proyecto previa a la Fase de Construcción para identificar los alcances de la normativa existente y los vacíos o áreas a mejorar dentro del marco normativo correspondiente a la gestión de RCD.
	Fase de Construcción	Se centra en el análisis de la normativa nacional y distrital que regula la gestión de RCD durante la Fase de Construcción, en cuanto a aspectos claves como procesos de gestión, separación, aprovechamiento en obra de los RCD, así como también el transporte y transporte de los RCD a sitios de disposición final.
	Fase de Manejo de Residuos	Abarca la revisión de la normativa nacional y distrital en cuanto al aprovechamiento, reciclaje, reincorporación de los RCD y la disposición final.

Fuente: Elaboración propia, 2023

El siguiente conjunto de categoría de análisis corresponde a la revisión de referentes internacionales y nacional para la identificación de los aportes dados a la gestión de RCD.

Tabla 7. Categoría de análisis objetivo 2.

Objetivo Específico	Categoría de Análisis	Descripción
Identificar los aportes claves del marco normativo en la gestión de RCD, tomando como referentes nacionales e internacionales, y los aspectos que contribuyen a la gestión de RCD.	Conceptos claves.	Se centra en la revisión del marco normativo de los referentes internacionales y nacional establecido, para identificar los conceptos y definiciones más relevantes que hacer parte integral para la gestión de RCD, que permitan tener un conocimiento solido de los fundamentos y principios que respaldan la gestión de RCD
	Categorización de RCD	Se enfoca en el proceso de separación en la fuente de los residuos para su posterior aprovechamiento, partiendo de la caracterización de los RCD, es decir, como se clasifican y se identifican en función de su origen y las etapas o fases del proyecto de construcción, para conocer posteriormente los procesos de gestión de estos residuos.

Gestión de RCD	Esta categoría implica analizar las acciones relevantes establecidas dentro de los marcos normativos de los referentes en relación con las prácticas y metas de la gestión de RCD, de esta manera determinar aplicar para mejorar los resultados en cuanto a la gestión de los RCD.
----------------	---

Fuente: Elaboración propia, 2023

El siguiente conjunto de categorías se relaciona particularmente con la identificación de modelos de gestión en el área de estudio establecida.

Tabla 8. Categoría de análisis objetivo 3.

Objetivo Específico	Categoría de Análisis	Descripción
Identificar los modelos de gestión de RCD de los proyectos de vivienda mediante la aplicación de una encuesta sobre la gestión de RCD en las construcciones identificadas en la UPL Usaquéen.	Información del proyecto.	Se relación con la labor en desarrollo por parte de la empresa constructora en la zona de estudio establecida dentro de la UPL Usaquéen.
	Información técnica del proyecto.	Esta categoría se enfoca en la lectura de la tecnología empleada en los procesos de construcción, pues puede ofrecer orientaciones para entender la actual técnica constructiva empleada por la empresa constructora.
	Fase de Diseño.	Se busca conocer la manera en que se desarrollaron los diseños del proyecto en cuanto a implementación de herramientas digitales, determinantes de selección de materiales, procesos para la futura prevención y disminución de generación de residuos, así como también procesos de identificación de estos residuos durante la fase de diseño.
	Fase de Coordinación.	Se centra en el análisis de cómo se lleva a cabo la coordinación de los diferentes diseños que hacen parte de un proyectó. Se busca determinar la manera en que se identifican las interferencias entre los diferentes elementos y sistemas del proyecto, así como el seguimiento y resolución de estas interferencias, además se examina como se gestionan los cambios y ajuste necesarios para evitar problemas durante la Fase de Construcción y prevenir la generación de RCD.
	Fase de Planeación	En esta categoría se investiga si se emplean herramientas digitales para simular los procesos constructivos y programar el suministro de insumos de acuerdo con las etapas constructivas, con el fin de prevenir la generación de RCD y promover el consumo racional de productos en la construcción del proyecto. También se evalúa si se establecen medidas específicas en los planes de trabajo y cronogramas para gestionar adecuadamente los residuos generados durante la construcción.

Fase de Demolición / Deconstrucción	En esta categoría de análisis se determina la manera en que se realizan los procesos de valoración de los residuos que se generan en la actividad de demolición de las construcciones existentes y determinar la existencia de la implementación de indicadores durante esta fase.
Fase Construcción	En esta categoría se analiza la gestión de los RCD durante la fase de construcción, a partir de la formulación de los planes de gestión de RCD, la divulgación, y los responsables de esta labor, por otra parte, que tipos métodos se emplea para medición y control de generación de residuos a lo largo de la construcción de los proyectos.

Fuente: Elaboración propia, 2023

Esta última tabla corresponde a la articulación de los conocimientos previos con las categorías desarrolladas en las tablas anteriores, pues se espera, una vez hecha la lectura completa del caso de estudiado, establecer una propuesta de implementación del plan de acción para la gestión de RCD.

Tabla 9. Categoría de análisis objetivo 4.

Objetivo Específico	Categoría de Análisis	Descripción
Proponer un plan de acción para la implementación en las etapas previas a la iniciación de la fase de construcción, para el inventivo del sector de la construcción, la prevención y disminución de generación de RCD durante los procesos que componen la demolición y construcción de edificaciones.	Fase de Diseño.	Esta categoría busca establecer acciones encaminadas a la prevención y generación de RCD a partir de los flujos de trabajo en esta fase del proyecto en donde se involucren la selección estratégica de materiales, modulación de elementos, identificación temprana de RCD para la estimación aprovechamiento y disposición final de estos residuos.
	Fase de Coordinación.	En esta categoría se centra en la revisión de los diseños que hacen parte del proyecto con el objetivo de identificar las posibles inferencias existentes entre estos, y asegurar la precisión de la información para la Fase de Construcción. En esta, se establecen flujos de trabajo y se incluye una matriz de coordinación, mediante la cual se permite medir y hacer seguimiento de las interferencias detectadas. El propósito es no solo garantizar la precisión de la información, sino también la prevención de generación de RCD
	Fase de Planeación	Esta categoría se centra en la planificación de la Fase de Construcción con el objetivo de promover la prevención y disminución de la generación de RCD. Se tiene en cuenta las actividades y recursos necesarios a lo largo de la construcción, para poder cuantificar y planificar la llegada de materiales y la generación de RCD de acuerdo con la ejecución de la construcción. Esto permite optimizar la

	gestión de los recursos en busca de la optimización y consumo racional de los mismos
Fase de Demolición / Deconstrucción	En esta categoría se aborda la valoración de las construcciones existente que ocupan los predios destinados para las nuevas construcciones. Se propone implementar la Deconstrucción como medio que para hacer la identificación, recuperación, aprovechamiento de manera que se disminuyan los volúmenes de residuos destinados a disposición final, así como también indicadores de medición que permitan establecer los niveles de reducción de generación de RCD en esta fase.
Fase Construcción	Esta categoría se enfoca en la presentación del conjunto de acciones que se plantean para la Fase de construcción, la presentación de la información propia del proyecto para dar a conocer a los involucrados la manera en que se planea la ejecución del proyecto y promover el uso racional de los recursos y así lograr la prevención de generación de RCD, por otra parte, informar la sobre las responsabilidades y obligaciones que se tienen frente al tema, y la medición de generación de RCD durante la fase de construcción y contrastarla con los datos estimados en la planeación.

Fuente: Elaboración propia, 2023

3.5 Análisis de la información

Para el análisis de la información recolectada con las fuentes señaladas y bajo las categorías descritas, se tuvo en cuenta la división de la información cualitativa y la cuantitativa. Para la determinación de las características de la gestión de RCD de las empresas constructoras de los proyectos de vivienda se hizo un análisis de medición de cada categoría, según la modalidad que más datos permitiera inferir. Para la estructuración del modelo de gestión se realizó un balance conceptual de los modelos expuestos en el Marco Teórico, según las categorías indicadas. En cada caso, lo más importante fue concentrarse en identificar vacíos y enfocar un conjunto de acciones que aporten a la solución de la prevención y gestión de RCD.

Lo anterior permitió disponer de la información de manera diferenciada con base en la organización de los objetivos específicos y cumplir con cada uno de ellos. Igualmente, al relacionar la información de tratamiento cualitativo con aquella que recibe un análisis cuantitativo se pudo cumplir con el objetivo general de la investigación.

3.6 Resultados

3.6.1 Resultados del análisis normativo

El análisis de las políticas públicas vigentes fue realizado bajo la identificación de una serie de factores dentro de la normativa que permitieron comprender el acercamiento estatal en determinados tópicos específicos a la prevención, gestión y disposición de los RCD.

Dado lo anterior, por medio de una matriz se llevó a cabo el análisis de la normativa enfocada a la gestión de RCD bajo los criterios que agrupan las fases de Diseño, Construcción y Disposición final de los residuos (Anexo 3).

Se contemplaron un conjunto de categorías para cada una de las fases. Para la fase de Diseño se contempló la selección sistemas constructivos y materiales de construcción, modulación de elementos y/o prefabricados, la prevención de generación de RCD y la Demolición y/o Deconstrucción.

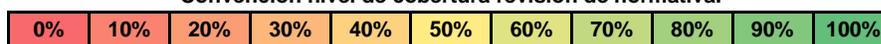
Para la fase analítica de Construcción se contempló la implementación de procesos de gestión de RCD, separación en la fuente, aprovechamiento de RCD en obra, reutilización de RCD en obra, transporte de RCD a sitios de disposición final.

Finalmente, para la fase de Disposición Final se contempló el aprovechamiento del RCD, reciclaje RCD, reincorporación y disposición final de RCD.

Tabla 10. Matriz Revisión de Nomas RCD para la ciudad de Bogotá.

AÑO	DOCUMENTO	Fase Diseño					Fase Construcción					Disposición final				Porcentaje de contenido por norma
		Selección estratégica de sistemas y materiales de construcción	Modulación de elementos y / o Prefabricados	Identificación y cuantificación de RCD por fases de construcción	Prevención de generación de RCD	Demolición y/o Deconstrucción	Implementación de procesos de gestión RCD	Separación en la fuente de RCD	Aprovechamiento RCD en obra	reutilización de RCD en obra	Transporte de RCD a sitios de disposición final	Aprovechamiento RCD	Reciclaje RCD	Reincorporación de materiales	Disposición final de RCD	
2005	Decreto 838	Red					Red					Red				7%
2006	Decreto 312	Red					Red					Red				7%
2011	Resolución No 2397	Red					Green					Green				50%
2012	Resolución No 1115	Red					Green					Green				57%
2013	Resolución No 0715	Red					Green					Green				57%
2013	Decreto 2981	Red					Red					Red				14%
2015	Resolución No 0932	Red					Green					Green				57%
2015	Resolución No 0549	Red					Red					Red				0%
2015	Decreto 586	Red					Green					Green				64%
2017	Resolución 0472	Red					Green					Green				71%
2021	Resolución 1257	Red					Green					Green				71%
Porcentaje de temas tratados por norma		0%	0%	0%	18%	0%	27%	64%	64%	55%	73%	64%	64%	64%	91%	

Convención nivel de cobertura revisión de normativa.



Bajo nivel de cobertura

Alto nivel de cobertura

Fuente: Elaboración propia, 2023

La revisión de las normas bajo los criterios de bloques temáticos que corresponden a la Fase de Diseño, Fase de Construcción y Disposición final, muestra la progresión de la normativa en donde la prioridad se dirige hacia la regulación del manejo de los residuos provenientes de la actividad de la construcción. La normatividad que más se aproxima en su constitución a la regulación de los proceso de gestión de RCD es la Resolución 1257 de 2021 que modifica la Resolución 0472 del 2017, y que hace parte de las

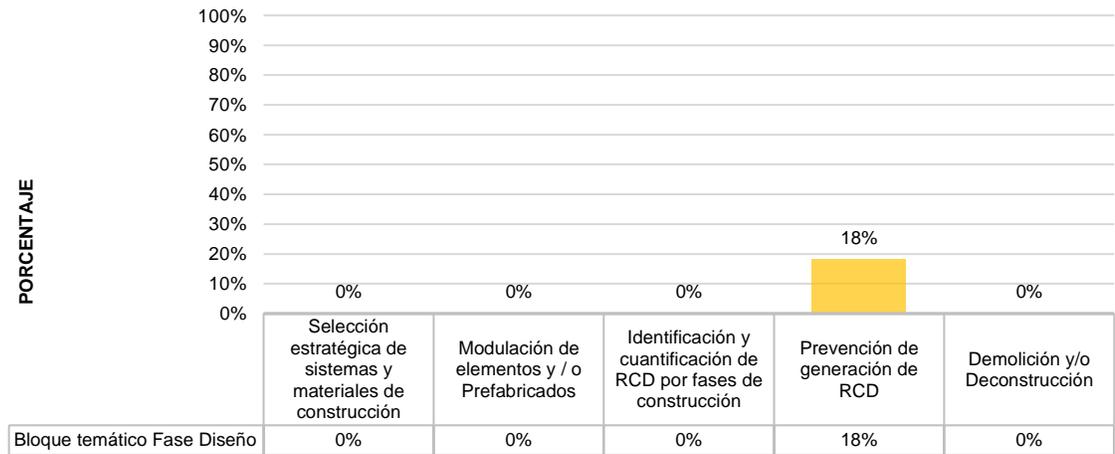
reglamentaciones ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que, de acuerdo a los criterios de análisis mencionados, arrojó que su aproximación específica para la regulación es de un 71% y que, en cuanto a la cobertura temática que contienen los criterios de revisión de los bloques temáticos de Fase de Construcción y disposición final, tienen 100% de cobertura.

Es de resaltar que entre los años 2005 al 2021, específicamente la primera década, es decir hasta el 2010, se hizo la publicación dos Decretos en donde su eje temático estaba enfocado al tema propio de gestión de Residuos Sólidos y que englobaba, dentro de esta categoría, los residuos de construcción. El alcance de cobertura es del 7%.

Posteriormente, en la década del 2010 al 2020, se presentaron 8 publicaciones que representan el 61% de las normativas entre Resoluciones y Decretos. La variación de cobertura temática varió entre el 14%, correspondiente al Decreto 2981 de 2013, y el 71% en la Resolución 0472 del 2017. Se debe aclarar que, dentro del análisis normativo, la Resolución 0549 de 2015 está enfocada a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Dentro de su contenido no aborda temáticas de gestión de RCD a pesar de ser una normativa de sostenibilidad.

Finalmente, en la década actual del 2020 en adelante, la actualización hecha de la 0472 de 2017 en la Resolución 1257 de 2021, arroja un 71% en cuanto a cobertura temática. La construcción de la normativa en cuanto a RCD ha identificado temas de mejora para proporcionar herramientas para la correcta gestión de los RCD durante el desarrollo de la Fase de construcción.

Gráfica 2. Fase de diseño.

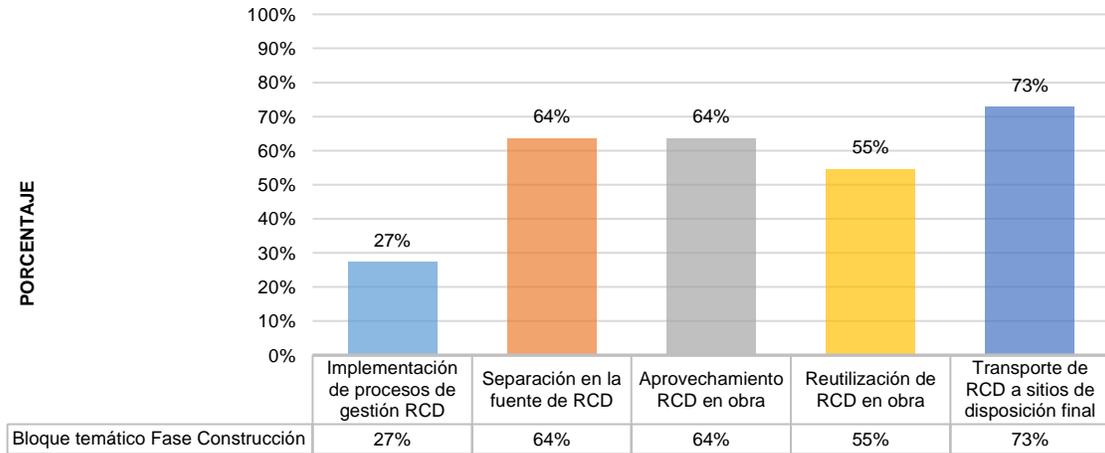


Fuente: Elaboración propia, 2023

En cuanto al análisis por bloques temáticos se tiene que, en cuanto a la Fase de Diseño, el tema que refiere a la prevención de generación de RCD es el único que tiene presencia dentro de la normativa publicada, con un 18% que representa la aparición dentro de 2 publicaciones normativas entre el 2017 y 2021. Este aspecto de la prevención teniendo en cuenta las consecuencias de producción de materiales de construcción, es de suma importancia mantenerla e incorporarla dentro de los procesos de gestión y debe ser fomentada durante la fase de diseño con la validación del proyecto por medio de acciones como modulación, implementación de metodologías y procesos digitales e innovación de sistemas constructivos o prefabricados.

Por otra parte, el concepto de Demolición debe ser revaluado. La valoración de las construcciones existentes brinda el camino a la incorporación del concepto de Deconstrucción, de manera que se aproveche al máximo los recursos de la edificación tal que permita hacer procesos de recuperación y separación en la fuente de RCD, cuyos residuos que pasan a disposición final por la ausencia de procesos de reciclaje.

Gráfica 3. Fase de Construcción.

