

**ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN BOGOTÁ**

**JULIAN RICARDO ROCHA PARDO  
507843**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
ALTERNATIVA INVESTIGACIÓN  
BOGOTÁ  
2020**

**ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN BOGOTÁ**

**JULIAN RICARDO ROCHA PARDO  
507843**

**Trabajo de grado para obtener el título de  
Ingeniero Civil**

**Director  
Ing. Abraham Ruiz Vázquez  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
ALTERNATIVA INVESTIGACIÓN  
BOGOTÁ  
2020**



## Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Sin Obras Derivadas** — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

*Dedico esta tesis a Dios, a mi madre y hermana por el amor, trabajo y sacrificio, por luchar a mi lado, por alentar y promover mis sueños, a mi padre por apoyar este proceso desde el inicio, a mi hermano por motivar cada día mis estudios, a mi esposa por su cariño y apoyo incondicional, a mi hijo por ser el motor de mi vida y animar mi deseo de ser mejor persona cada día, a mis amigos, a los directivos y profesores de la universidad por dedicar parte de sus vidas a tan grande labor.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Ing. Abraham Ruiz Vázquez, Director del trabajo de grado. Por su amplio conocimiento, tiempo, profesionalismo y apoyo con el que guió mi trabajo de grado.

A mis padres, hermanos, esposa e hijo, por luchar día a día a mi lado y contribuir al logro de este proceso.

A cada uno de los directivos y docentes de la universidad, por su aporte en el proceso de aprendizaje, crecimiento académico y personal.

Este título universitario, no es solo mío, es parte del apoyo que recibí de cada uno de ustedes, por eso deseo agradecer cada día la dedicación y la motivación brindada de su parte, gracias a ustedes hoy puedo concluir este proyecto, que en mi vida es muy significativo, a todos mi gratitud y mi más sincero aprecio.

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, 25 mayo, 2020

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES	16
1.1 ANTECEDENTES	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2.1 Descripción del problema	17
1.2.2 Formulación del Problema	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivo Específico	19
1.4 JUSTIFICACIÓN	19
1.5 DELIMITACIONES	20
1.5.1 Espacio	20
1.5.2 Tiempo	21
1.5.3 Contenido	21
1.5.4 Alcance	21
1.6 MARCO DE REFERENCIA	21
1.6.1 Marco Teórico	21
1.6.1.1 Manejo de residuos sólidos	21
1.6.1.2 generación de residuos sólidos	21
1.6.1.3 Los RCD en Bogotá	22
1.6.1.4 El reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD)	23
1.6.2 Marco conceptual	25
1.6.2.1 Residuos de construcción y demolición	25
1.6.2.2 Disposición final	26
1.6.2.3 Sitio de disposición final de RCD	26
1.6.2.4 Centro de tratamiento y/o aprovechamiento (CTA)	26
1.6.3 Marco Legal	26
1.6.3.1 Leyes	26
1.6.3.2 Decretos	27
1.6.3.3 Resoluciones	28
1.6.3.4 Acuerdos	29
1.7 METODOLOGÍA	29
1.7.1 Tipo de estudio	29
1.7.2 Fuentes de información	29
1.7.2.1 Primarias	29
1.7.2.2 secundarias	29
1.8 DISEÑO METODOLOGICO	29
1.8.1 Fase I	29
1.8.2 Fase II	30
1.8.3 Fase III	30

1.8.4	Fase IV	30
2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION QUE SE GENERAN EN LA CIUDAD DE BOGOTA	31
2.1	CONTEXTO GENERAL	31
2.1.1	Generación RCD	31
2.1.2	Entidades de control en la ciudad de Bogotá	32
2.1.3	Sitios autorizados para la disposición final de RCD	32
2.1.4	Generadores de RCD	33
2.1.4.1	Generadores privados	34
2.1.4.2	Generadores públicos	35
2.1.5	Los RCD en los próximos años	36
2.2	COMPOSICIÓN DE LOS RCD	37
2.2.1.	Clasificación de los RCD de la ciudad de Bogotá	37
2.2.2	Composición de los RCD de la ciudad de Bogotá	39
3.	MATERIALES QUE SE PRODUCEN A PARTIR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION Y SUS COMPONENTES	41
3.1	IDENTIFICACIÓN	41
3.1.1	Agregados Recicladados (RA)	41
3.1.1.1	Agregados para concreto	42
3.1.1.2	Componente de RA	43
3.1.2	Concreto de agregado reciclado	43
3.1.3	Pavimentos de carreteras	43
3.1.4	Agregado para mortero	44
3.1.5	Ladrillos Sostenibles	45
3.1.5.1	Componentes de los ladrillos sostenibles	46
3.1.6	Cementos Ecoeficientes	47
3.1.7	Bloques de construcción	48
3.1.8	Aplicaciones geotécnicas	48
3.1.8.1	Infraestructura vial	48
3.1.8.2	Estructuras Reforzadas con Geosintéticas	50
3.1.8.3	Estructuras de retención	50
4.	DETERMINAR LA APLICABILIDAD DE LOS RCD PARA PRODUCTOS QUE SE PUEDEN REALIZAR DADA LA EXISTENCIA EN EL MERCADO	51
4.1	APLICABILIDAD DE LOS PRODUCTOS A BASE DE RCD	51
4.1.1	Agregados para hormigón	51
4.1.2	Bloque ecológico	51
4.1.3	Materiales prefabricados	54
4.2	ANALISIS DEL ENTORNO DE LOS PRODUCTOS DE RCD	55



4.2.1	Análisis PESTEL	55
4.2.1.1	Factor político	55
4.2.1.2	Factor económico	56
4.2.1.3	Factor social	56
4.2.1.4	Factor tecnológico	58
4.2.1.5	Factor ecológico	59
4.2.1.6	Factor legal	59
5.	CONCLUSIONES	61
6.	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFÍA	63

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Ubicación Geográficas Bogotá	20
Figura 2. Residuo de Obra y clasificación	22
Figura 3. Cifras de generación de residuos en Bogotá	24
Figura 4. Generación de los RCD en Bogotá	24
Figura 5. Composición de los RCD en Bogotá	25
Figura 6. Residuos generados en algunas ciudades de Colombia en el año 2011	31
Figura 7. Toneladas de RCD producidas por año	32
Figura 8. Resumen de sitios de disposición de RCD	33
Figura 9. Índice departamental de competitividad 2019	34
Figura 10. Generación de RCD del sector privado, periodo 2012-2015	35
Figura 11. Generación de RCD del sector público, periodo 2012-2015	36
Figura 12. Variación área construida Censo inmobiliario 2019	37
Figura 13. Clasificación RCD	38
Figura 14. Composición promedio de los RCD, en Bogotá	39
Figura 15. Composición RCD, programación basura cero	40
Figura 16. Propiedades del agregado que influyen en el rendimiento del pavimento	44
Figura 17. Residuos cerámicos	45
Figura 18. Resultados de las pruebas de laboratorio	46
Figura 19. Materiales ladrillo sostenible	47
Figura 20. Métodos de pruebas estandarizados utilizados	48
Figura 21. Resistencia a la flexión a la compresión	48
Figura 22. Resultados de las muestras de concretos	48
Figura 23. Resultados de pruebas de laboratorio RCA	50
Figura 24. Agregados de concreto reciclado ACR	52
Figura 25. Agregados para estructuras de pavimentos	52
Figura 26. Materiales Eco-granulares	53
Figura 27. Bloque ecológico	53
Figura 28. Materiales prefabricados	54
Figura 29. Pestel factor político	55
Figura 30. Pestel factor económico	56
Figura 31. Pestel factor social	57
Figura 32. Pestel factor tecnológico	57
Figura 33. Pestel factor ecológico	58
Figura 34. Pestel Factor legal	59

## RESUMEN

Teniendo en cuenta que el sector de la construcción en la ciudad de Bogotá ha crecido constantemente, la reducida disposición de materia prima en la zona urbana y el colapso de los sitios de vertimiento autorizados, es importante realizar la adecuada identificación y transformación de los residuos de construcción y demolición (RCD), generados en la ciudad.

Esta práctica de reciclaje de los RCD, es difundida como principal objetivo habitualmente en países desarrollados, con el fin de hacer un manejo sostenible de los recursos y reducir la contaminación medioambiental, mitigando también el impacto que genera la extracción de materia prima.

Es así como este estudio permite identificar materiales como: agregados para concretos, agregados para mortero, pavimentos para carreteras y cementos ecoeficientes, en el sector de la construcción bogotana, los cuales pueden ser transformados, con el fin de poder ser utilizados nuevamente como materia prima en otro proyecto, o en otros procesos industriales del sector; Al identificar dichos RCD podremos conseguir que la actividad de reciclaje de los mismos, se convierta en una opción factible en el contexto local y nacional, alcanzando de esta manera un ahorro en el costo del proyecto y por qué no la gestión total de los RCD.

Finalmente, identificar cuáles son los materiales de construcción que se comercializan en la ciudad de Bogotá, y podrían tener un desarrollo sostenible por facilidad para ser aprovechados y comercializados dentro de la industria de la construcción, dicha estrategia se puede implementar con éxito si la normatividad exige estrictamente, que se recicle un porcentaje más alto de los RCD generados en la ciudad.

**PALABRAS CLAVE:** Residuos de construcción y demolición (RCD), reciclaje, transformación, reutilización de (RCD).

## ABSTRACT

Keeping in mind the construction sector in the city of Bogota that has constantly grown, the reduced availability for resources in the urban areas and the collapse of the allocated land fills, it is important to achieve the proper identification and transformation of construction and demolition residues (RCD) generated in the city.

This recycling of RCD practice is commonly adopted as a main goal in developed countries, with the intent to achieve sustainability of residues handling and the reduction of environmental pollution. Mitigating the impact generated from the extractive practices as well.

This study identifies materials such as: concrete aggregates, mortar aggregates, highway pavements and ecoefficient cements in the construction sector in the city of Bogota. These can be transformed with the purpose of being re used ( upcycling) as prime resources in a different project, or in other parts of the process of the industrial sector. By identifying such RCD; we can achieve that this recycling processes will become a feasible option in the local and national context. Obtaining as a consequence a reduced expenditure in the project costs and why not the complete management of the RCD.

Finally, by identifying what construction materials that are commercialized in the city of Bogota could reach sustainability due to their possibility to be used and commercialized in the construction sector, it could be shown that a positive strategy could be implemented by strictly enforcing legislation to demand a higher percentage of RCD recycling in the city.