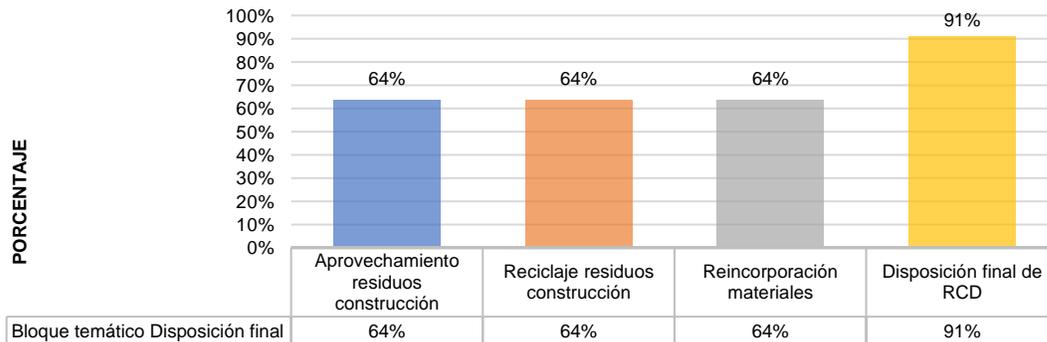


Fuente: Elaboración propia, 2023

Con relación a la fase de construcción, se evidencia que las normativas en conjunto reflejan una aproximación fuerte en cuanto al transporte de RCD a sitios de disposición final, con un 73%. Dentro de esta temática se abordan responsabilidades y trazabilidad. Por su parte, los temas de separación en la fuente y el aprovechamiento de RCD en obra tienen una presencia temática en 64% de las normas revisadas, y el 55% tratan sobre el tema de reutilización de RCD en obra.

La implementación de procesos de gestión de RCD tienen presencia en las normas más recientes publicadas en el 2017 y 2021 con un 27%, esta temática es la que finalmente se encarga de establecer las acciones necesarias para lograr cumplir con un correcto proceso de gestión de RCD.

Gráfica 4. Disposición final.



Fuente: Elaboración propia, 2023

Por último, el bloque temático enfocado a la Disposición final es el tema que mayor presencia y tiempo lleva siendo tratado dentro de las normativas, en especial por el tema de Disposición final de RCD con el 91%, tema que se podría considerar como el origen de las afectaciones ambientales que conllevan la inapropiada disposición de estos residuos. Luego se tiene, con el 64%, los temas de Aprovechamiento de RCD y Reciclaje de RCD.

Teniendo en cuenta el panorama normativo frente a los bloques temáticos de análisis, se puede determinar que la normativa existente es una respuesta a la problemática generada por la mala gestión de los RCD en el pasado y que, desde las autoridades ambientales, alcaldía y gobierno, han notado que, de no reglamentar oportunamente la gestión de estos residuos generados por la industria de la construcción, se desencadenaría una serie de consecuencias ambientales, económicas, sociales y sanitarias que, a futuro, representarían una mayor dificultad.

Sin embargo, dentro de la normativa analizada se puede inferir que las acciones correspondientes a la prevención de generación de RCD durante la fase de diseño, coordinación y planeación, es decir, previo al inicio de la fase de construcción, no cuentan con algún tipo de regulación que permita promover la prevención de generación RCD. Es por esto por lo que, desde la normativa y con el apoyo de guías, documentos técnicos y planes de acción que involucren, entre otras, innovación y digitalización dentro de la industria de la construcción y el apoyo indispensable de asociaciones gremiales, se genere el soporte necesario para la generación de marcos legales que ataquen el vacío que se cita aquí.

3.6.2 Resultados trabajo de campo

El trabajo de campo se desarrolló por medio de una encuesta (Anexo 4), con el objetivo de conocer la manera en la que se ha dado el manejo de los RCD por parte de las empresas constructoras en el área de estudio determinada dentro de la UPL Usaquéen, lo que permite caracterizar la gestión de los RCD de las obras y los desafíos que se presentan para la prevención y gestión de RCD.

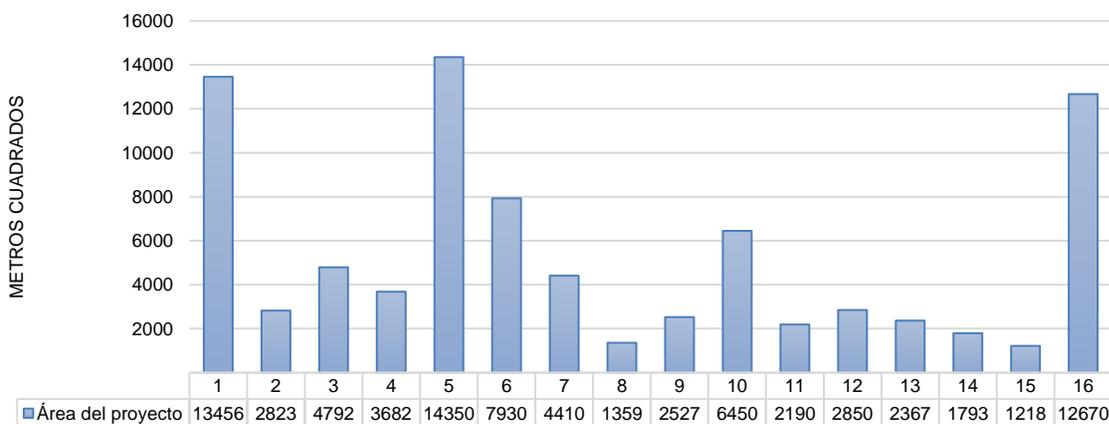
La muestra de población contó con la participación de 16 de las 25 empresas constructoras de proyectos de vivienda, cuya información permite entender y caracterizar el objeto investigativo en el área de estudio (Anexo 5).

La estructura de la encuesta se plantea en grupos temáticos de manera que se conozca y permita analizar la información y, de esta manera, determinar el panorama actual de cómo se desenvuelve la prevención y gestión de RCD en el área de estudio. Los grupos temáticos son:

1. Información general del proyecto.

En el sector de estudio se encuentra que está enfocado en su totalidad en el desarrollo de proyectos de Vivienda No VIS, las áreas de construcción de estos proyectos varían entre 1.218 m² y 14.350 m².

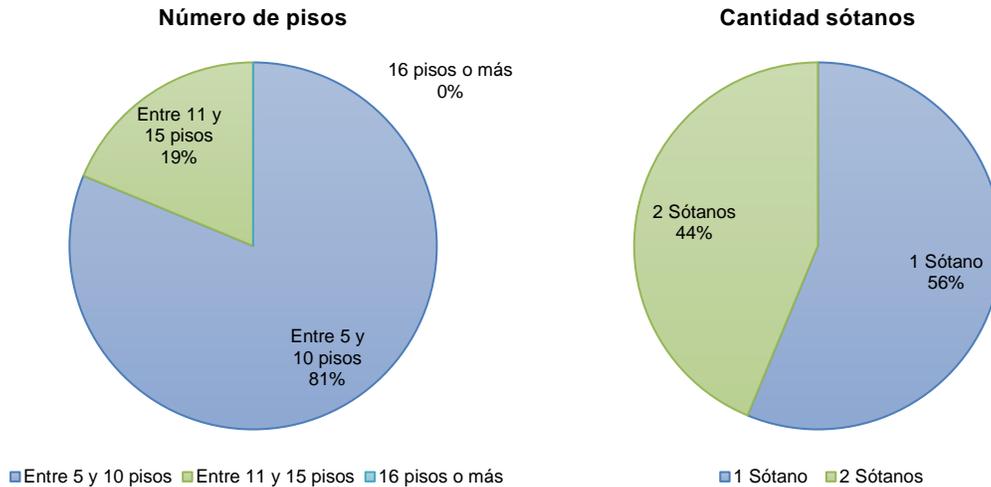
Gráfica 5. Áreas construidas de proyectos de vivienda.



Fuente: Elaboración propia, 2023

En cuanto a los números de pisos de los proyectos, se encuentra que el 81.25% se desarrollan entre 5 y 10 pisos, y el 18.75% se desarrollan entre 11 y 15 pisos. Respecto a los sótanos, se encuentra que el 43.75% de los proyectos cuentan con 2 sótanos y el 56.25% cuentan con 1 sótano.

Gráfica 6. Número de pisos y cantidad de sótanos.



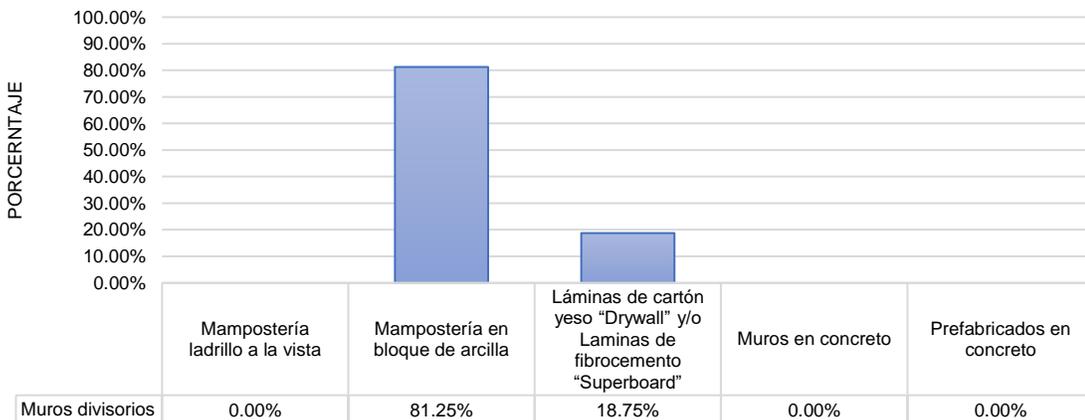
Fuente: Elaboración propia, 2023

En cuanto a los números de pisos de los proyectos, se encuentra que el 81.25% se desarrollan entre 5 y 10 pisos, y el 18.75% se desarrollan entre 11 y 15 pisos. Respecto a los sótanos, se evidencia que el 43.75% de los proyectos cuentan con 2 sótanos y el 56.25% cuentan con 1 sótano.

2. Información técnica del proyecto.

De acuerdo con la información recolectada, los proyectos de vivienda que se desarrollan en el área de estudio se aprecia que el 100% de los proyectos se desarrollan con un sistema aporticado en concreto.

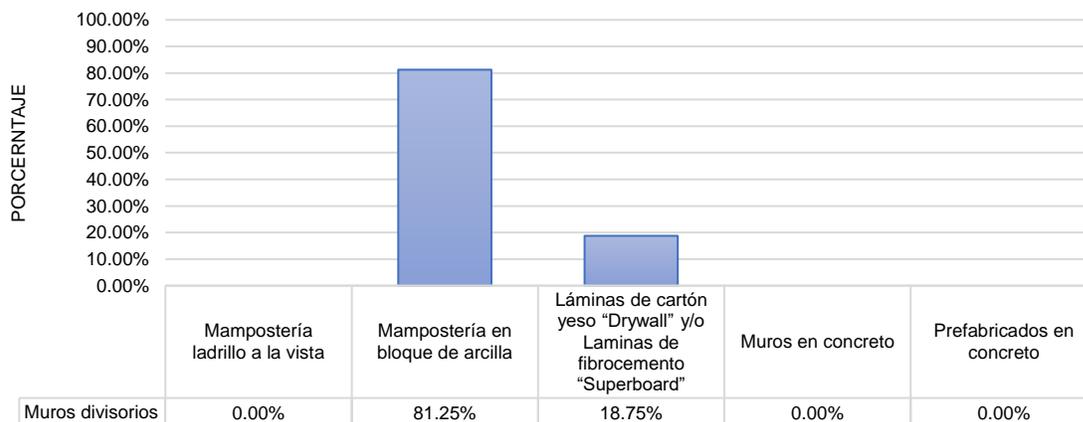
Gráfica 7. Muros de Fachadas



Fuente: Elaboración propia, 2023

En cuanto al desarrollo de las envolventes de los proyectos, se tiene que el 18.75% se desarrolla con muros de fachada en bloque de ladrillo de arcilla, y el 81.25% de los muros de fachada cuentan con ladrillo a la vista. Se evidencia que, en el desarrollo de los proyectos de vivienda del sector, los proyectos no emplean, para la construcción de los muros de fachadas, sistemas prefabricados o sistemas de construcción modular.

Gráfica 8. Muros divisorios internos



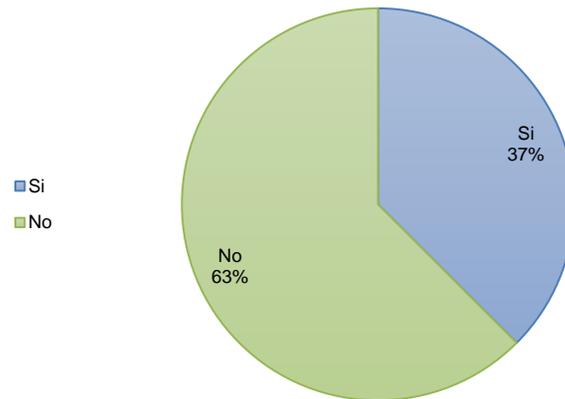
Fuente: Elaboración propia, 2023

Por último, se consultó a los encuestados sobre el desarrollo de los muros divisorios dentro de los proyectos, en donde el 81.25% emplean mampostería en bloque de arcilla, y el 18.75% emplearon láminas de cartón yeso "*Drywall*" y/o láminas de fibrocemento "*Superboard*". Para este caso, el uso de elementos prefabricados en concreto no tiene uso en algún proyecto consultado.

3. Fase de diseño.

Para entender la manera en que se desarrollan los proyectos en cuanto a la fase de diseño, en especial con el uso de tecnologías digitales BIM, se halló que el 63% de los proyectos en desarrollo no hicieron uso de estas herramientas, mientras que el 37% usaron herramientas BIM para el desarrollo de los diseños del proyecto.

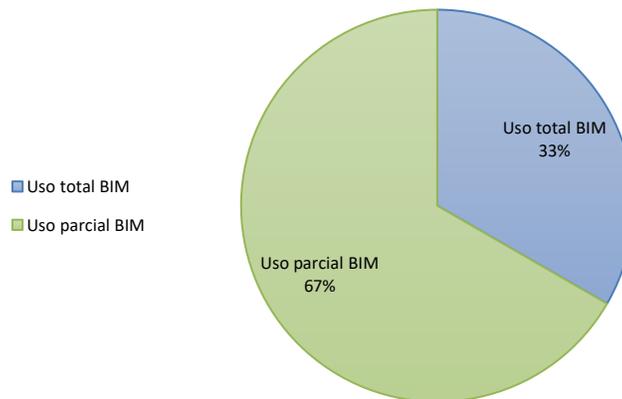
Gráfica 9. Uso de herramientas BIM para el desarrollo diseño.



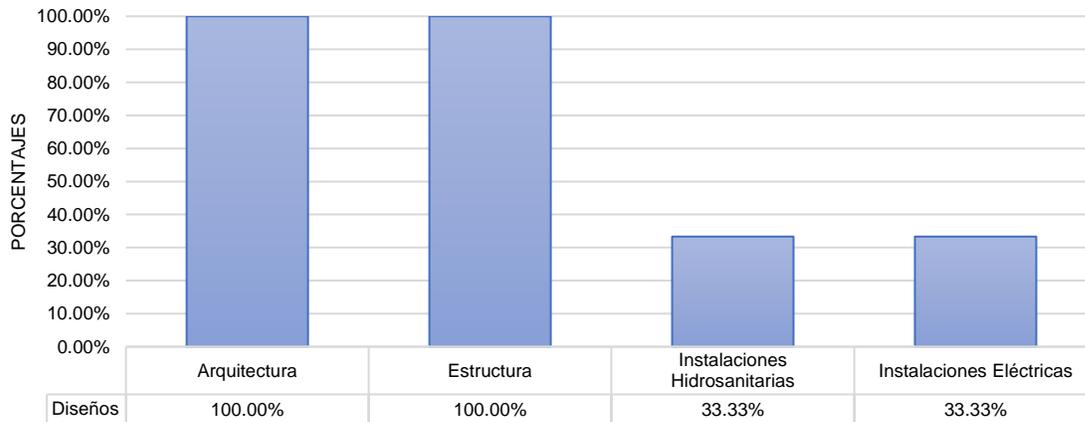
Fuente: Elaboración propia, 2023

Dentro del 37.5% que equivale a 6 de los 16 proyectos que participaron en la encuesta, se evidenció que el 33%, es decir, 2 de los proyectos, utilizaron herramientas BIM para el desarrollo de la totalidad de diseños (Arquitectura, Estructura, instalaciones hidrosanitarias y eléctricas), el restante 67% desarrollaron de manera parcial los diseños, en donde se caracterizaron por el uso de herramientas BIM para los proyectos arquitectónicos y de estructura.

Gráfica 10. Alcance de uso herramientas BIM para el desarrollo diseño.



Fuente: Elaboración propia, 2023

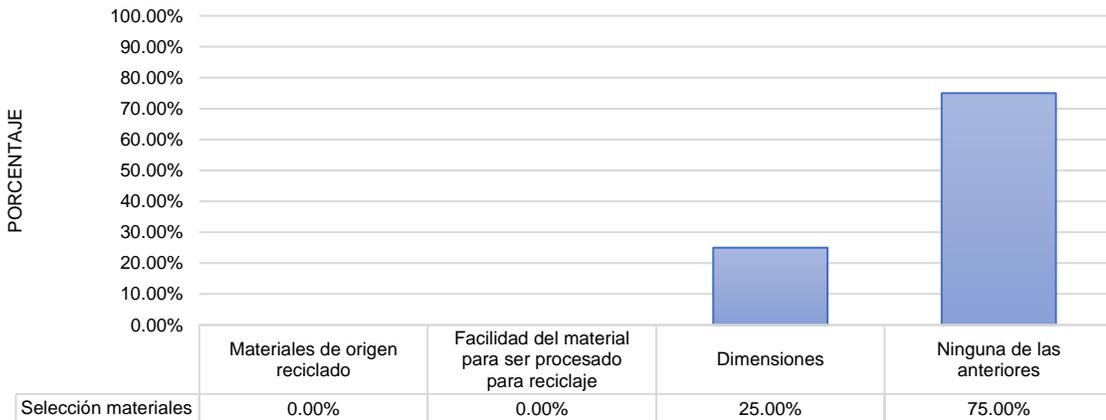
Gráfica 11. Usos BIM por especialidad

Fuente: Elaboración propia, 2023

Se encontró también que las especialidades con mayor uso de herramientas BIM son los diseños de proyectos arquitectónicos y de estructura, que cuenta con un 100% de desarrollo bajo esta metodología. Por otra parte, el 33.33% implementaron el uso de herramientas BIM para el desarrollo de los proyectos de diseño de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas.