KEYWORDS:

**KEY WORDS:** Construction residues and demolition, recycling, transformation, upcycling of RCD.

## GLOSARIO

**Agregados de albañilería reciclados (RMA):** Derivados de escombros de mampostería.

**Agregados de concreto Reciclados (RCA):** Agregado obtenido de la ruptura, trituración, y tamizado de losas de concreto de pavimentos de carreteras, edificaciones entre otros.

**Agregados reciclados de construcción y demolición (CDRA):** Que son agregados reciclados sin clasificar, que contienen un alto contenido de contaminantes como vidrio, madera y plásticos.

**Agregados Reciclados (RA):** Son los agregados producto de las etapas constructivas de una obra, los cuales deben de ser sometidos a una adecuada gestión de residuos para ser incluidos en la economía circular de esta industria.

**Agregado reciclado mixto (MRA):** Es la combinación en mezcla de RCA, RMA y CDRA, los agregados adquiridos de los desechos de demolición mixtos provienen de hormigón clasificado triturado y escombros de mampostería

**Escombros:** Todo residuo sólido sobrante de la actividad de la construcción, de la realización de obras civiles o de actividades conexas complementarias o análogas.

**Economía circular:** Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales a través la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores, y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible.

**Residuos de construcción y demolición (RCD):** desechos que son generados durante el desarrollo de la actividad de construcción, remodelación, reparación, excavación y demolición de un proyecto constructivo, sea de obra civil o pública.

**Reutilización:** Acción en la cual el residuo sólido con una previa limpieza, es utilizado directamente para su función original o para alguna relacionada, sin adicionarle procesos de transformación.

**Reciclaje de escombros:** proceso cuyo objetivo es convertir los residuos de sectores como la construcción, obra pública, privada e industrial, en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización.

## INTRODUCCIÓN

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son restos de materiales que se generan en actividades como la construcción, remodelación y demolición de obras civiles o privadas, en espacios particulares o públicos, calificados como inertes, conservan un alto grado de transformación y reincorporación para ser aprovechados nuevamente en la elaboración de nuevos productos.

En la actualidad a nivel mundial se busca preservar el medio ambiente y con ello generar un menor impacto en los ecosistemas, también asciende el uso de técnicas y propuestas empleadas para reciclar o reutilizar materiales, en nuestro caso los residuos de construcción y demolición RCD, dichas prácticas hoy por hoy toman fuerza y credibilidad más aún cuando se menciona el tema económico y cómo de esta manera se puede generar un ahorro, no solo económico también en el uso de materias primas y con ello conservación del medio ambiente.

Además de reciclar eficientemente los residuos de construcción y demolición, se pueden obtener productos a partir de estos, que serán empleados posteriormente en la construcción de obras civiles o privadas, reduciendo así el impacto del medio ambiente y generando un entorno de conciencia y respeto por el mismo.

Es por esto que el presente trabajo tiene como objetivo la elaboración un estudio que permita la identificación y aprovechamiento de los RCD como insumo para la obtención de productos, contribuyendo de esta manera al sector de la construcción en la caracterización de desechos que pueden transformarse nuevamente en productos útiles para la edificación de obras, mejorando la sostenibilidad del sector.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

En Colombia la industria de la construcción es un motor para la dinámica de la sociedad ya que la afecta en tres niveles: familiar, empresa y Estado, puesto que, al realizar obras civiles de la magnitud pequeña o grande, privadas o públicas, generan salarios, ingresos, utilidades, intereses e impuestos<sup>1</sup>.

Pero a pesar del crecimiento que genere este sector a nivel económico no hay que olvidar el impacto produce a nivel ambiental, ya que este genera una gran cantidad y variedad de residuos conocidos como RCD (Residuos de construcción y demolición).

El manejo de los RCD constituye un problema que no solo involucra a Colombia, sino al mundo entero, y en especial a las megaciudades, ya que factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en zonas urbanas y el desarrollo desorganizado del sector industrial entre otros, han incrementado la generación de residuos<sup>2</sup>.

En la ciudad de Bogotá son varias las organizaciones tanto públicas como privadas las cuales han realizado varios estudios, con el fin de determinar cuál debería ser el proceso más adecuado para el tratamiento de los RCD, de igual forma se tienen en cuenta algunos decretos que han surgido a través del tiempo para articular el aprovechamiento de los RCD.

---

<sup>1</sup> Superintendencia financiera, El sector de la construcción un sector [en línea]. Bogotá: [citado 02 de abril de 2020]. Disponible en internet: < URL: <https://www.superfinanciera.gov.co/descargas/institucional/pubFile1031827/yolimaumana.pdf>>

<sup>2</sup> Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe, [en línea]. Bogotá [citado 02 de abril de 2020]. Disponible en internet < URL: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>>

## 1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

**1.2.1 Descripción del problema.** Existe una tendencia mundial en donde las poblaciones se concentran en mega ciudades; según el informe emitido por el departamento de asuntos económicos y sociales de las naciones unidas se estima que el 68 % de la población mundial vivirá en zonas urbanas para el 2050, (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2018) cifras que concuerdan con el incremento poblacional de Bogotá ya que para el 2020 habrá alrededor de 8'380.000 personas en la ciudad, con una tasa de crecimiento del 1.6 % anual.<sup>3</sup>

Ya que con el incremento poblacional se hace necesaria la reestructuración de las zonas construidas y muchos de estos hogares serán convertidos en grandes edificios de apartamentos y es allí donde los desechos se convierten en un problema de impacto socio ambiental ya que el proceso enfocado a mejorar la sostenibilidad del sector se ve interrumpido permanentemente y las medidas tomadas hasta el momento se vuelven ineficaces.