Con el fin de determinar si existieron durante la Fase de Diseño consideraciones específicas para la selección de materiales a emplear durante la Fase de Construcción en cuanto a materiales de origen reciclado, facilidad del material para ser procesado para reciclaje y dimensiones del producto, se encontró que el 75% de los proyectos en fase de diseño no tuvieron, dentro de sus determinantes de selección de material, algún tipo de condición planteada, por cuanto el 25% se enfocó en las dimensiones de los materiales.

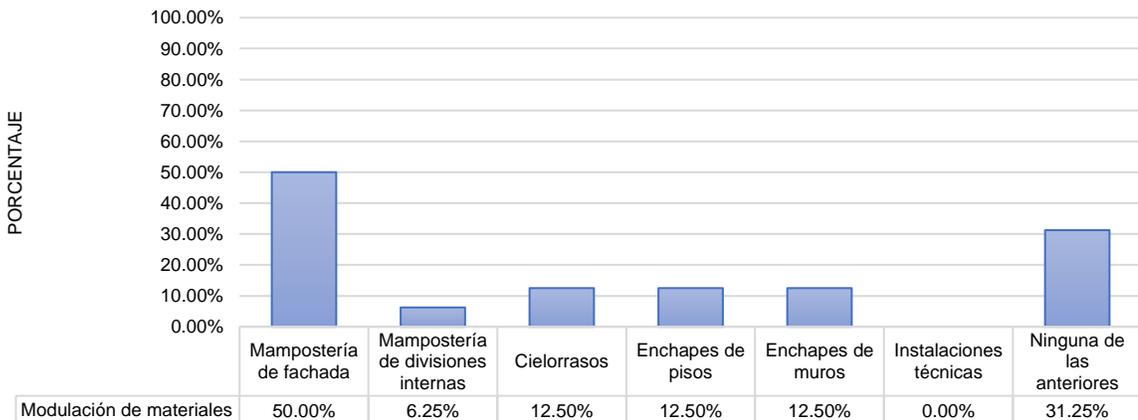
Gráfica 12. Consideración para selección de materiales



Fuente: Elaboración propia, 2023

Con el fin de indagar sobre la selección de materiales, se consultó sobre la modulación de los materiales a usar durante la fase de construcción. El 50% consideró esto para los muros de fachadas, y el 12.50% para enchapes de muros y pisos respectivamente. Por último, se encontró que el 31.25% no tuvo ningún tipo de consideración para la selección de materiales en función de la modulación de los materiales.

Gráfica 13. Modulación para selección de materiales



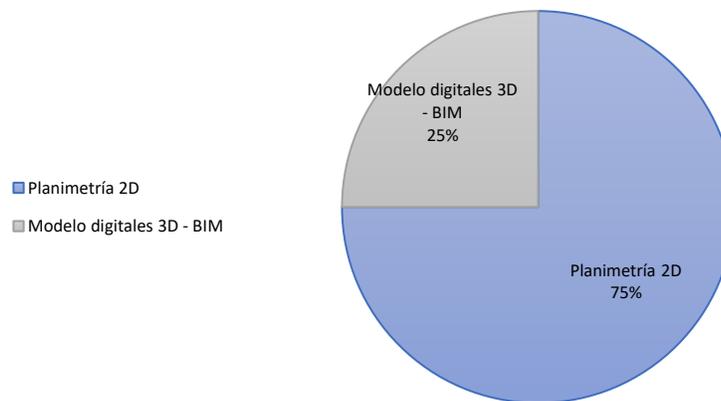
Fuente: Elaboración propia, 2023

Por último, se consultó sobre el tema de gestión de RCD durante la fase diseño con el fin de identificar y caracterizar los tipos y volúmenes de RCD para la fase de construcción, a lo cual el 100% de las respuestas dadas afirman que no tienen ningún tipo de consideración de generación de RCD en la Fase de Diseño.

4. Fase de coordinación.

Para determinar la resolución técnica de los proyectos de diseño, con el fin de incrementar la calidad y precisión de la información suministrada para la Fase de Construcción, se consulta sobre cómo se desarrolla el proceso de coordinación de los diseños. Se encontró que el 75%, equivalente a 12 proyectos, gestionan la coordinación a partir de información planimétrica 2D, mientras que el restante 25%, que corresponde a 4 proyectos, emplean modelos digitales 3D - BIM para el proceso de coordinación técnica de proyectos.

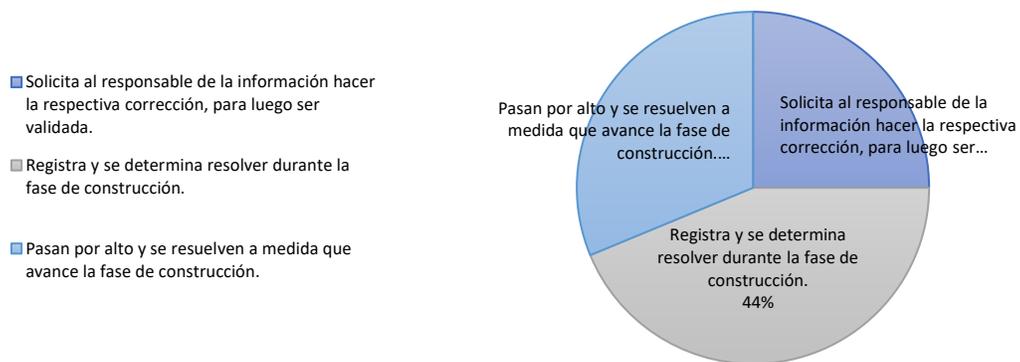
Gráfica 14. Proceso de coordinación de diseños



Fuente: Elaboración propia, 2023

Los datos anteriores proporcionan información sobre la implementación dentro de las organizaciones responsables del proyecto de indicadores de detección de interferencia, de manera que hagan seguimiento a la actualización de la información que se da en esta parte previa a la iniciación de la Fase de Construcción. El 75% no tiene contemplado estos indicadores, mientras que el 25% sí lo hace, esto, dado que los proyectos son desarrollados con el uso de modelos digitales 3D - BIM.

Gráfica 15. Solución de interferencias fase de diseño



Fuente: Elaboración propia, 2023

Por último, y dándole continuidad a los procesos de detección de inferencias dentro de los proyectos, se consultó sobre las acciones que se toman al momento de hacer la detección de interferencias dentro de los proyectos de Diseño, en donde el 25% de las respuestas, equivalente a 4 proyectos, establecieron que durante la Fase de coordinación se reporta y solicita al responsable la actualización de información. Por otra parte, el 43.75%, correspondiente a 7 proyectos, a pesar de identificar las interferencias, decidieron que se deben resolver durante la Fase de Construcción. Por último, el 31.25%, es decir 5 proyectos, determinan pasar por alto las interferencias para que sean resueltas a medida que avanza la Fase de Construcción.

5. Fase de planeación.

Teniendo en cuenta la tendencia del uso de herramientas BIM, en donde 6 de los proyectos afirmaron su uso dentro de la Fase de Diseño, se tiene que el 100% de estos consideraron el uso de esta información para generar procesos de simulación digital de la Fase de Construcción que permitiera entender el proceso de construcción de la edificación de manera que pudieran prevenir o minimizar la generación de RCD en la Fase de Construcción. Siendo así, 62% de los proyectos, al no contar con la disponibilidad de recursos de información, no realizaron una planificación de la Fase de construcción.

De estos 6 proyectos tan solo el 33.3% realizaron una planificación detallada para la gestión de materiales en cuanto a la programación de solicitud y recibo de material en obra durante la Fase de construcción, esto con el fin de evitar el almacenaje de materiales y trasiego de material y, de esta manera, prevenir la generación de RCD por manipulación inadecuada de material en obra. El 84% restante, que corresponde a 10 proyectos, no

contemplaron esta alternativa que les permita no tener desperdicio o deterioro de materiales por la ausencia de planeación en cuanto a solicitud y almacenamiento de estos.

6. Fase de Demolición / Deconstrucción.

Para conocer las condiciones existentes en los predios en donde se desarrollan los proyectos de vivienda en el área de estudio, se encontró que, para el 100% de los predios, se contaban con construcciones existentes y realizaron un proceso de cuantificación de los volúmenes de generación de RCD para la demolición de estas construcciones. Sin embargo, no se realizó ningún tipo de valoración y caracterización de RCD que se iban a generar durante la demolición de estas construcciones, por lo cual se pudo determinar que en ninguno de los casos se realizó un proceso de Deconstrucción que permitiera disminuir los volúmenes de RCD resultantes de esta actividad.

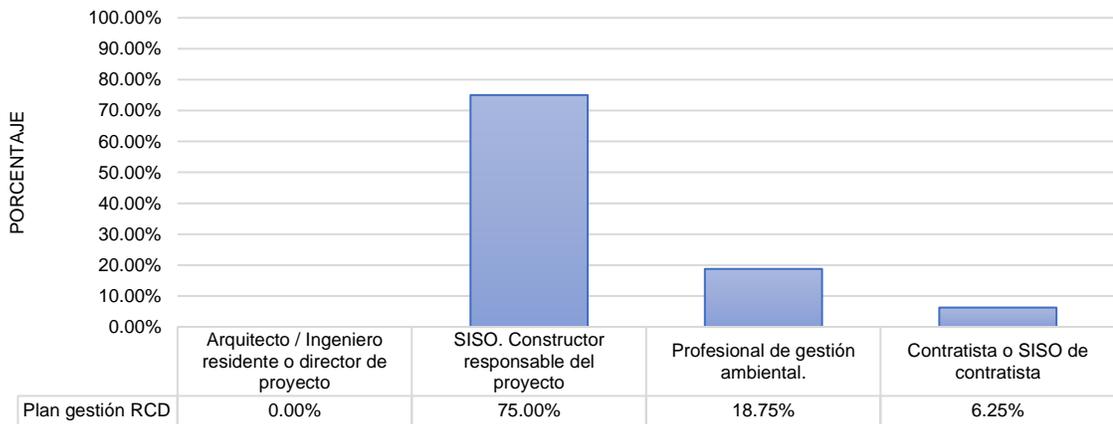
Por otra parte, al realizar procesos de demolición tradicional, no fue posible establecer indicadores que permitieran valorar y caracterizar los RCD para posteriores procesos recuperación que posibilitara la prevención de residuos llevados a los sitios de disposición final.

7. Fase de Construcción.

Se encontró que, en el 93.75% de los proyectos dentro del área de estudio, los planes de gestión de RCD, documento necesario para la ejecución de la obra y para el seguimiento por parte de las autoridades ambientales de la ciudad, fueron desarrollados por profesionales externos a la organización encargada de la construcción del proyecto, mientras el que restante 6.25% cuentan con un profesional responsable de esta labor.

Para el seguimiento del plan de gestión de RCD durante el desarrollo de la obra, se encontró que el 75% de esta labor está al cargo de la persona que cumple el rol de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial -SISO- perteneciente a la empresa constructora. En el 25% restante, se encuentra que el 6.25% encarga la responsabilidad del seguimiento de la gestión de RCD a los contratistas que ejecutan actividades dentro de la obra, y el 18.75% cuentan con un profesional de gestión ambiental vinculado directamente a la empresa constructora.

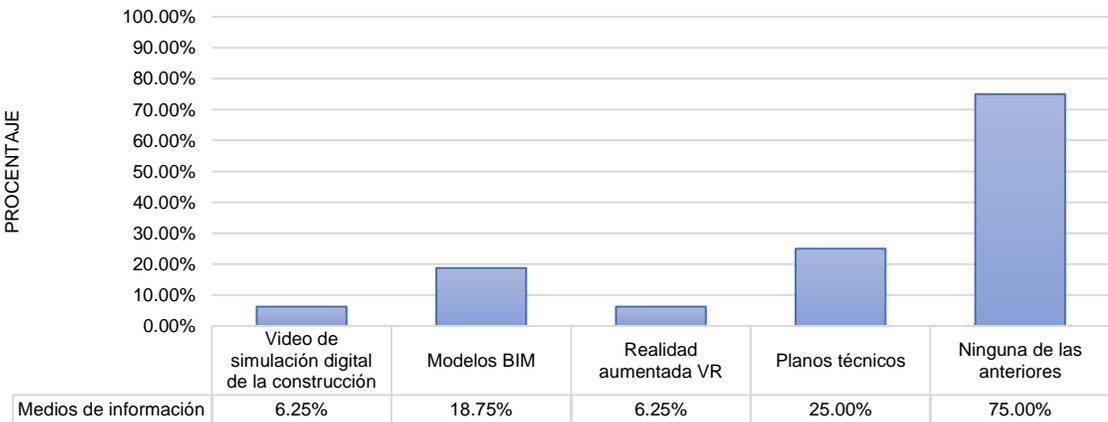
Gráfica 16. Plan de Gestión RCD en Fase de Construcción



Fuente: Elaboración propia, 2023

En cuanto a la divulgación de la información del proyecto previa a la ejecución de la Fase de Construcción, se consultó sobre si los actores involucrados en la ejecución de la construcción del proyecto estaban informados sobre la manera en que se debería hacer la ejecución del proyecto para lograr cero desperdicios, o la prevención y reducción de residuos; el 56.25% recibió esta información.

Gráfica 17. Divulgación de información previa a la Fase de Construcción



Fuente: Elaboración propia, 2023

Dentro de este porcentaje se indagó la manera en que la información fue presentada y se encontró que el 25%, equivalente a 4 proyectos, emplearon planos técnicos y Modelos BIM; el 18.75% emplearon únicamente planos técnicos; el 6.25% emplearon planos técnicos, Modelos BIM y videos de simulación digital del proceso de construcción del proyecto; el 6.25% restante a los medios digitales anteriormente mencionados, incluyeron

realidad aumentada para el proceso de divulgación de la forma en que se plantea la ejecución de la Fase de Construcción.

Se analizaron los aspectos sobre el conocimiento de los actores involucrados en la Fase de Construcción de los aspectos normativos para la gestión de RCD que incluyen deberes y responsabilidades, con un resultado de 100% de conocimiento sobre este aspecto. Sin embargo, el 93.75% de los proyectos no incluyó dentro de sus contratos cláusulas enfocadas a la gestión de los RCD para las actividades contradas durante la Fase de construcción.

Por último, en cuanto al seguimiento de la generación de RCD durante la Fase de Construcción, se consultó sobre la implementación de mediciones de generación y separación en la fuente de RCD, de manera que fuera posible llevar un registro a lo largo de la construcción del proyecto. Se encontró que tan solo el 12.50% de los proyectos consultados emplea esta labor, el restante 87.50% pasa por alto esta alternativa de control.

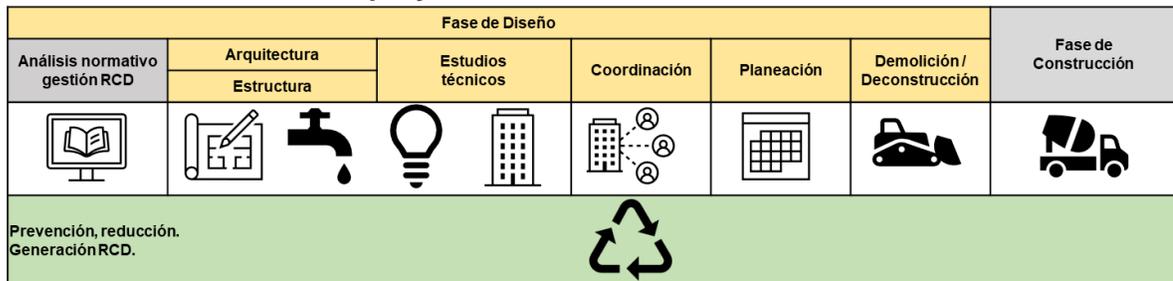
De lo anteriores resultados es posible percibir que la normativa de gestión de RCD está completamente adoptada en el área de estudio, en donde es conocida no sólo por los responsables de la construcción, sino también por los actores involucrados en la Fase de construcción, esto para el cumplimiento de lo dispuesto por parte de las autoridades ambientales distritales y nacionales. Sin embargo, es pertinente adoptar acciones que permitan buscar herramientas para la prevención de RCD a lo largo del proyecto, que partan desde el diseño, la coordinación y planeación de tal forma que, para la Fase de construcción, se brinde la posibilidad de tener mejores resultados en cuanto a la gestión de los RCD, incluyendo la Fase de Demolición / Deconstrucción.

Capítulo 4. Propuesta de implementación del plan de acción para la gestión de RCD en la ciudad de Bogotá

4.1 Introducción al Plan de Acción

El presente plan de acción, está enfocado hacia los profesionales involucrados en la actividad de la construcción (Arquitectos, Ingenieros y constructores), para que sirva de guía de trabajo con el propósito de dar un valor agregado a los procesos de diseño de los proyectos, en busca de la promoción del concepto de prevención y reducción de la generación de RCD durante el desarrollo de deconstrucciones y construcciones, y de esta manera, se contribuya a la mitigación de los impactos ambientales relacionados a los RCD.

Ilustración 133. Fases del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2023.

La intención de este plan de acción surge como una herramienta de aporte para la prevención y generación de RCD, a partir de una visión global del proyecto desde el análisis normativo, planteamiento inicial del proyecto, diseño, la coordinación técnica, planeación, deconstrucción y el proceso constructivo, de tal manera que se conozca de antemano las acciones pertinentes para cada etapa del proyecto con el objetivo de prevenir y racionalizar los recursos susceptibles de transformarse en residuos a lo largo de la ejecución de la construcción.

Las acciones que contienen este plan se apoyan en el uso de la metodología BIM, teniendo en cuenta la tendencia de la digitalización de la industria de la construcción, que permite mejorar los procesos de diseño, coordinación, planeación, previos a la construcción de los proyectos.

Para la implementación de este plan de acción, es fundamental la participación de los diferentes actores involucrados en el proyecto, desde los propietarios y promotores de los hasta los contratistas de la construcción, pasando por los ingenieros, arquitectos y demás profesionales que intervienen en esta.

La gestión de RCD para la ciudad de Bogotá es un tema relevante y necesario para garantizar una construcción sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Por esta razón, se espera que este plan de acción contribuya a mejorar la gestión de los residuos generados en la construcción, lo que a su vez tendrá un impacto positivo en la ciudad y en el entorno natural.

4.2 Conceptos Generales

Fases de proyecto

El desarrollo de los proyectos arquitectónicos e infraestructura se divide en fase de Diseño, Coordinación, Planeación, Construcción y Entrega. Estas fases se desarrollan de manera interdisciplinaria y su resultado es la documentación suficiente y necesaria la correcta ejecución del proyecto.

Building Information Modeling -BIM-

“Una metodología que vincula los procesos que tienen lugar durante la construcción de edificaciones o infraestructuras con la información requerida en estos procesos, y - una forma de trazar y describir los procesos de información a lo largo del ciclo de vida de las obras de construcción. Está destinada a facilitar la interoperabilidad entre las aplicaciones de software utilizadas durante todas las fases del ciclo de vida de las obras de construcción, incluidas las de planificación, diseño, documentación, construcción, operación y mantenimiento, y demolición. Promueve la colaboración

digital entre actores en el proceso de construcción y proporciona una base de exactitud, fiabilidad, repetitividad y alta calidad para el intercambio de información.”²²

BIM y RCD

BIM puede ayudar a la gestión de RCD al permitir la simulación y planificación de los procesos constructivos, lo que ayuda a prever los materiales que se utilizarán y los residuos que se generarán. Además, BIM puede ayudar en la identificación de materiales reutilizables y reciclables, lo que permite su aprovechamiento y reducción de residuos. Por lo tanto, el BIM puede ser una herramienta útil para la gestión de residuos en la construcción.

Key Performance Indicators -KPI-

“Los indicadores clave de rendimiento (KPI por sus siglas en inglés), son los indicadores clave cuantificables en un proceso hacia un resultado previsto. Los KPI brindan un enfoque para la mejora estratégica y operativa, crean una base analítica para la toma de decisiones y ayudan a centrar la atención en lo más relevante.

La gestión con el uso de KPI incluye el establecimiento de objetivos (el nivel deseado de rendimiento) y el seguimiento del progreso con respecto a esos objetivos dentro de un plan de acción.”²³

Sostenibilidad

En 1987, la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas definió la sostenibilidad como lo que permite *“satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades propias.”²⁴*

²² icontec internacional. (s.f.). NTC-ISO 29481-1:2022. Obtenido de Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio: <https://www.minvivienda.gov.co/estandares/nacionales/ntc-iso-29481-12022>

²³ KPI.org. (s.f.). *What is a Key Performance Indicator (KPI)?* Obtenido de <https://www.kpi.org/kpi-basics/>

²⁴ Naciones Unidas. (s.f.). Sostenibilidad. Obtenido de Naciones Unidas - Impacto Académico: <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad>

Residuos de Construcción

“Son los residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas, entre los cuales se pueden encontrar los siguientes tipos:

1. Residuos de Construcción y Demolición (RCD), susceptibles de aprovechamiento:

1.1. Productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno: coberturas vegetales, tierras, limos y materiales pétreos productos de la excavación, entre otros.

1.2. Productos de cimentaciones y pilotajes: arcillas, bentonitas y demás.

1.3. Pétreos: hormigón, arenas, gravas, gravillas, cantos, pétreos asfálticos, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, entre otros.

1.4. No pétreos: vidrio, metales como acero, hierro, cobre, aluminio, con o sin recubrimientos de zinc o estaño, plásticos tales como PVC, polietileno, policarbonato, acrílico, espumas de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos, compuestos de madera o cartón-yeso (drywall), entre otros.

2. Residuos de Construcción y Demolición (RCD) no susceptibles de aprovechamiento:

2.1. Los contaminados con residuos peligrosos.

2.2. Los que por su estado no pueden ser aprovechados.

2.3. Los que tengan características de peligrosidad, estos se regirán por la normatividad ambiental especial establecida para su gestión.”²⁵

Residuos de Demolición / Deconstrucción

La deconstrucción es un proceso de desmontaje selectivo de edificaciones o infraestructuras que busca la recuperación de materiales y elementos útiles de manera que puedan ser reutilizados o reciclados. A diferencia de la demolición, que implica la demolición total de la estructura, la deconstrucción se enfoca en la selección de los elementos a desmontar para su recuperación y posterior uso.

La deconstrucción es, por tanto, una estrategia que busca minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad en la industria de la construcción, al reducir la cantidad de residuos y aumentar el reciclaje y reutilización de materiales. En lugar de generar grandes volúmenes de residuos que deben ser llevados a vertederos, la deconstrucción permite la recuperación de materiales y elementos que pueden ser utilizados en la construcción de nuevas edificaciones o en otros proyectos.

Ciertamente, este proceso puede requerir más tiempo y esfuerzo que la demolición tradicional, y puede ser más costoso en algunos casos. Sin embargo, puede ser también una opción valiosa para proyectos que buscan promover la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental de la construcción.

Categorización de los RCD

Para determinar un correcto manejo de los residuos generados durante el desarrollo de una obra, es importante categorizarlos en Aprovechables y No Aprovechables, de manera tal que se sepa la manera correcta de caracterizar, gestionar, reutilizar, reciclar y hacer la disposición mitigando el impacto que estos puedan generar a lo largo de la ejecución de la obra.

²⁵ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (28 de febrero de 2017). *Resolución 472*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0472-de-2017/>

Generadores de RCD

“Persona natural o jurídica que realiza actividades de demolición, excavación y construcción, generando RCD para ser aprovechados o dispuestos finalmente según sus características.”²⁶

La normativa establece que los generadores, los gestores y las autoridades distritales son las responsables de velar por una correcta disposición de los RCD. Los constructores, como generadores de RCD, tienen una gran responsabilidad para dar un manejo adecuado a los residuos, ya que son quienes los generan con su actividad económica.

Ciclo de vida de materiales de construcción

“Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto (o servicio), desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. Las etapas del ciclo de vida incluyen la adquisición de materias primas, el diseño, la producción, transporte/entrega, uso, el tratamiento al finalizar la vida y la disposición final.”²⁷

La categorización dentro del ciclo de vida de los RCD puede ayudar a las organizaciones a identificar oportunidades para mejorar la eficiencia en el uso de los materiales, reducir la cantidad de residuos generados y minimizar los impactos ambientales negativos asociados con el ciclo de vida del producto.

Economía Circular y los RCD

“Parte del concepto de conservar el potencial de los materiales la mayor cantidad de tiempo posible para evitar que llegue a la disposición final considerados como desechos por medio de la reducción, reutilización y reciclaje, de esta manera se evita el incremento de volúmenes de residuos en los vertederos y adicionalmente,

²⁶ Secretaría de Ambiente de Bogotá. (2015). GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN - RCD EN LA OBRA. Obtenido de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/508242/Cartilla+RCD.pdf/bbaa467a-59dc-4e7a-9d12-bcc691abc0da>

²⁷ icontec internacional. (s.f.). NTC-ISO 14001: 2015 (Segunda actualización).

*evita la extracción de nuevos recursos no renovables para la fabricación de nuevos materiales.*²⁸

Para la construcción de obras civiles e infraestructura, la economía circular está de la mano con la gestión de RCD que se generan a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La correcta separación en la fuente permite que la industria de la construcción aporte el punto de partida para la creación de materiales y productos reciclados que se incorporen en los proyectos de construcción y, de esta manera, se evite mantener a la industria de la construcción dentro de la economía línea de producción, consumo y eliminación.

²⁸ De Miguel, C. M. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidad para una recuperación transformadora en Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/120)*. Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf

4.3 Implementación del Plan de acción

Como documento soporte a la normativa distrital y nacional de gestión de RCD, esta guía se desarrolla con el objetivo de aportar a la solución de los impactos ambientales que ocasiona la industria de la construcción, enfocado en los principios de la prevención y reducción de generación de RCD durante la construcción de proyectos.

Ilustración 14. Fases estructurantes del plan de acción.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Para la implementación de este documento se tiene entonces una serie de fases que son los elementos estructurantes del plan de acción. Dentro de cada una de estas Fases (Análisis normativo, diseño, coordinación, planeación, deconstrucción, construcción y lecciones aprendidas), se incluye el desarrollo de dos actividades:

1. Formulación de objetivo(s), que estén relacionados a la temática de la fase del proyecto particular.
2. Acción(es), conjunto de pasos necesarios para cumplir con el objetivo planteado en la fase de proyecto particular.

El conjunto de Fases, objetivos y acciones propuesto en este plan de acción incorpora aspectos normativos y técnicos, que sirvan para el análisis de información y toma de decisiones de los equipos involucrados dentro del desarrollo del proyecto en busca de la optimización de uso de los recursos, prevención y reducción de RCD.

4.3.1 Fase de análisis normativo de la gestión RCD

Objetivo. Determinar a partir de la consulta en los canales oficiales de los entes nacionales y distritales, leyes, decretos y resoluciones que se encuentren vigentes asociadas a la gestión de RCD, que permitan establecer el panorama inicial para ser consideradas en las fases siguientes de este plan de acción.

Acciones.

1. Analizar la normatividad vigente que se deba considerar para el desarrollo del proyecto, de esta manera garantizar el cumplimiento normativo para la gestión de los RCD a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
2. Realizar un informe técnico de la normativa enfocada a la gestión de los RCD, que sirva como insumo para la toma de decisiones en la fase de diseño, deconstrucción y construcción.
3. Establecer una hoja de ruta en donde se tengan lineamientos claros para el desarrollo del trabajo que se deben realizar y cumplir en las fases de diseño, deconstrucción y construcción.
4. Establecer las responsabilidades y roles de los actores involucrados en el proyecto, frente a la correcta gestión de los RCD.
5. Socializar la información recolectada y analizada a los equipos de trabajo, para garantizar de esta manera el conocimiento colectivo del equipo de trabajo.

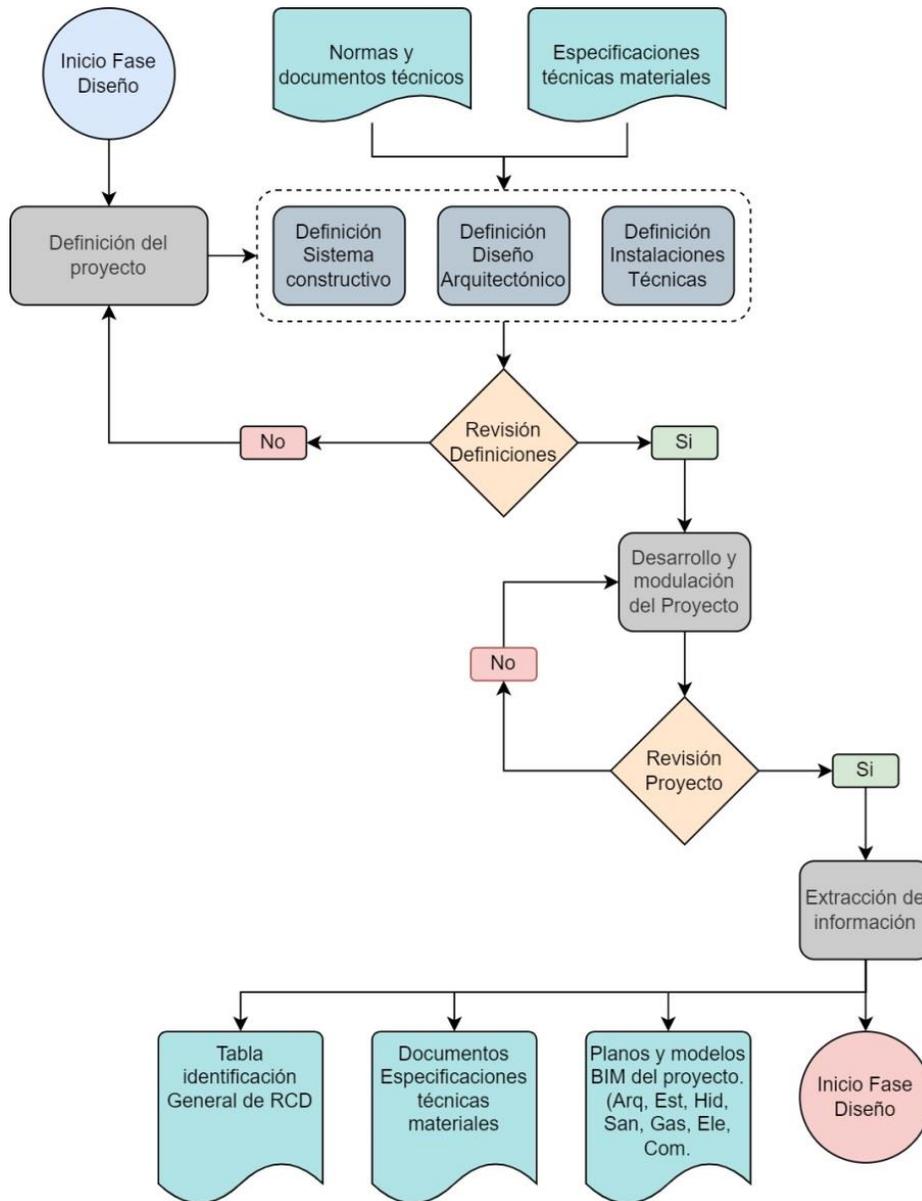




4.3.2 Fase de Diseño

Objetivo. Crear un flujo de trabajo en donde se permita validar las tomas de decisiones del desarrollo de los proyectos (arquitectura, estructura e instalaciones técnicas), frente a temas técnicos y selección estratégica de materiales, en busca de la de la reducción de RCD, así como también la identificación de potenciales RCD a generar durante la fase de construcción.

Ilustración15. Flujo de trabajo Fase de Diseño



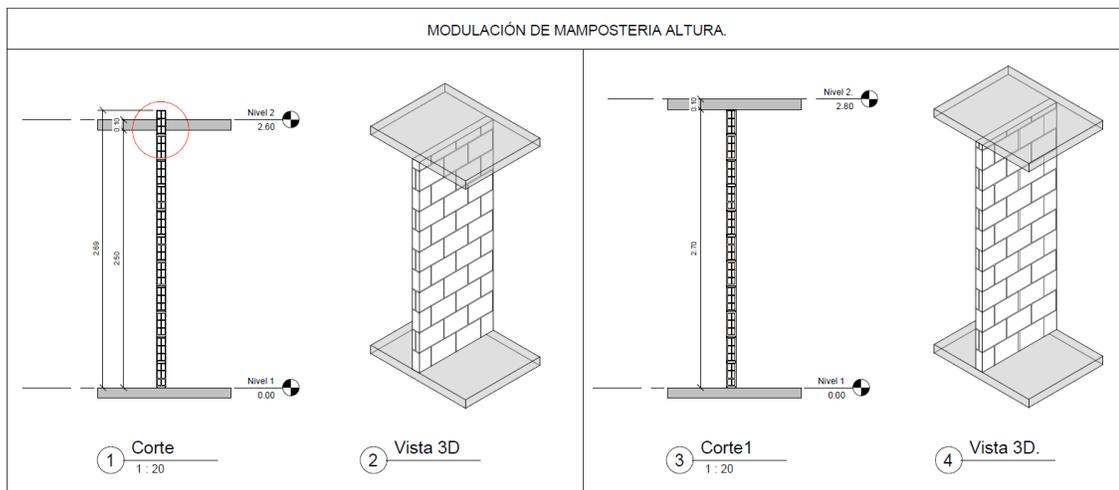
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Acciones.

1. Desarrollar las definiciones generales, en donde se establezcan las determinantes de diseño del proyecto, en cuanto a sistema constructivo, diseño arquitectónico e instalaciones técnicas.
2. Desarrollar documentos de especificaciones técnicas de materiales, en donde se incluyan las dimensiones para modulación, ciclo de vida de los materiales para evaluar los procesos de reutilización, recuperación, reciclaje y disposición final.
3. Mantener una iteración constante para validar la información de las acciones en los puntos 1 y 2, que permita garantizar el cumplimiento de las determinantes establecidas.
4. Desarrollar el proceso de diseño bajo la metodología BIM de los proyectos, en donde se incorpore la modulación de materiales establecidos en el punto 2 luego de su validación, para garantizar la optimización del uso de estos materiales en búsqueda de la prevención y reducción de generación de RCD durante la fase de construcción.
5. Mantener una iteración constante que permita garantizar la incorporación de la implementación de la modulación de materiales con relación al diseño establecido.

Ilustración 16. Modulación de elementos del proyecto.