La Secretaria Distrital de Ambiente y el Departamento de Planeación Distrital, plantea dentro de su plan de desarrollo 2016 - 2020 una vigilancia a la disposición final de los RCD, ya que actualmente se considera que no es posible estimar si existe una adecuada disposición de los mismos, pues gran parte de estos residuos llegan al relleno Doña Juana mezclados con otros desechos y otra parte es depositada en lugares no autorizados como cuerpos de agua o humedales generando contaminación de suelos, agua, aire y paisajes de la ciudad.

También el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) expide la resolución 472 del 28 de febrero de 2017 que reglamenta la gestión integral de los residuos de construcción y demolición o escombros en el país, para disminuir a las afectaciones generadas en el ambiente, la cual aplica a todas las personas naturales y jurídicas que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan RCD de las obras civiles o de otras actividades conexas en el territorio nacional.<sup>4</sup>

Teniendo en cuenta lo anterior se hace necesario para Bogotá y el territorio nacional conocer cuáles son los elementos de construcción que se pueden realizar a partir de RCD, lo cual genera un gran impacto positivo en la reducción de la explotación

---

<sup>3</sup> NACIONES UNIDAS, Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo [en línea]. Nueva York: [18] Departamento de Asuntos Económicos y Sociales [18agosto, 2019] Disponible en internet < URL: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html> >

<sup>4</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0472. (7 marzo de 2017) 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. Bogotá, 2017. no.50166. 22 p.1



de materias primas vírgenes, con el fin de poner un alto a la afectación medio ambiental que día a día se incrementa

**1.2.2 Formulación del Problema.** En la dinámica de crecimiento de la industria de la construcción y la urbanización de las Megaciudades es fundamental realizar un estudio a los residuos de construcción y demolición (RCD) puesto que es una fuente de materia prima para nuevos elementos, los cuales pueden llegar a mitigar la extracción de material virgen y de la explotación de más recursos. Debido a esto se pretende identificar y dar respuesta a esta pregunta de investigación: ¿Qué elementos para la construcción se pueden producir a partir de residuos de construcción y demolición generados en la ciudad de Bogotá?

### **1.3. OBJETIVOS**

**1.3.1. Objetivo General.** Elaborar un estudio que permita la identificación y aprovechamiento de los RCD como insumo para la obtención de productos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar los residuos de construcción y demolición que se generan en la ciudad de Bogotá.
- Definir los materiales que se producen a partir de residuos de construcción y demolición identificando sus componentes.
- Determinar la aplicabilidad de los RCD para productos que se pueden realizar dada la existencia en el mercado

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Dentro de los países que promueven la transformación y reutilización de los residuos de construcción y demolición se encuentra Colombia con su capital la ciudad de Bogotá, en donde a pesar de pretender extender la vida útil de esos residuos, para minimizar el volumen de los mismos, hallamos una gran problemática debido a que la mayoría de éstos terminan en espacios públicos y adicional generan un gran impacto medio ambiental, las medidas han sido tomadas y existe una normatividad vigente, pero a pesar de estos controles el resultado es incierto en la actualidad.

Dentro de los diferentes escenarios de gestión de los RCD la Secretaria Distrital de Ambiente como organismo de control, promueve, orienta y regula la sustentabilidad ambiental de Bogotá, planteando una herramienta que permita al sector de la construcción minimizar impactos ambientales en el desarrollo de las diferentes etapas del proceso constructivo, teniendo en cuenta que la generación de residuos y la disposición final de estos, estén dentro de los parámetros de cumplimiento de la normatividad ambiental establecida.

De esta manera se deduce que del enorme volumen de RCD que es producido en la ciudad de Bogotá, la mayoría en muchos casos son vertidos en lugares no autorizados, cerca de acuíferos y ecosistemas que son terriblemente afectados, contaminando no solo los suelos y agua, también el paisaje de la ciudad. Siendo así todo se hace evidente una gran pérdida de recursos altamente transformables, que pudieran ser aprovechados nuevamente en la construcción, pero en cambio esta mala conducta obliga a consumir recursos naturales, aumentando en pérdidas la actividad constructora en Bogotá.