Fuente: Elaboración propia, 2023. Autodesk Revit 2023

Por ejemplo, se puede definir una medida básica para los muros y utilizar múltiplos y submúltiplos de esta medida para construir las diferentes habitaciones y áreas del proyecto. Esto permite ajustar los tamaños de las habitaciones y áreas para que se adapten a la medida básica y se utilicen mejor los materiales, lo que previene y reduce la generación de RCD en la fase de construcción.

En el caso específico de mamposterías de fachada y/o muros interiores, se puede optimizar el uso de bloques de mampostería No 4 y/o No 5 mediante la modulación en altura durante la fase de diseño. Esto permitiría ajustar las alturas libres para prevenir la generación de RCD durante esta fase.



Fase de Diseño

Tabla 11. Modulación de alturas muros divisorios y/o fachadas en mampostería. Bloque No 4 / No 5. Fase de diseño

ALTERNATIVA DE ALTURAS No 1								
Altura libre	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80
Altura modulo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cantidad Hiladas	10.00	10.20	10.41	10.61	10.82	11.00	11.22	11.43
Unidades ladrillos	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	11.00	11.00	11.00
Porcentaje desperdicio ultima hilada	0%	20%	41%	61%	82%	0%	22%	43%

ALTERNATIVA DE ALTURAS No 2								
Altura libre	2.45	2.70	2.94	3.19	3.43	3.68	3.92	4.17
Altura modulo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cantidad Hiladas	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Unidades ladrillos	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Porcentaje desperdicio ultima hilada	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

A partir de la información de la tabla 4, se pueden obtener indicadores de desperdicio que permiten la toma de decisiones durante la fase de diseño en busca de la prevención y disminución de RCD durante la fase de construcción.

La alternativa 1 no contempla el uso de medida básica, presentando en los porcentajes de desperdicio en la última hilada de la mampostería hasta un 82%, desperdicio que no es utilizable debido a que las fracciones residuales no cumplen con la altura necesaria para ser reutilizadas.

Por tal razón se sugiere, que las alturas libres de la estructura de la edificación contemplen esta variable de tal manera que se permita el uso de la totalidad de la medida básica generando 0% de desperdicio, como sería el caso de la Alternativa 2.



Estos indicadores de desperdicio en última hilada sirven de variables de diseño que permiten validar las decisiones tomadas en la fase de diseño en pro de mejorar los indicadores de rendimientos de los materiales en fase de construcción, que a su vez previenen o disminuyen los indicadores de volúmenes de generación de RCD y mejora el rendimiento económico del proyecto en función de la compra de menores cantidades de insumos.

6. Validar la información de las acciones los puntos 4, para la iniciar el proceso de extracción de información de los proyectos desarrollados en cuanto a:
 - Documentación de especificaciones técnicas de materiales.
 - Planos y modelos BIM de los proyectos (arquitectura, estructura e instalaciones especiales).
7. Desarrollar una matriz que permita identificar los materiales a utilizar en cada etapa de la construcción, tales como cimentación, estructura, envolventes, divisiones internas, instalaciones técnicas, acabados y obras exteriores. Esta matriz permite determinar los posibles tipos de RCD que se generarán.
8. Generar un plan de acción para la gestión de RCD, según se determine la categoría, estimación de volumen y disposición final.

Tabla 12. Tabla de identificación RCD por fases de construcción

Fase Construcción.	Grupo RCD	Clase RCD	Composición	RCD				Volumen Estimado	
				Aprovechable		Peligroso		Aprovechable	Disposición Final
				Si	No	Si	No		
Cimentación.									
Estructura.									
Envolventes.									
Instalaciones Técnicas.									
Acabados.									
Obras Exteriores									
Total, Volumen Estimado. M3.									

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Para gestionar adecuadamente la información de la tabla de identificación general de RCD, se recomienda emplear la clasificación de residuos de construcción y demolición que se presenta en el documento "*Guía para la elaboración del Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición - RCD en la Obra*" de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, D.C.



Tabla 13. Tabla de identificación general RCD

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
RCD APROVECHABLES	I- Residuos mezclados	1. Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.
	II-Residuos de material fino	1. Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.
		2. Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.
III- Otros Residuos	1. Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.	
RCD NO APROVECHABLES	IV-Residuos peligrosos	1. Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos, patógenos (biológicos)	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias, desechos explosivos.
	V-Residuos especiales	No definida	Poliestireno - Icopor, cartón-yeso (drywall), llantas entre otros.
	VI- Residuos contaminados con otros residuos	1. Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos. Estos deben ser dispuestos como residuos peligrosos.
		No definida	Residuos contaminados con otros residuos, que hayan perdido las características propias para su aprovechamiento.
VII- Otros residuos	No definido	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reusó en las obras.	

Fuente: Elaboración propia, 2023, tomado de Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2015.

La información obtenida a través de la matriz de identificación de materiales y su correspondiente clasificación de RCD permite validar la idoneidad de los materiales especificados durante la fase de diseño con el fin de buscar alternativas en caso de que se generen residuos no aprovechables, tales como residuos peligrosos o especiales. Además, permite establecer planes de acción para la gestión de los RCD aprovechables evitando que se mezclen y pierdan su potencial de aprovechamiento debido a cuestiones operativas, lo que aumentaría el volumen de RCD que terminarían en disposición final.

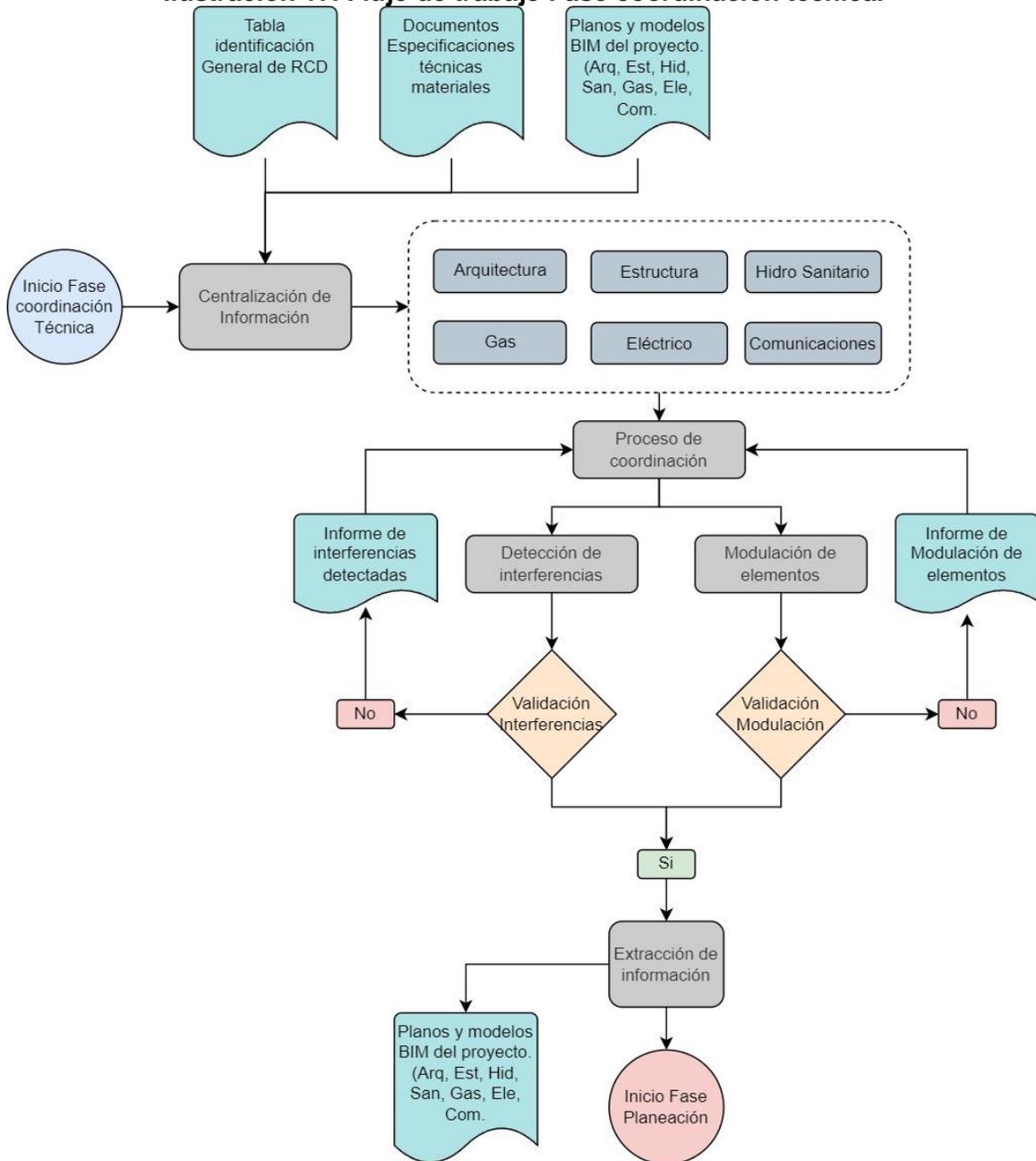
La identificación temprana de los RCD aprovechables y sus volúmenes durante la fase de diseño permite analizar la forma en que pueden ser reducidos o reutilizados durante la fase de construcción, disminuyendo, así, los volúmenes de RCD que deben ser dispuestos finalmente.



4.3.3 Fase de Coordinación

Objetivo. Resolver las interferencias que surjan durante la fase de diseño entre los diferentes proyectos (arquitectura, estructura e instalaciones técnicas), mediante la centralización de los modelos BIM, de esta manera garantizar el suministro de una correcta información técnica para la fase de planeación y construcción, que permita prevenir y reducir la generación de RCD por cuenta de reprocesos en la fase de construcción.

Ilustración 17. Flujo de trabajo Fase coordinación técnica.



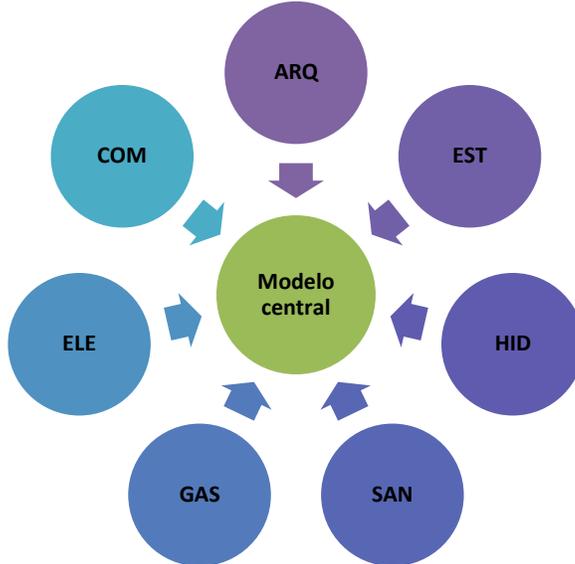
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Acciones.

1. Centralizar los modelos BIM, de los diseños de cada proyecto (arquitectura, estructura e instalaciones técnicas).

Ilustración 18. Centralización de información del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2023.

2. Desarrollar una matriz clara y precisa, que permita establecer el orden de proceso de detección de interferencias entre los modelos BIM de cada diseño que conforman el proyecto.

Tabla 14. Tabla de coordinación técnica proyectos BIM.

Matriz coordinación BIM		Especialidad Primaria						
		ARQ	EST	HID	SAN	GAS	ELE	COM
Especialidad Secundaria	ARQ							
	EST							
	HID							
	SAN							
	GAS							
	ELE							
	COM							

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3. Establecer niveles de jerarquía para el proceso de revisión y detección de las interferencias, de acuerdo con el uso y la tipología del proyecto.
4. Realizar el proceso de detección de interferencias y colisiones entre los modelos BIM de los proyectos (arquitectura, estructura e instalaciones técnicas), en el caso que se presenten interferencias, es necesario solicitar al especialista que subsane dicha interferencia en un tiempo límite.
5. Realizar iteración de validación del modelo entregado por el especialista hasta la subsanación y liberación de la colisión, desarrollando así el informe de interferencias detectadas.
6. Realizar el proceso de verificación de modulación de elementos que componen los proyectos, para garantizar la correcta ejecución de los diseños, que permita garantizar la prevención y reducción de generación de RCD durante la fase de construcción.
7. Realizar iteración de validación de modulación de elementos entregados por el especialista hasta la subsanación, desarrollando así el informe de modulación de elementos.
8. Realizar el seguimiento y control de los informes de detección de interferencias y colisiones entre los diseños (arquitectura, estructura e instalaciones técnicas), que permita cuantificar las interferencias nuevas, activas, revisadas, aprobadas y resueltas.



Ilustración 19. Reporte identificación de interferencias y colisiones.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
ARQ VS ELE	Old	435	0	0	0	435	0
ARQ VS GAS	Old	75	0	0	0	0	75
ARQ VS HID	Old	163	0	0	0	0	163
ARQ VS RCI	Old	40	0	0	0	0	40
ARQ VS SAN	Old	201	0	0	0	0	201
EST VS ELE	Old	301	0	0	0	1	300
EST VS GAS	Old	74	0	0	0	0	74
EST VS HID	Old	200	0	0	0	0	200
EST VS RCI	Old	32	0	0	0	0	32
EST VS SAN	Old	0	0	0	0	0	0
GAS VS ELE	Old	20	0	0	0	0	20
GAS VS HID	Old	8	0	0	0	0	8
HID VS ELE	Old	17	0	0	0	0	17

Fuente: Elaboración propia, 2023. Autodesk Navisworks 2023

9. Implementar KPI que permita medir y comparar la disminución de incidencias y colisiones en la fase de coordinación cada vez que se hagan actualizaciones de los modelos BIM suministrados por las partes involucradas.

Figura 1. KPI % de Colisiones.

$$\% \text{ Colisiones } A = \frac{\text{Cantidad Colisiones Rev1}}{\text{Cantidad Colisiones Rev2}} \times 100$$

Cantidad colisiones Rev1: Datos obtenidos durante la revisión de proyecto específico (Arq, Est, hid, San, Gas, Ele o Com).

Cantidad colisiones Rev2: Datos obtenidos durante la revisión de proyecto específico (Arq, Est, hid, San, Gas, Ele o Com).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

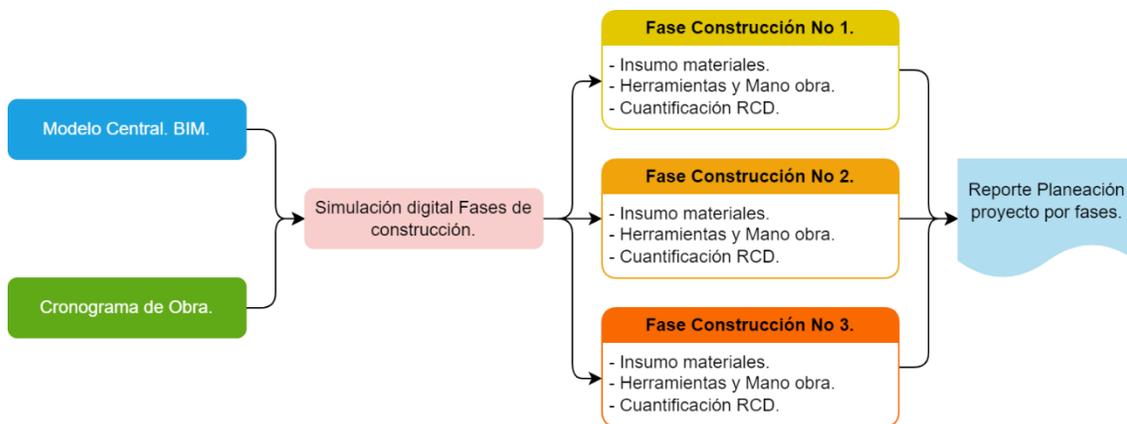
10. Consolidar planos y modelos BIM finales, con la información necesaria y detallada para las fases de planeación y construcción que cuente con la precisión apropiada para que los constructores y contratistas conozcan de antemano la manera en que se debe hacer la ejecución de la construcción, buscando así la disminución de generación de RCD.



4.3.4 Fase de Planeación

Objetivo. Definir y organizar las actividades, asignación de tareas y responsabilidades a los diferentes miembros del equipo de construcción así como los recursos necesarios para llevar a cabo un proyecto de construcción que permita lograr una ejecución eficiente, así mismo definir el plan de acción para prevenir y reducir la generación de RCD, estableciendo así herramientas para el uso racional de los materiales a lo largo de la construcción de acuerdo con la información generada durante la fase de diseño y coordinación.

Ilustración 20. Flujo de trabajo Fase coordinación



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Acciones.

1. Desarrollar un cronograma de ejecución de proyecto, en donde se contenga la totalidad de las tareas a desarrollar durante la fase de construcción.
2. Incorporar el modelo BIM que contenga los diseños (arquitectura, estructura e instalaciones técnicas), para la vinculación de los elementos que componen dicho modelo al cronograma de ejecución de proyecto de la acción del punto 1.
3. Crear una simulación digital de la construcción a partir del cronograma de obra vinculado al modelo BIM, con el fin validar las decisiones que se tomen en esta fase de planeación y desde el aspecto técnico de la construcción, de tal forma que la secuencia de actividades sea coherente y no afecte el buen desarrollo del proyecto.
4. Establecer las fases de construcción que se asociadas al proyecto, para la extracción de reportes que contengan la siguiente información:
 - Cantidades y listado de insumo y materiales.

- Herramientas, equipos especiales y mano de obra.
- Cuantificación de RCD de acuerdo con la estimación de volúmenes establecido en el punto 6 de la fase de diseño.