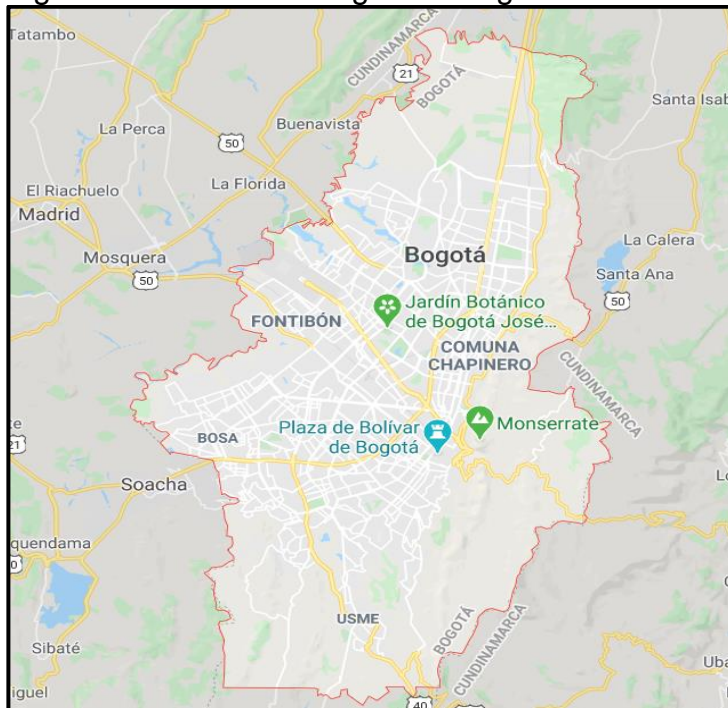
Dentro del análisis de este trabajo se hace evidente que, a pesar de la existencia de la normatividad en Bogotá, no se tiene la conducta plena para implementar un sistema de gestión en el cual se identifiquen, reciclen y aprovechen los RCD para la obtención de nuevos productos, que sean utilizados nuevamente en la construcción.

También es pertinente resaltar que actualmente en Bogotá, el porcentaje de reutilización de materiales en una obra de construcción no debe ser inferior al 25% del total del material utilizado en la ejecución del proyecto, por lo tanto, es importante que en el sector se conozcan los materiales que se pueden producir a partir de los residuos de construcción y demolición (RCD), puesto que, al ser incorporados en la cadena de suministros, se puede aumentar la demanda y uso de los mismos.

## 1.5 DELIMITACIONES

**1.5.1 Espacio.** El desarrollo del proyecto se realiza en la Universidad Católica de Colombia. La universidad se ubica en la ciudad de Bogotá D.C. Colombia, En la localidad de Puente Aranda, en la Calle 34 # 17 – 43 (véase la Figura 2).

Figura 1. Ubicación Geográfica Bogotá



Fuente. GOOGLE MAPS. Ubicación Bogotá Colombia. [en línea] Bogotá: [citado 16 de enero de 2020]. Disponible en internet < URL: <https://www.google.com/maps/place/Bogot%C3%A1/@4.6482837,-74.247894,11z>>

**1.5.2 Tiempo.** El proyecto se desarrolla en el primer semestre de 2020 según lo establecido en la Universidad Católica de Colombia con una duración de 4 meses iniciando en febrero y finalizando en mayo (según periodo académico).

**1.5.3 Contenido.** Este proyecto contiene el diagnóstico de la situación actual de los RCD en la ciudad de Bogotá, la presentación de los materiales que pueden producirse a partir de RCD de acuerdo a las publicaciones en bases de datos como Scopus, Google Académico y Ice Virtual Library, por último realizamos un análisis con el fin de establecer cuáles productos se podría producir en la ciudad con los residuos que genera la industria.

**1.5.4 Alcance.** El proyecto debe de iniciarse con la caracterización de los RCD que se generan en la ciudad de Bogotá, Se definen los materiales que se producen en la actualidad con RCD de acuerdo con la investigación en bases de datos como Scopus, Google Académico y Ice Virtual Library, de acuerdo con los hallazgos encontrados se determina la aplicabilidad de los RCD que se producen en la ciudad de Bogotá de acuerdo con los productos que se encuentran en el mercado.

## **1.6 MARCO DE REFERENCIA**

**1.6.1 Marco Teórico.** Los principales temas que el marco incluyen se presentan a continuación.

**1.6.1.1 Manejo de residuos sólidos.** “El manejo de residuos sólidos está comprendido por todas las actividades funcionales u operativas relacionadas con la manipulación de los residuos sólidos desde el lugar donde son generados hasta la disposición final de los mismos”.<sup>5</sup> Por lo tanto es fundamental realizar la descripción de las etapas que conforman este sistema.

**1.6.1.2 Generación de residuos sólidos.** El sector de la construcción en sus obras civiles del sector privado y público genera grandes residuos de manera general, en las diferentes etapas de su desarrollo, dentro de estas encontramos los siguientes residuos:

- Residuos de excavación: esencialmente esta actividad se genera en obras de construcción de carácter público, en donde se realiza un corte de suelo, en el cual se carga el material generado de forma mecánica, dentro de estos materiales orgánicos se encuentran restos de plantas y materia vegetal, y suelos arcillosos como materia inorgánica.

---

<sup>5</sup> Ochoa, Osvaldo. 2009. Recolección y disposición final de los desechos sólidos, zona metropolitana, Casó Ciudad Bolívar. [En Línea]: [17 de febrero de 2020] <URL: <http://www.cianz.org.ve>>

- Residuos de Demolición: como acción esta se encarga de la destrucción parcial o total de construcciones, en donde habitualmente se genera una nueva obra, los elementos resultantes son metales, maderas, vidrios, aluminios, concretos y cubiertas, etc.
- Residuos de Construcción: esta categoría incluye toda operación en obras civil, de carácter público o privado, en la cual se envuelven nuevos proyectos de edificios o estructuras, remodelación o construcciones prefabricadas y temporales. estos residuos generados a su vez se dividen en dos grupos los sobrantes inertes como: ladrillos, concretos, arenas, pétreos, vidrios, metales, o los sobrantes asimilables como: residuos de madera, cartones, papeles y plásticos.
- Residuos de Adecuación o Remodelación: se generan de obras pequeñas especialmente en casas, los residuos generados constituyen maderas, aluminios, metales, cubiertas de techos o paredes, concretos, etc.

Comúnmente en los proyectos de construcción, puede desarrollarse una sola actividad o varias en conjunto, según la ejecución de la obra, generando residuos también durante la etapa de mantenimiento del proyecto<sup>6</sup>.

**1.6.1.3 Los RCD en Bogotá.** Los residuos de construcción y demolición (RCD) anteriormente denominados escombros, se definen de acuerdo con el decreto 586 de 2015 como materiales de desecho, generados en las actividades de construcción de infraestructura y edificaciones, demolición de inmuebles y reforma de viviendas, o de obras civiles y de espacio público. Son considerados inertes, no peligrosos y alta susceptibilidad para ser reciclados mediante la transformación y reincorporación como materia prima de agregados en la fabricación de nuevos productos<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Universidad Militar Nueva Granada. Formulación de Lineamientos para la Gestión de residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá. [en línea]. Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. 13 de mayo 2020. [ citado 20 de marzo 2020]. Disponible en Internet: < URL: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11004/TRABAJO%20DE%20GRADO%20ADRIANA%20ISABEL%20PINZON%20M..pdf?sequence=1&isAllowed=y> >

<sup>7</sup> Castaño, J. O., Rodríguez, R. M., Lasso, L. A., Gómez Cabrera, A., & Ocampo, M. S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición en Bogotá : perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 121-129. Disponible en internet : [En Línea].2019 <URL:<http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v17n38/v17n38a10.pdf> />

Figura 2. En la siguiente tabla se nombran y clasifican los tipos de residuos generados en una obra.

RESIDUO DE OBRA	
Tipo de residuo	Elementos
<b>MADERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Madera sobrante de varias actividades</li> <li>- Estibas dañadas o en desuso</li> <li>- Formaletas o camillas dañadas o en desuso</li> </ul>
<b>PETREOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ladrillos quebrados o sobrantes</li> <li>- Cerámica blanca quebrada</li> <li>- Fragmentos de baldosin</li> <li>- Bloques de concreto dañados</li> <li>- Mortero seco</li> <li>- Fragmentos de roca</li> </ul>
<b>PELIGROSOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envases de soldadura y limpiadores</li> <li>- Residuos de impermeabilizantes</li> <li>- Residuos de pintura</li> <li>- Luminarias fluorescentes</li> <li>- Materiales contaminados con sustancias peligrosas</li> <li>- Envases de aceites y combustibles</li> </ul>
<b>PVC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restos de tubería PVC conduit</li> <li>- Restos de tubería PVC sanitaria y agua</li> <li>- restos de tubería PVC naranja</li> <li>- Canales y bajantes dañadas.</li> </ul>
<b>ICIPOR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casetón en desuso sobrante</li> <li>- Empaques de electrodomésticos</li> </ul>
<b>DRYWALL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recortes de drywall</li> <li>- Láminas de drywall rotas</li> </ul>
<b>PLASTICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plástico negro</li> <li>- Botellas plásticas</li> <li>- Bolsas plásticas</li> <li>- Cinta de demarcación</li> <li>- Cuñetes plásticos limpios</li> </ul>
<b>PAPEL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cajas de cartón en desuso</li> <li>- Papel</li> </ul>
<b>METÁLICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrante de malla electrosoldada</li> <li>- Sobrante de varilla</li> <li>- Sobrante perflería drywall</li> <li>- Sobrante de canaleta metálica</li> <li>- Sobrante de tubería EMT</li> </ul>

Fuente. El Autor

#### 1.6.1.4 El reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD)

En la actualidad actividades como el reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD), es una práctica difundida y establecida a nivel mundial, es así como las alarmantes cifras (véase la Figura 3) de estos residuos que producen Bogotá nos sitúa, incluso, por encima de grandes urbes en el mundo, convirtiéndose de esta manera en uno de los principales problemas que impactan el ambiente de la ciudad.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Ibid, p 120.

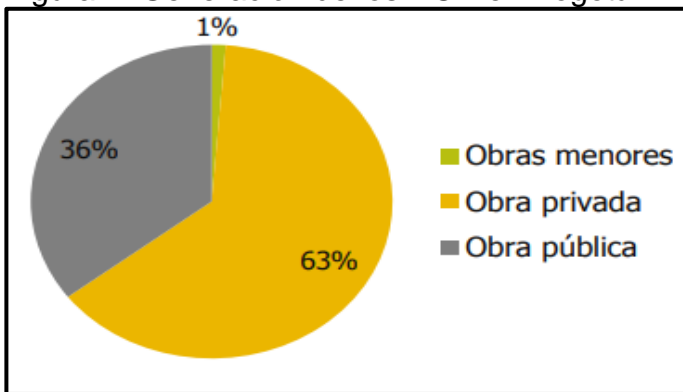
Figura 3. Cifras de generación de residuos en Bogotá.