La extracción de esta información del modelo BIM permite a los actores involucrados determinar los recursos necesarios para la correcta coordinación de los pedidos de materiales en el momento adecuado de acuerdo con las tareas programadas, esto con el fin de optimizar el almacenaje en obra y evitar la manipulación en sitio de los materiales cuando no sea necesario, protegiendo la integridad de estos y evitando que se generen RCD por cuenta de los trasiegos en la fase de construcción.

Ilustración 21. Cuadro cantidades materiales. Mampostería. Bloque No 4

Mampostería. Bloque No 4			
MATERIAL	NIVEL	AREA	UND BLOQUE No 4
Bloque arcilla No 4	Planta Nivel 1	419.22	5869.08
Bloque arcilla No 4	Planta Nivel 2	212.08	2969.12
Bloque arcilla No 4	Planta Nivel 3	212.08	2969.12
Bloque arcilla No 4	Planta Nivel 4	205.59	2878.26
Bloque arcilla No 4	Planta Nivel 5	209.44	2932.16
Bloque arcilla No 4	Planta Nivel 6	188.23	2635.22
Bloque arcilla No 4	Planta Nivel 7	233.34	3266.76
Bloque arcilla No 4	Planta Nivel 8	113.68	1591.52
	Totales	1793.66	25111.24

Fuente: Elaboración propia, 2023. Autodesk Revit 2023.



4.3.5 Fase de Deconstrucción

Objetivo. Plantear la deconstrucción estratégica de edificaciones y estructuras existentes, a partir de la valoración de los residuos que surjan durante la ejecución, para llevar a cabo. De una manera eficiente, los procesos de aprovechamiento, reutilización y reciclaje, con el propósito de reducir los volúmenes de RCD destinados a disposición final.

Acciones.

1. Hacer una valoración completa de la edificación o estructura a dismantelar con el fin de conocer las características de los materiales que se deben gestionar, así como su volumen.

Tabla 15. Tabla de identificación general RCD Fase Deconstrucción.

Fase Deconstrucción	Grupo RCD	Clase RCD	Composición	RCD				Volumen	
				Aprovechable		Peligroso		Aprovechable	Disposición Final
				Si	No	Si	No		
Excavación.									
Cimentación.									
Estructura.									
Envolventes.									
Instalaciones Técnicas.									
Acabados.									
Obras Exteriores									
Total, Volumen Estimado. M3.									

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En el desarrollo de la tabla de identificación general de RCD Fase de deconstrucción se sugiere el uso de la información consignada en la clasificación de residuos de construcción y demolición que se presenta en el documento "*Gestión Integral de RCD*" de la Secretaría de Medio Ambiente de 2015.

2. Establecer indicadores que permitan posicionar e identificar los porcentajes de volúmenes de RCD que se generan en la deconstrucción de las edificaciones y estructuras existentes de acuerdo con la agrupación (Excavación, cimentación, estructura, envolventes, instalaciones técnicas, acabados y obras exteriores), y que sean aprovechables.

**Figura 2. KPI % Extracción de RCD aprovechables Fase deconstrucción.**

$$\% \text{ RCD Extracción RDC aprovechable} = \frac{\text{Volumen RCD Aprovechable}}{\text{Volumen RCD Total}} \times 100$$

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El resultado de porcentaje de RCD aprovechable en la fase de deconstrucción tiene como objetivo clasificar en niveles de acuerdo con los porcentajes de extracción, clasificación y entrega de RCD aprovechables en plantas de tratamientos durante la fase de deconstrucción.

Tabla 16. Clasificación de Extracción clasificación y entrega de RCD aprovechables.

Tabla de clasificación de extracción clasificación y entrega de RCD aprovechables.					
Nivel	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
% RCD Aprovechable	0 % - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3. Identificar a partir del resultado dado por el KPI Extracción de RCD aprovechables Fase de construcción, el nivel de prevención de disposición final de RCD en el proceso de deconstrucción de acuerdo con la tabla de clasificación de extracción clasificación y entrega de RCD aprovechables.



4.3.6 Fase de Construcción

Objetivo. Ejecutar la construcción del proyecto, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las fases de diseño, coordinación, planeación, en procura de la optimización de recursos que permita lograr la prevención y reducción de RCD durante esta fase.

Acciones.

1. Realizar un comité técnico de iniciación de obra, con los actores involucrados para realizar la socialización de la información concerniente a la ejecución de la fase de construcción del proyecto.
2. Presentar información técnica del proyecto apoyada en planimetría técnica, simulación digital de las fases constructivas a partir de modelos BIM, informes de especificaciones técnicas de materiales, modulación y consideraciones relevantes para la correcta ejecución, prevención y disminución de generación de RCD durante la fase de construcción.
3. Dar a conocer el marco legal de la gestión de RCD, las obligaciones y deberes frente a la gestión de RCD durante el desarrollo de las actividades contratadas.
4. Incorporar información sobre el marco legal de gestión de RCD en contratos entre constructor y contratistas, informando a los equipos sobre obligaciones y deberes durante la fase de construcción.
5. Medir los volúmenes de RCD generados durante cada una de las actividades que comprenden la fase de construcción, para ser comparados con los volúmenes estimados de la tabla de identificación general RCD desarrollada en la Fase de Diseño punto 6.

Tabla 17. Tabla medición Generación de RCD por fase de construcción.

Tabla medición Generación de RCD por fase de construcción.				
Fase Construcción				
Contratista				
Grupo RCD	Clase	Componente		
Nivel	Volumen RCD m ³		% Variación Generación RCD	
	Generado	Estimado		
Planta 1				
Planta 2				
Planta ...				
Total				

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El objetivo de esta tabla es permitir el control a los contratistas a partir de niveles de desempeño dados por la variación de generación de RCD, de acuerdo con las mediciones de volúmenes generados versus los estimados en la fase de diseño.

Figura 3. KPI % Variación Generación RCD.

$$\% \text{ RCD Variación RCD} = \frac{\text{Volumen RCD Generado}}{\text{Volumen RCD Estimado}} \times 100$$

Tabla 18. Tabla de clasificación variación de generación RCD

Tabla de clasificación variación de generación RCD.					
Nivel	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
% RCD Aprovechable	0 % - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La medición y seguimiento de variación en la generación de RCD es una herramienta que tiene como objetivo identificar las actividades de la fase de construcción, en la cual se generan más residuos, y tomar acciones correctivas encaminadas a lograr cero desperdicios o la prevención y reducción de volúmenes de RCD.



Fase de
Construcción

4.3.7 Lecciones aprendidas

Objetivo. Reunir y analizar la información sobre las acciones desarrolladas durante cada fase del proyecto, para evaluar su pertinencia, experiencias de desarrollo; detectar vacíos o posibilidad de mejorar las acciones propuesta en función de fortalecer los conceptos de prevención y reducción de RCD.

Acciones.

1. Consultar a los actores involucrados sobre la experiencia obtenida con la implementación de este plan de acción durante el desarrollo del proyecto.
2. Evaluar los objetivos establecidos en cada una de las fases, para determinar si fueron cumplidos de manera satisfactoria. De lo contrario, en el caso en que no fueron cumplidos de manera satisfactoria, evaluar los objetivos y las acciones para ser mejorados.
3. Recolectar los datos consignados durante la fase de construcción en la Tabla de medición Generación RCD del punto 6, de la fase de construcción, para el análisis de resultados de prevención y reducción de generación de RCD.
4. Consolidar un informe general al cierre de la obra en donde se resuma toda la información recopilada, que sirva para establecer proceso de mejora continua del plan de acción para futuros proyectos.



5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La gestión de RCD ha sido objeto de un creciente interés y atención por parte de las autoridades nacionales y distritales en Colombia durante las últimas dos décadas. En este periodo de tiempo, se ha identificado el aumento progresivo en la cobertura de las políticas y regulaciones enfocadas a la gestión de RCD. Las autoridades han reconocido la necesidad de afrontar este problema de manera integral para fortalecer el concepto de sostenibilidad dentro de la industria de la construcción.

El conjunto de acciones que hacen parte del marco normativo encaminadas a la gestión de RCD, en cuanto a la caracterización, separación en la fuente, prevención, recuperación, reciclaje y disposición final, se han enfocado, durante las últimas décadas, únicamente a la Fase de Construcción. Esto evidencia una carencia legislativa en la que se guie al constructor a disminuir y proyectar los manejos de RCD desde etapas tempranas. Por lo tanto, es pertinente considerar el concepto de prevención de generación en las etapas previas a la iniciación de la Fase de Construcción, es decir, en las Fases de Diseño, Coordinación y Planeación.

En este sentido, al realizar la caracterización del marco normativo nacional y distrital de gestión de RCD, se pudo observar que las normativas propuestas desde el 2005 hasta el año 2015 no contemplaban las fases iniciales de los proyectos. No fue sino hasta el año 2017 que empezó a tenerse en cuenta aspectos relacionados con los RCD en la fase de diseño, siendo un primer paso hacia la identificación de los residuos, previo a la ejecución de la obra. Sin embargo, aunque la normativa ya ha empezado a incursionar en la prevención más que en la corrección, tan solo el 20% de los aspectos tenidos en cuenta en el presente trabajo de la fase de diseño son abordados, y aún quedan vacíos que deben ser estudiados, respecto a la prevención temprana de generación de RCD.

De igual forma, sumado a la carencia de normativa referente a la prevención, la revisión de literatura abordada evidenció que el enfoque del marco normativo nacional de RCD no considera el concepto de Deconstrucción como alternativa para la Demolición tradicional. La Deconstrucción, como proceso, se enfoca en desmontar y separar cuidadosamente los elementos de la construcción existente, con el objetivo de maximizar la reutilización a partir de la valoración en búsqueda de la disminución de volúmenes de residuos no aprovechables destinados a la disposición final.

En la revisión realizada a los referentes normativos internacionales que abarcan la temática de la gestión de RCD, se revisaron y analizaron los marcos normativos de Chile y Ciudad de México. Para ambos casos se puede concluir que se han establecido metas y programas para incentivar la recuperación, reutilización y reciclaje de los RCD, acompañado con programas para incentivar la valoración de los residuos en busca de fomentar la economía circular. También se han adoptado dentro del marco normativo planes de implementación de gestión de RCD.

No obstante, para el caso puntual de Chile, se encontraron aportes específicos al caso de estudio como lo es la incorporación de la responsabilidad extendida, lo que implica que los generadores de RCD asumen la responsabilidad a lo largo de la gestión de los residuos. Adicionalmente, a partir del sistema de clasificación y valoración de RCD incorpora el concepto de técnica de valoración, que se refiere a la identificación, si se cuenta o no con la posibilidad de implementar tecnología disponible para el tratamiento de RCD, y, de igual manera, a la identificación de la generación de los RCD de acuerdo con la fase de construcción.

Por su parte, en ciudad de México el marco normativo de gestión de RCD se ha enfatizado en aspectos de prevención y minimización por medio del control y seguimiento de los residuos generados a partir de modelos de gestión. De acuerdo con la clasificación de RCD establecida dentro de sus lineamientos. Esta información se complementa con la identificación de aprovechamiento de residuos para la elaboración de elementos no estructurales. De esta manera, se promueve que dichos elementos contengan porcentajes de residuos para la fabricación de nuevos materiales.

En cuanto a la revisión del referente nacional, para el caso del área metropolitana del Valle de Aburrá se tiene que, al igual que para la ciudad de Bogotá, D.C., el marco normativo nacional que se aplica es el mismo. Sin embargo, para el caso particular del Valle de Aburrá, principalmente, se identifica la incorporación de una serie de guías de construcción sostenible en donde se destaca la guía para el diseño de edificaciones sostenibles.

El análisis de normativa nacional permitió concluir la importancia de la etapa de diseño para la promoción de la reducción de la generación de RCD por medio de acciones específicas como lo es la selección de procesos constructivos a través de la validación de estos y en función de impactos ambientales, viabilidad económica y la relación costo-beneficio de las decisiones tomadas en la fase de diseño.

Por otra parte, la importancia de la incorporación de temas de cómo la modulación que establece un medio para lograr la disminución de RCD, así como también la disminución de mayor demanda de insumos en la ejecución de la construcción.

Sin embargo, es de resaltar que actualmente la normativa cuenta con herramientas, a pesar de que exige un seguimiento superficial a la disposición y generación de RCD. Esto evidencia un vacío en cuanto a la medición de la cantidad de residuos que son generados lo que, a su vez, se puede ver reflejado en información disponible respecto a la cantidad de RCD que es generada por obra. En este sentido, los resultados respecto a los volúmenes de residuos producidos por las actividades que se estudian en el presente trabajo son limitados. Esto puede deberse a una falta de interés por parte de los constructores o, bien, a un escaso conocimiento sobre la posibilidad de mejorar los rendimientos mediante el mejoramiento de uso de residuos de construcción.

Teniendo en cuenta la adopción de la digitalización de la industria de la construcción como tendencia mundial, en Colombia existe un vacío frente a este tema, por lo cual la iniciativa nacional busca la incorporación de esta tendencia a través del uso de metodologías y herramientas BIM en proyectos estatales. Esto busca expandir la implementación también a proyectos privados. En este sentido, en un intento inicial surge la Resolución 0111 de 2020, en la que se sugiere la incorporación de estas herramientas digitales de manera opcional para los trámites correspondientes a la obtención de Licencias de Construcción

de obras nuevas. Sin embargo, esta resolución perdió vigencia en 2021, lo que representa un retroceso, teniendo en cuenta que en Colombia se plantea la implementación gradual de BIM en proyectos con participación del gobierno nacional.

Es importante que, para el sector privado, se establezcan metas enfocadas a propiciar el uso de tecnologías digitales que permitan aumentar la productividad y el valor agregado en el desarrollo del diseño de proyectos que, llevados a la ejecución de la construcción, permitan mejorar los procesos de la construcción y la reducción de impactos ambientales negativos, incluyendo la reducción y prevención de generación de RCD.

Por su parte, al identificar los modelos de gestión de RCD en el área de estudio en la porción determinada dentro de la UPL Usaquén de la ciudad de Bogotá, enfocada a proyectos de vivienda, se pudo concluir que, en cuanto al aspecto de procesos constructivos, los proyectos se desarrollan con sistemas constructivos tradicionales, estructuras en concreto con sistema aporticado y uso de mampuestos para conformar las envolventes y particiones de espacios internos. Esto resalta la baja incorporación tecnológica en cuanto al uso de sistemas alternos o el uso de elementos prefabricados. Por otra parte, la ausencia de la adopción de modulación vertical para muros divisorios aumenta la generación de residuos en esta actividad, descartando el uso de las fracciones de esos materiales.

En este sentido, con respecto a la implementación de herramientas y metodologías BIM, se concluyó que hay un porcentaje significativo de los proyectos analizados que no hacen uso de estas, lo que podría afectar la eficiencia e identificación de interferencias. Esto, en razón a que los procesos de coordinación de los diseños se hacen a partir de información planimétrica 2D. En consecuencia, la detección de dichas interferencias presenta un mayor nivel de dificultad en etapas tempranas del proyecto, trasladando esta labor a la Fase de Construcción, lo que a su vez evita que se haga seguimiento de las acciones correctivas de la información para la prevención de generación de RCD durante la fase de construcción.

Por otro lado, en la incorporación de planes de gestión de RCD, se evidencia que la totalidad de las empresas involucradas en la construcción de proyectos en el área de

estudio, cuentan con esta documentación de carácter obligatorio establecido en el marco normativo nacional y distrital. Sin embargo, estos planes de gestión de RCD son desarrollados en su mayoría por profesionales externos, lo cual representa un aspecto para tener en cuenta debido a que la ausencia de conocimiento específico de los proyectos repercute en la ejecución de la labor de gestión de RCD en la construcción por el desconocimiento de factores claves que permitan potenciar planes enfocados a la prevención y disminución de RCD.

Referente a la Fase de Construcción, se pudo concluir que tanto los constructores como los contratistas responsables de la ejecución de la construcción de los proyectos tienen conocimiento de las normas vigentes en cuanto a la gestión de RCD. Pese a esto, dicho conocimiento normativo no trasciende, en su mayoría, a un aspecto contractual, en donde se consideren cláusulas que hagan parte integral de los contratos establecidos. Esto demuestra que, a pesar de que se establezcan planes de gestión de RCD, el nivel de exigencia legal a los contratistas en este aspecto es inexistente, lo que dificulta el manejo adecuado debido a que los contratistas forman parte integral de la prevención de generación de RCD.

Otro aspecto relativo en la gestión de RCD durante la Fase de Construcción se enfoca en la manera en que se controla la generación de residuos. Este es un aspecto donde las constructoras no contemplan medios o metodologías para el control de estos de manera generalizada, lo que impide medir y controlar la generación de RCD de manera precisa para implementar acciones correctivas y fundamentales que logren la disminución efectiva durante la construcción.

Para lograr, de manera transversal, la gestión de RCD en Colombia a lo largo de ciclo de vida de los proyectos, se puede concluir que la evolución del marco normativo nacional y distrital está centrada en la gestión durante la construcción, desconociendo, de esta manera, la relevancia de dar alcance a las fases previas a la construcción, como lo son las Fases de Diseño, Coordinación, Planeación y Deconstrucción. Esto permite, al presente trabajo, aportar soluciones a la problemática relacionada con la gestión de RCD implementando acciones que se involucren dentro de las etapas previas a la construcción, y que, en conjunto, promuevan la sostenibilidad, uso racional de recursos y modernización

de procesos, principalmente en las etapas tempranas de los proyectos. Esto a partir de la digitalización en la industria de la construcción.

Finalmente, la guía propuesta en el presente trabajo representa una opción viable, no solo en el mejoramiento de la disposición y reciclaje de los RCD, sino que, al ser un proceso de diseño, la inversión monetaria para llevarlo a cabo es baja. De igual forma, representa una motivación adicional para que los constructores implementen, de forma más organizada, consciente y táctica, el uso de herramientas BIM dentro de sus proyectos de construcción.

5.2 Recomendaciones

Para el desarrollo de futuras actualizaciones de la normatividad Nacional y Distrital, se recomienda tener en cuenta la visión de los gremios frente a la problemática de la generación y gestión de RCD, de manera que se exploren e incorporen soluciones acordes al panorama local e internacional en cuanto a la implementación de tecnologías que permitan promover la prevención y reducción de generación de RCD previo a la iniciación de la Fase de Construcción.

La promoción de un conjunto de acciones por parte de las autoridades y entes de control que susciten la construcción sostenible debe tener una mayor relevancia en documentos técnicos que soporten la legislación de la gestión de RCD. De esta manera, es posible brindar más información, no solo para las empresas y profesionales dedicados a la actividad de la construcción, sino también para las empresas y profesionales dedicados al desarrollo de los diseños que hacen parte de los proyectos, de manera que estos hagan parte de la solución en etapas tempranas los proyectos.

Adicionalmente, es importante que, por parte de las autoridades de control ambiental a nivel distrital y nacional, se trabaje en conjunto con los gremios para desarrollar un programa específico en donde se aborde y regulen de manera precisa los principios de la economía circular dentro de la industria de la construcción. De esta manera, se permite establecer una relación estrecha entre las normativas y el programa, de modo que se establezcan incentivos y sanciones que fomenten la adopción de estos modelos dentro de la industria de la construcción. Esto con el fin de promover la sostenibilidad en la

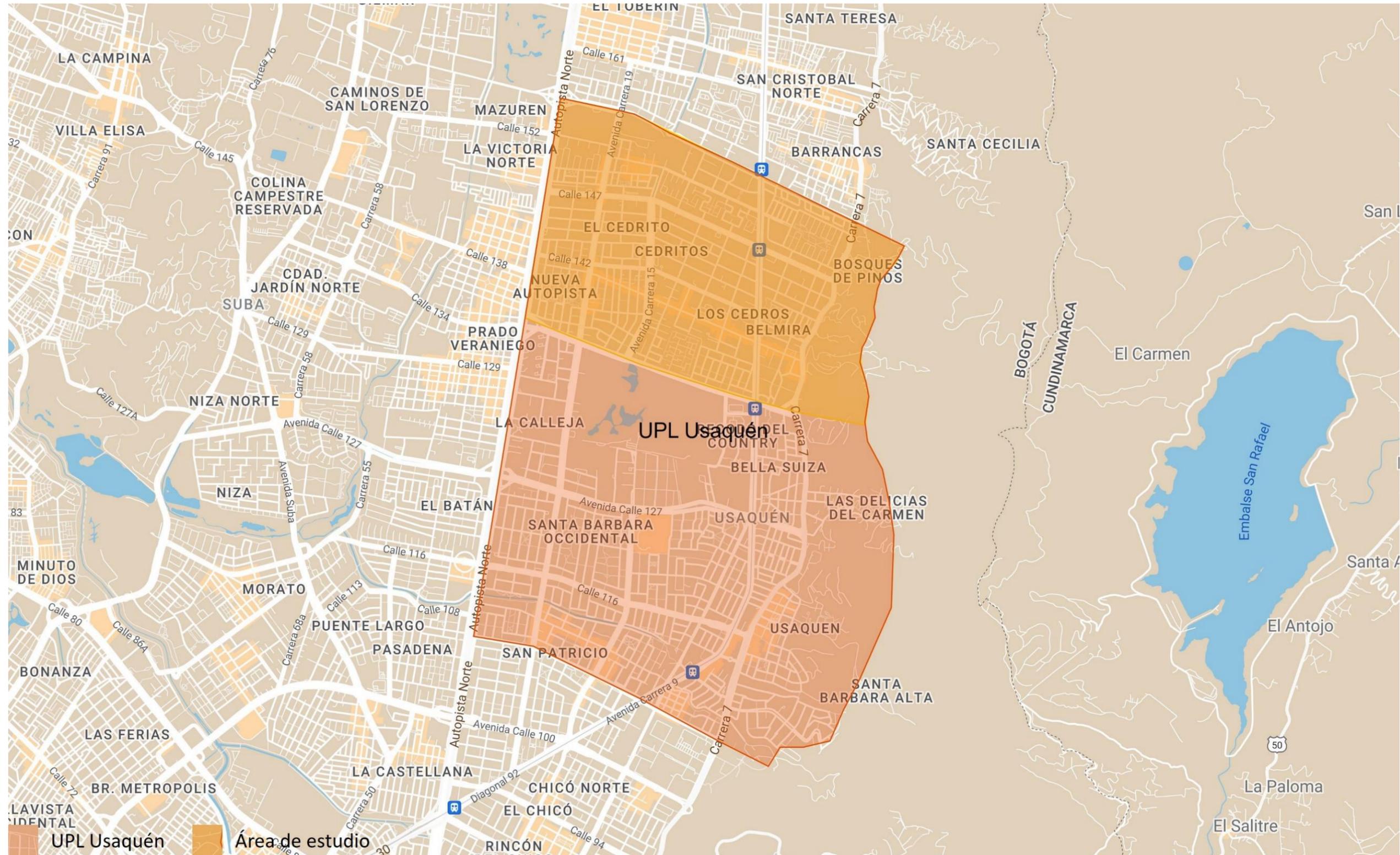
construcción y buenas prácticas que contribuyan a un mejor aprovechamiento de los recursos y a la prevención de impactos ambientales.

Por otra parte, se debe generar la promoción de la digitalización de la industria de la construcción, que permita mejorar los procesos de desarrollo de proyectos para la extracción de información necesaria que ayude a mejorar la calidad de la información para procesos de coordinación y planeación. Esto representa un mayor rendimiento en la ejecución de la construcción y la disminución de impactos ambientales asociados a la generación de RCD.

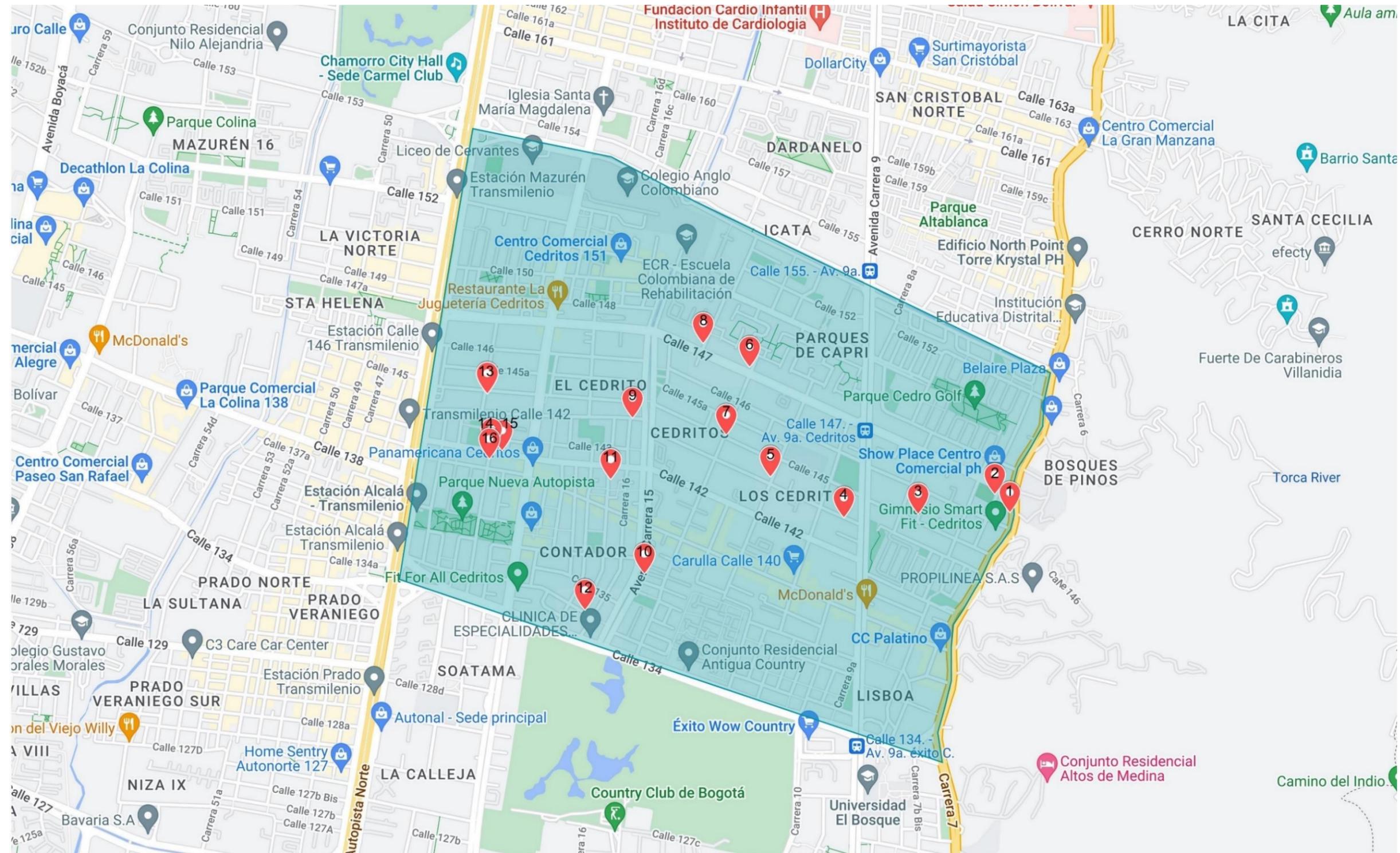
En cuanto al desarrollo y mejoramiento de la disposición y reutilización de RCD, se deben realizar mediciones y controles más específicos y detallados respecto a los volúmenes ocasionados por obra. De este modo se permite, no solo tener control preciso, sino que, a futuro, conocer si la implementación de diversas estrategias es realmente eficiente para la disminución de generación de estos. En la normativa se sugiere una introducción de herramientas BIM y estrategias de planeación, con el fin de mejorar las estrategias de prevención dentro de los procesos.

Anexos

Anexo A. Área de estudio Unidad de Planeación Local (UPL) Usaquéen.



Anexo B. Inventario proyectos de vivienda en desarrollo. Unidad de Planeación Local UPL Usaquén.

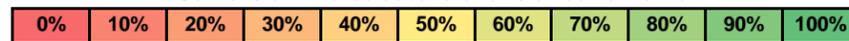


Localización de proyectos dentro del área de estudio. UPL Usaquén.

Anexo C. Matriz de revisión del marco normativo para la gestión de RCD a nivel nacional y distrital.

AÑO	DOCUMENTO	ENTIDAD	TITULO	Diseño				Construcción				Disposición final			% de cobertura general de la norma		
				Selección estratégica de sistemas y materiales de	Modulación de elementos y / o Prefabricados	Identificación y cuantificación de RCD por	Prevención de generación de RCD	Demolición y/o Deconstrucción	Implementación de procesos de gestión RCD	Separación en la fuente de RCD	Aprovechamiento RCD en obra	Reutilización de RCD en obra	Transporte de RCD a sitios de disposición final	Aprovechamiento residuos construcción		Reciclaje residuos construcción	Reincorporación materiales
2005	Decreto 838	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	Modifica el decreto No 1713 del 2002. Disposición Final de Residuos Sólidos y se dictan otras disposiciones.														7%
2006	Decreto 312	Alcaldía Mayor Bogotá. Secretaria Distrital de Ambiente.	Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital														7%
2011	Resolución No 2397	Alcaldía Mayor Bogotá. Secretaria Distrital de Ambiente.	Por la cual se regula técnicamente el tratamiento y/o aprovechamiento de escombros en el Distrito Capital														50%
2012	Resolución No 1115	Alcaldía Mayor Bogotá. Secretaria Distrital de Ambiente.	Lineamientos Técnico Actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital.														57%
2013	Resolución No 0715	Alcaldía Mayor Bogotá. Secretaria Distrital de Ambiente.	Por medio de la cual se modifica la resolución 1115 del 26 de septiembre de 2012 y se adopta los lineamientos técnico - ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el distrito capital.														57%
2013	Decreto 2981	Ministerio de vivienda ciudad y territorio	Por el Cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo														14%
2015	Resolución No 0932	Alcaldía Mayor Bogotá. Secretaria Distrital de Ambiente.	Modifica y Adiciona la Resolución 1115 de 2012														57%
2015	Resolución No 0549	Ministerio de vivienda ciudad y territorio	Parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones														0%
2015	Decreto 586	Alcaldía Mayor Bogotá. Secretaria Distrital de Ambiente.	Por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C.														64%
2017	Resolución 0472	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Por la cual se reglamente la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición - RCD y se dicta otras disposiciones.														71%
2021	Resolución 1257	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Por la cual se modifica la resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición - RCD y se adoptan otras disposiciones.														71%
% Temas tratados				0%	0%	0%	18%	0%	27%	64%	64%	55%	73%	64%	64%	64%	91%

Convención nivel de cobertura revisión de normativa.



Bajo nivel de cobertura

Alto nivel de cobertura

Anexo D. Formulario de encuestas de Gestión RCD, proyectos de vivienda en desarrollo del área de estudio.

Sección 1. Información del proyecto.

1.1. Tipo de proyecto.

Residencial VIS		Residencial No VIS	
-----------------	--	--------------------	--

1.2. Área total de construcción.

	M2
--	----

1.3. Cantidad de sótanos.

1 sótano		2 sótanos	
----------	--	-----------	--

1.4. Número de pisos.

Entre 5 y 10 pisos.	
Entre 11 y 15 pisos	
16 pisos o más.	

Sección 2. Información técnica del proyecto

2.1 Tipo de estructura.

Aporticada metálica.	
Estructura aporticada en concreto	
Sistema industrializado en concreto	
Prefabricado en concreto	

2.2 Muros de Fachada.

Mampostería de ladrillo a la vista	
Mampostería en bloque de arcilla	
Láminas de fibrocemento "Superboard"	
Prefabricados en concreto	

2.3 Muros divisorios.

Mampostería ladrillo a la vista	
Mampostería en bloque de arcilla	
Láminas de cartón yeso "Drywall" y/o Láminas de fibrocemento "Superboard"	
Muros en concreto	
Prefabricados en concreto	

Sección 3. Fase de Diseño

3.1 ¿Se emplearon tecnologías digitales BIM para el desarrollo de la información del proyecto de acuerdo con las siguientes especialidades?

Arquitectura	
Estructura	
Instalaciones Hidrosanitarias	
Instalaciones Eléctricas	
Ninguna de las anteriores	

3.2 Durante el proceso de selección de materiales dentro del proyecto, se tuvieron en cuenta en alguna de las siguientes condiciones:

Materiales de origen reciclado	
Facilidad del material para ser procesado para reciclaje	
Dimensiones	
Ninguna de las anteriores	

3.3 ¿El diseño del proyecto contemplo la modulación del edificio a partir de las dimensiones de los módulos básicos de los materiales, para dar uso de múltiplos y submúltiplos de estos en las siguientes fases de la construcción para lograr cero desperdicios o la prevención y reducción de RCD durante la fase de construcción?

Mampostería de fachada	
Mampostería de divisiones internas	
Cielorrasos	
Enchapes de pisos	
Enchapes de muros	
Instalaciones técnicas	
Ninguna de las anteriores	

3.4 ¿Identificaron y caracterizaron los tipos de RCD y volúmenes que se generan durante la fase de construcción?

Si		No	
----	--	----	--

Sección 4. Fase de coordinación.

4.1 La coordinación técnica del proyecto se desarrolló a partir de:

Planimetría 2D		Modelos digitales 3D - BIM	
----------------	--	----------------------------	--

4.2 ¿Cuentan con algún indicador de interferencias que permita llevar control de las interferencias detectadas, para identificar la reducción de estas durante la fase de coordinación?

Si		No	
----	--	----	--

4.3 Para la resolución de las interferencias y colisiones detectadas en la fase de coordinación se:

Solicita al responsable de la información hacer la respectiva corrección, para luego ser validada.	
Registra y se determina resolver durante la fase de construcción.	
Pasan por alto y se resuelven a medida que avanza la fase de construcción.	

Sección 5. Fase de planeación.

5.1 ¿El predio(s) donde se desarrolla el proyecto cuenta o contaba con una construcción existente?

Si		No	
----	--	----	--

5.2 ¿Se realizó una planificación detallada de la gestión de materiales e insumos, incluyendo su solicitud y suministro según el avance de obra, con el fin de evitar la generación de RCD por trasiegos innecesarios dentro del sitio de construcción?

Si		No	
----	--	----	--

Sección 6. Fase de demolición / deconstrucción.

6.1 ¿El predio(s) donde se desarrolla el proyecto cuenta o contaba con una construcción existente?

Si		No	
----	--	----	--

6.2 ¿Cuantificaron los volúmenes de acuerdo con la caracterización de RCD que se van a generar durante el proceso de demolición?

Si		No	
----	--	----	--

6.3 ¿Se hizo valoración y caracterización de RCD que se van a generar durante el proceso de eliminación de la construcción existente?

Si		No	
----	--	----	--

6.4 ¿Qué tipo de proceso fue empleado para eliminar la construcción existente en el lugar de implantación del proyecto?

Demolición tradicional		Deconstrucción	
------------------------	--	----------------	--

6.5 ¿Implementaron algún tipo de indicador para determinar el porcentaje de RCD que es aprovechable durante la fase de demolición / deconstrucción y disminuir los volúmenes de RCD destinados a disposición final?

Si		No	
----	--	----	--

Sección 7. Fase de construcción.