GENERACIÓN RCD EN BOGOTÁ	
RCD GENERADO EN OBRAS PÚBLICAS	4,3 mt/año
RCD GENERADO EN OBRAS PRIVADAS	7,7 mt/año
TOTAL	12 mt/año = hab*año

Fuente. Primer foro internacional para la Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) Jorge Salvany. Diciembre 2012.

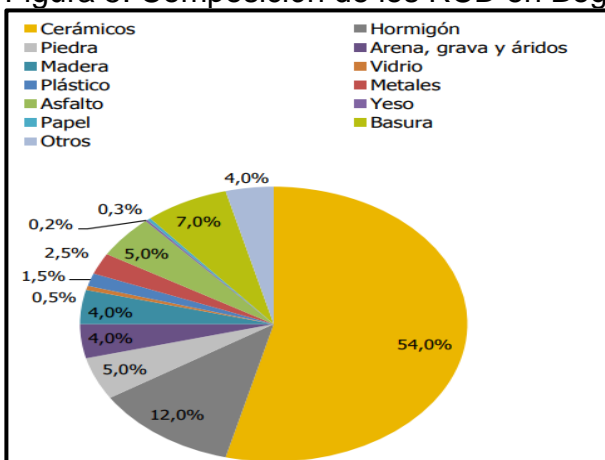
En Colombia, la industria de la construcción consume el 40% de la energía, genera el 30% del CO<sub>2</sub> y el 40% de los residuos. Consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra. Adicionalmente, en la construcción se desperdicia el 20% de todos los materiales empleados en la obra.

Figura 4. Generación de los RCD en Bogotá



Fuente. Primer foro internacional para la Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) Jorge Salvany. Diciembre 2012.

Figura 5. Composición de los RCD en Bogotá



Fuente. Primer foro internacional para la Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) Jorge Salvany. Diciembre 2012

Son estas cifras las motivadoras del reciclaje de los RCD, en donde se realiza la separación de materiales aprovechable de elementos desechables, Permitiendo la recuperación y reciclado de la máxima cantidad posible de materiales de construcción, para que dicho proceso pueda llevarse a cabo los RCD deben disponerse en contenedores y así mismo clasificarse de acuerdo con su material, posteriormente estos residuos tienen tres opciones de tratamiento RCD así:

- **Relleno de inertes:** instalación de eliminación que se destina al depósito controlado de RCD para restauración paisajística o topográfica.
- **Planta de reciclaje de RCD:** instalación industrial fija que procesa y comercializa fracciones valorizables de RCD.
- **Área de reciclaje de RCD:** depósito temporal de RCD para su posterior reciclado in situ mediante equipos móviles.

**1.6.2 Marco Conceptual.** A continuación, se presenta una serie de conceptos, argumentos e ideas que se han desarrollado a través del tiempo en relación con el tema que este trabajo incluye.

**1.6.2.1 Residuos de construcción y demolición.** “Los residuos de la construcción y demolición, RCD, son aquellos residuos generados por las actividades de construcción, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tales como casas, edificios, carreteras, puertos, aeropuertos, ferrocarriles, canales, presas, instalaciones deportivas o de ocio, u otras obras de ingeniería civil; así como también los provenientes de los trabajos que modifiquen la forma sustancial del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, a excepción de los RCD generados en obras menores de construcción y reparación domiciliaria<sup>9</sup>.

**1.6.2.2 Disposición Final.** “Confinamiento del material residual, producto del aprovechamiento en los CTA o CRED y todo aquel RCD de origen pétreo que por sus características físicas no pudo ser objeto de aprovechamiento, dispuesto en un lugar autorizado por la autoridad ambiental competente.”<sup>10</sup>

**1.6.2.3 Sitio de disposición final de RCD.** “Lugar autorizado por la autoridad ambiental competente para recibir el material residual, producto del

---

<sup>9</sup> GENERALITAT VALENCIANA. Cancillería de Infraestructura. Territorio y Medio Ambiente. Residuos de Construcción y Demolición. Revisión del Plan de residuos. Comunidad Valenciana. 2008-2013. p. 9-15

<sup>10</sup> SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Tratamiento y disposición, 09 de abril. [En Línea]: [citado 28 de abril de 2020] Disponible en Internet <URL: <http://www.ambientebogota.gov.co/es/web/escombros/disposicion>>



aprovechamiento en los CTA o CREDS y todo aquel RCD de origen pétreo que por sus características físicas no pudo ser objeto de aprovechamiento”.<sup>11</sup>

**1.6.2.4 Centro de tratamiento y/o aprovechamiento (CTA).** “Sitios en donde se realizan actividades de separación, clasificación, tratamiento y almacenamiento temporal de los RCD implementando las medidas ambientales que manejen los impactos generados, para la producción de materiales de construcción.”<sup>12</sup>

**1.6.3 Marco Legal.** El fundamento legal que regula los RCD en Colombia y en específico en la ciudad de Bogotá se presentan a continuación.