7.1 El plan de gestión de RCD para la obra, fue desarrollado por:

Profesional perteneciente a la empresa constructora responsable del proyecto	
Profesional externo a la empresa constructora responsable del proyecto	

7.2 Previo a iniciación de la fase de construcción, ¿se orientó a los actores involucrados la manera apropiada de hacer la ejecución de la construcción en busca que lograr Cero desperdicios o la prevención y reducción de RCD durante la fase de construcción?

Si		No	
----	--	----	--

7.3 Dentro de la organización administrativa de la obra, quien tiene la responsabilidad de velar y hacer cumplir lo dispuesto dentro del plan de gestión de RCD:

Arquitecto / Ingeniero residente o director de proyecto	
SISO. Constructor responsable del proyecto	
Profesional de gestión ambiental.	
Contratista o SISO de contratista	

7.4 ¿Qué tipo de información fue presentada a los actores involucrados para la apropiada ejecución de la construcción?

Video de simulación digital de la construcción	
Modelos BIM	
Planos técnicos	
Ninguna de las anteriores	

7.5 ¿Los actores involucrados en la fase de construcción conocen las normativas vigentes concernientes con la gestión de RCD, incluyendo deberes y responsabilidades?

Si		No	
----	--	----	--

7.6 ¿Los contratos de la fase de construcción, cuenta cláusulas contractuales enfocadas a la gestión de RCD durante el desarrollo de sus actividades durante esta fase?

Si		No	
----	--	----	--

7.7 ¿Cuentan con una metodología de medición de generación y separación en la fuente de RCD que permita medir, hacer seguimiento y controlar la generación de RCD durante la fase de construcción por contratista y tipo de actividad?

Si		No	
----	--	----	--

Anexo E. Tabla de resultados de encuestas Gestión de RCD en proyectos de vivienda en desarrollo dentro del área de estudio.

COD.	Preguntas		Proyecto																Total	%		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1. Información del proyecto	1.1	Tipo de proyecto	Vivienda VIS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
		Vivienda No VIS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100.00%	
	1.2	Área del proyecto		13456	2823	4792	3682	14350	7930	4410	1359	2527	6450	2190	2850	2367	1793	1218	12670	84867		
		Cantidad de sótanos	1 sótano	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	9	56.25%	
	1.4	Número de pisos	2 sótanos	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	7	43.75%	
			Entre 5 y 10 pisos	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	13	81.25%
Entre 11 y 15 pisos			1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	18.75%	
16 pisos o más			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
2. Información técnica del proyecto	2.1	Tipo de estructura	Aporticada metálica.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
			Estructura aporticada en concreto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100.00%
			Sistema industrializado en concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
			Prefabricado en concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	2.2	Muros de fachada	Mampostería de ladrillo a la vista	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	13	81.25%	
			Mampostería en bloque de arcilla	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	18.75%
			Láminas de fibrocemento "Superboard"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
			Prefabricados en concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	2.3	Muros divisorios	Mampostería ladrillo a la vista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
			Mampostería en bloque de arcilla	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	13	81.25%
			Láminas de cartón yeso "Drywall" y/o Láminas de fibrocemento "Superboard"	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	18.75%
			Muros en concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Prefabricados en concreto			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
3. Fase de Diseño.	3.1	¿Se emplearon tecnologías digitales BIM para el desarrollo de la información del proyecto?	Si	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6	37.50%		
			No	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	10	62.50%	
	3.2	¿Cuáles de las siguientes especialidades fueron desarrolladas bajo tecnología digital BIM?	Arquitectura	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6	100.00%	
			Estructura	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6	100.00%
			Instalaciones Hidrosanitarias	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	33.33%
			Instalaciones Eléctricas	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	33.33%
	3.3	Durante el proceso de selección de materiales dentro del proyecto, se tuvieron en cuenta en alguna de las siguientes condiciones:	Materiales de origen reciclado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
			Facilidad del material para ser procesado para reciclaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
			Dimensiones	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	25.00%
			Ninguna de las anteriores	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	12	75.00%
	3.4	¿El diseño del proyecto contemplo la modulación del edificio a partir de las dimensiones de los módulos básicos de los materiales, para dar uso de múltiplos y submúltiplos de estos en las siguientes fases de la construcción para lograr cero desperdicios o la prevención y reducción de RCD durante la fase de construcción?	Mampostería de fachada	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	8	50.00%
Mampostería de divisiones internas			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6.25%	
Cielorrasos			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	12.50%	
Enchapes de pisos			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	12.50%	
Enchapes de muros			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	12.50%	
Instalaciones técnicas			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
Ninguna de las anteriores			0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	5	31.25%	
3.5	¿Identificaron y caracterizaron los tipos de RCD y volúmenes que se generan durante la fase de construcción?	Si	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	12.50%		
		No	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	14	87.50%	

COD.	Preguntas	Proyecto																Total	%	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
4. Fase de Coordinación	4.1 La coordinación técnica del proyecto se desarrolló a partir de:	Planimetría 2D	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	12	75.00%
		Modelos digitales 3D - BIM	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	25.00%
	4.2 ¿Cuentan con algún indicador de interferencias que permita llevar control de las interferencias detectadas, para identificar la reducción de estas durante la fase de coordinación?	Si	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	25.00%
		No	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	12	75.00%
	4.3 Para la resolución de las interferencias y colisiones detectadas en la fase de coordinación se:	Solicita al responsable de la información hacer la respectiva corrección, para luego ser validada.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	25.00%
		Registra y se determina resolver durante la fase de construcción.	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	7	43.75%
Pasan por alto y se resuelven a medida que avanza la fase de construcción.		0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	5	31.25%	
5. Fase de Planeación	5.1 ¿Se consideró la utilización de un modelo BIM o simulación de construcción digital para planificar la secuencia constructiva y minimizar la generación de RCD durante la fase de construcción?	Si	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	18.75%	
		No	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	13	81.25%
	5.2 ¿Se realizó una planificación detallada de la gestión de materiales e insumos, incluyendo su solicitud y suministro según el avance de obra, con el fin de evitar la generación de RCD por trasiegos innecesarios dentro del sitio de construcción?	Si	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	12.50%	
		No	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	14	87.50%	
6. Fase Demolición / Deconstrucción	6.1 ¿Cuantificaron los volúmenes de acuerdo con la caracterización de RCD que se van a generar durante el proceso de demolición?	Si	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100.00%	
		No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
	6.2 ¿Se hizo valoración y caracterización de RCD que se van a generar durante el proceso de eliminación de la construcción existente?	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
		No	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100.00%	
	6.3 ¿Qué tipo de proceso fue empleado para eliminar la construcción existente en el lugar de implantación del proyecto?	Demolición tradicional	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100.00%	
		Deconstrucción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	
6.4 ¿Implementaron algún tipo de indicador para determinar el porcentaje de RCD que es aprovechable durante la fase de demolición / deconstrucción y disminuir los volúmenes de RCD destinados a disposición final?	Si	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	12.50%		
	No	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	14	87.50%		

COD.	Preguntas	Proyecto																Total	%		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
7. Fase de Construcción	7.1 El plan de gestión de RCD para la obra, fue desarrollado por:	Profesional perteneciente a la empresa constructora responsable del proyecto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6%
		Profesional externo a la empresa constructora responsable del proyecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	15
	7.2 Previo a iniciación de la fase de construcción, ¿se orientó a los actores involucrados la manera apropiada de hacer la ejecución de la construcción en busca que lograr Cero desperdicios o la prevención y reducción de RCD durante la fase de construcción?	Si	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	7	44%
		No	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	9	56%
	7.3 Dentro de la organización administrativa de la obra, quien tiene la responsabilidad de velar y hacer cumplir lo dispuesto dentro del plan de gestión de RCD:	Arquitecto / Ingeniero residente o director de proyecto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
		SISO. Constructor responsable del proyecto	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	12	75%
		Profesional de gestión ambiental.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	19%
		Contratista o SISO de contratista	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6%
	7.4 ¿Qué tipo de información fue presentada a los actores involucrados para la apropiada ejecución de la construcción?	Video de simulación digital de la construcción	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6%
		Modelos BIM	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	19%
		Realidad aumentada VR	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6%
		Planos técnicos	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4	25%
		Ninguna de las anteriores	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	12	75%
	7.5 ¿Los actores involucrados en la fase de construcción conocen las normativas vigentes concernientes con la gestión de RCD, incluyendo deberes y responsabilidades?	Si	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100%
		No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
	7.6 ¿Los contratos de la fase de construcción, cuenta cláusulas contractuales enfocadas a la gestión de RCD durante el desarrollo de sus actividades durante esta fase?	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6%
		No	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	15	94%
7.7 ¿Cuentan con una metodología de medición de generación y separación en la fuente de RCD que permita medir, hacer seguimiento y controlar la generación de RCD durante la fase de construcción por contratista y tipo de actividad?	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6%	
	No	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	15	94%	

Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (2020). Así avanza Bogotá en control ambiental de residuos de construcción y demolición. Bogotá.gov, en <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/control-ambiental-de-residuos-de-construccion-y-demolicion-en-bogota>
- Área Metropolitana Valle de Aburrá & Universidad Pontificia Bolivariana. (2015). Guía para el diseño de edificaciones sostenibles. [PDF] en https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf
- Área Metropolitana Valle de Aburrá. (s.f.). Área Metropolitana Valle de Aburrá. Obtenido de Construcción Sostenible. Internet (<https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/Consumo-sostenible/Construccion-sostenible.aspx>)
- Área Metropolitana Valle de Aburrá. (s.f.). Área Metropolitana Valle de Aburrá. Internet (<https://www.metropol.gov.co/area/Paginas/somos/quienes-somos.aspx>).
- Arévalo, H. (2021). *Análisis de la gestión de residuos de construcción y demolición del sector residencial en el AMB a través del principio de las 3R*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga] Repositorio de la universidad Santo Tomás, Bucaramanga. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/38336/2021ArevaloHector.pdf>
- Autodesk. (s.f.). Diseño y construcción con BIM modelado de información para la construcción. Internet ([https://www.autodesk.mx/solutions/bim#:~:text=El%20Modelado%20de%20informaci%C3%B3n%20para%20la%20construcci%C3%B3n%20\(BIM\)%20es%20el,informaci%C3%B3n%20de%20un%20activo%20construido](https://www.autodesk.mx/solutions/bim#:~:text=El%20Modelado%20de%20informaci%C3%B3n%20para%20la%20construcci%C3%B3n%20(BIM)%20es%20el,informaci%C3%B3n%20de%20un%20activo%20construido).)).
- Burgos, G. &. (2021). *Estrategias para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición RCD referente Mosquera - Cundinamarca*. [Tesis de grado, Universidad Piloto de Colombia] Repositorio de la Universidad Piloto de Colombia.

- Cámara Colombiana de la Construcción. (2019). Guía de modelado BIM. [PDF] en <https://camacol.co/sites/default/files/descargables/2-%20Guia%20de%20Modelado%20BIM-co.pdf>
- Cámara Colombiana de la Construcción. (2020). Guías para la adopción BIM en las organizaciones - 9. Fichas de usos BIM. [PDF] en https://camacol.co/sites/default/files/descargables/09_Usos_BIM.pdf
- Cámara Colombiana de la Construcción. (s.f). *Transformación Digital. Mejor productividad con el uso de nuevas tecnologías*. Obtenido de <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion>
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 11-20.
- Clyde, L., Zhao, Y., Xiao, B., Yu, B., Tam, V., Chen, Z., Ya, Y. (2020). Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management. *Journal of Cleaner Production*, 263(1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620315055>
- De Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M., & Kohout, M. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidad para una recuperación transformadora en Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/120)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf
- Decreto 586 de 2015 [Alcaldía de Bogotá, D. C.]. Por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C. 29 de diciembre de 2015 <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=64233&dt=S>
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. [PDF] en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
- Elshaboury, N., Al-Sakkaf, A., Abdelkader, E. & Alfalah, G. (2022). Construction and Demolition Waste Management Research: A Science Mapping Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19(8), 4496. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084496>
- Gaitán, M. (2013). *Lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá D.C.* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13498/GaitanCastiblancoMariaAlejandra2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Giraldo Bermúdez, J. (2020). *Desarrollo del primer borrador de una norma técnica para implementar el concepto de economía circular en Colombia*. [Tesis de grado, Universidad Externado de Colombia]. Repositorio de la Universidad Externado de

Colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/9cf30328-e3d9-48fb-8fb9-3257411aaa9e>

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Education.

ICONTEC. (2007). *NTC-ISO 14040 : 2006 (Segunda actualización)*.

icontec internacional. (s.f.). *Modelos de información de edificaciones. Manual de entrega de la información. Parte 1: Metodología y formato..* Incotec. *NTC-ISO 29481-1:2022*. <https://www.minvivienda.gov.co/estandares/nacionales/ntc-iso-29481-12022>

ICONTEC. (s.f.). *NTC-ISO 14001: 2015 (Segunda actualización)*.

KPI.org. (s.f.). What is a Key Performance Indicator (KPI)? Internet (<https://www.kpi.org/kpi-basics/>).

Mejía, C. A., Sierra, L. J., & Arboleda, S. A. (2021). Evaluación técnica del potencial cementante de arcillas provenientes de los residuos de la construcción y la demolición. *Revista Tecnológicas*, 24,(52). <https://doi.org/10.22430/22565337.2038>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Construcción Sostenible. GOV.CO. En <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/construccion-sostenible/>

Norma Técnica NCh 3562 de 2019 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo]. Lo dispuesto en el artículo 4° del D.L. N° 1305 de 1975; el DFL N° 458, (V, y U), de 1975, Ley General de Urbanismo y construcciones; el Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial del Comercio. 12 de septiembre de 2019. http://documentos.minvu.cl/min_vivienda/decretos_exentos/Documents/DEDIJURN%C2%B0%20%20%20%2037.pdf

Resolución 0441 de 2020 [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio]. Por la cual se fijan los lineamientos para los curadores urbanos y las autoridades municipales o distritales competentes, encargadas del estudio, trámite y expedición de licencias urbanísticas, participantes o interesadas en participar en el plan piloto para la expedición de licencias de construcción en la modalidad de obra nueva a través de medios electrónicos. 01 de septiembre de 2020. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0441-2020>

Naciones Unidas. (s.f.). Impacto Académico. Sostenibilidad. Internet (<https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad>).

- Porras, H. S. (2014). Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnologías "building information modeling". *Revista GTI*, 14(38), 59-73.
- Ramírez, J. (2014). *Instrumentos para el mejoramiento en la gestión de la política de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en Bogotá D.C. a partir de las percepciones de los constructores de obras públicas*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana.
- Resolución 472 de 2017 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición - RCD y se dictan otras disposiciones. 28 de febrero de 2017. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0472-de-2017/>
- Resolución 1257 de 2021 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de construcción y Demolición - RCD y se adoptan otras disposiciones. 23 de noviembre de 2021. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1257-de-2021.pdf>
- Resolución 1115 de 2012 [Secretaría Distrital de Ambiente]. Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico - Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital. 26 de septiembre de 2012. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=49822&dt=S>
- Resolución 1138 de 2013 [Secretaría Distrital de Ambiente] Por la cual se adopta la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de La Construcción y se toman otras determinaciones. 31 de julio de 2013. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54076>
- Resolución 715 de 2013 [Secretaría Distrital de Ambiente]. Por medio de la cual se modifica la Resolución No. 1115 del 26 de septiembre de 2012. 30 de mayo de 2013. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53348&dt=S>
- Resolución 932 de 2015 [Secretaría Distrital de Ambiente]. Por la cual se Modifica y Adiciona la Resolución 1115 de 2012. 09 de julio de 2015. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62579&dt=S>
- Rodríguez, J. (2017). Energías renovables: cambiar para que nada cambie. Forbes España, en <https://forbes.es/empresas/11252/energias-renovables-cambiar-para-que-nada-cambie/>

- Sabogal, G. (2022). *Gestión técnica para el manejo de residuos de construcción y demolición (RCD) en obra nueva*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia.
- Secretaría de Planeación. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (30 de Marzo de 2023). Estadísticas de edificación Licencias de Construcción – DANE. Obtenido de <https://www.sdp.gov.co/gestion-estudios-estrategicos/informacion-cartografia-y-estadistica/repositorio-estadistico/estadisticas-de-edificacion-licencias-de-construccion-dane%5D-0>
- Secretaría del Medio Ambiente Ciudad de México. (20 de julio de 2021). Gobierno Ciudad de México. Obtenido de <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/gocdmx/gaceta-simple/norma-ambiental-para-la-ciudad-de-mexico-nacdmx-007-rnat-2019-que-establece-la-clasificacion-y-especificaciones-de-manejo-integral-para-los-residuos-de-la-construccion-y-demolicion-en-la-cdmx>
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, D.C. (2015). Gestión integral de RCD. [PDF] en <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/508242/Cartilla+RCD.pdf/bbaa467a-59dc-4e7a-9d12-bcc691abc0da>
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, D.C. (28 de 10 de 2021). ¿Sabes qué son los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), y cómo disponerlos desde tu casa o empresa? GOV.CO, en https://ambientebogota.gov.co/historial-de-noticias/-/asset_publisher/VqEYxdh9mhVF/content/-sabes-que-son-los-residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd-y-como-disponerlos-desde-tu-casa-o-empresa-?redirect=https%3A%2F%2Fambientebogota.gov.co%2Fhistorial-de
- Unidad Administrativa de Servicios Públicos. (2009). *Diagnóstico del manejo integral de escombros en Bogotá Distrito Capital*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaria Distrital de Hábitat.
- Zambrano García, A. Boletín Construcción regional en el 2022. [PDF] https://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/sites/default/files/files_articles/bol_construreg_no32.pdf
- Zhang, H., Zhang, J., & Chen, S. (2013). Status Analysis of Building Construction and Demolition Waste Treatment/Disposal and Management in China. *Applied Mechanics and Materials*, 409-410. www.scientific.net/AMM.409-410.143.