**1.6.3.1 Leyes.** En la legislación colombiana se han establecido una serie de leyes que reglamentan los RCD como se nombran a continuación:

- **Ley 9 de 1979:** Consagra el Código Sanitario Nacional y compilan las normas en materia sanitaria en cuanto a la afectación de la salud humana y el medio ambiente; desarrolla algunos de los más importantes aspectos con el manejo de los residuos, desde la definición de términos, hasta la forma de disposición autorizada para cierto cuerpo de residuos<sup>13</sup>

- **Ley 99 de 1993:** Los municipios, distritos o áreas metropolitanas cuya población urbana es  $\geq 1.00.000$  de habitantes ejercerán las mismas funciones de los entes de 38 vigilancia, verificación y control de los entes con competencia sobre el Medio Ambiente, de las autoridades Municipales, Distritales o Metropolitanas. Tendrán la responsabilidad de efectuar el control de:

- Vertimientos y emisiones contaminantes.
- Disposición de desechos sólidos.
- Disposición de Residuos Tóxicos y Peligrosos<sup>14</sup>.

- **Ley 142 de 1994:** “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos y se dictan otras disposiciones” cita en el artículo 14 “Definiciones” numeral 14.24, que el tratamiento y el aprovechamiento de los residuos sólidos son actividades complementarias del servicio público domiciliario de aseo y que por lo tanto le son aplicables todas las normas<sup>15</sup>.

---

<sup>11</sup> Ibid., p. Internet

<sup>12</sup> Ibid., p. Internet

<sup>13</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 9 de 1979 (24, enero 1979) Por el cual se dictan medidas sanitarias. Bogotá, 1979 No. 35308

<sup>14</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 99 de 1993 (22, diciembre 1993) Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente. Bogotá, 1993 No. 41146

<sup>15</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 142 de 1994 (11, julio 1994) Por el cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 1994 No. 41433

- **Ley 1259 de 2008:** “Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones”. En el artículo 5º se argumentan las sanciones mediante comparendo ambiental, por prácticas que representen grave riesgo para la convivencia ciudadana<sup>16</sup>.

**1.6.3.2 Decretos.** Los decretos de nivel nacional o regional que hacen parte de la normatividad respecto a los RCD se nombran a continuación:

- **Decreto 2811 de 1974.** “Por el cual se dicta el código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente”. Este código regula elementos y factores ambientales, como los residuos, basuras, desechos y desperdicios. En el título III, artículo 35 se menciona la prohibición de descargar sin autorización los residuos y en general que deterioren los suelos o causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos<sup>17</sup>.

- **Decreto Distrital 357 de 1997 de la Secretaría Distrital de Ambiente:** “Por el cual se regula el manejo, transporte, y disposición final de escombros y materiales de construcción en el Distrito Capital”.

- **Decreto Nacional 1713 de 2002:** En su artículo 44, menciona que la recolección de escombros es responsabilidad de los generadores en cuanto a su recolección, transporte y disposición en las escombreras autorizadas. El Municipio o Distrito y las personas prestadoras del servicio de aseo son responsables de coordinar estas actividades en el marco de los programas establecidos para el desarrollo respectivo de Plan de Gestión Integral de Residuos sólidos –PGIRS.

- **Decreto 190 de 2004:** “Plan de Ordenamiento Territorial”. Describe en el artículo 204, párrafos 1 al 3, que “la disposición inadecuada de escombros es una problemática ambiental urbana que se relaciona no sólo con la invasión de espacio público y destrucción de ecosistemas (procesos de rellenos de humedales), sino también con deficiencias en los sistemas de acueducto y alcantarillado (obstrucciones)”. “Podrán localizarse escombreras en otras áreas donde el paisaje esté degradado, con concepto previo de la autoridad ambiental”. Su utilización como escombrera deberá contribuir a la restauración morfológica y ambiental del área. “Las áreas deterioradas que hagan parte de la Estructura Ecológica Principal podrán constituirse como escombreras si la recepción de escombros se constituye en un

---

<sup>16</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1259 de 1994 (19, diciembre 2008) Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2008 No. 47208

<sup>17</sup> COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 2811 de 1974 (18, diciembre 1975) Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá, 1975 No. 34243

medio para su recuperación ecológica, en estos casos el Plan de Manejo de la Escombrera deberá articularse al Plan de Manejo Ambiental del área protegida”.

- **Decreto 838 de 2005.** “Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002” artículo 23, dice que los escombros que no sean objeto de un programa de recuperación y aprovechamiento deberán ser dispuestos adecuadamente en escombreras cuya ubicación haya sido previamente definida por el municipio o distrito, teniendo en cuenta lo dispuesto en la resolución 541 de 1994 del Ministerio de Medio Ambiente o la que la sustituya, modifique o adicione y demás disposiciones ambientales vigentes.

- **Decreto Distrital 312 de 2006.** “Por el cual se adopta el “Plan Maestro Integral de Residuos Sólidos”, se incorpora el manejo integral de escombros en el eje Territorial-Ambiental.

**1.6.3.3 Resoluciones.** Las cuales dan un lineamiento más específico de un problema con el fin de brindar herramientas más sencillas de controlar:

- **Resolución 541 de 1994:** “Regula el tema de cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación”.

- **Resolución 991 de 2001:** Programa que debe desarrollar cada contratista para el realizar el manejo adecuado de escombros, material reutilizable, reciclable, y desechos que se generan en el interior de cada obra.

- **Resolución 114 de 2003:** Se establece el “Manual Técnico Operativo para los Concesionarios del Servicio de aseo de la ciudad”. En el Literal 2.4.3 define que Los escombros generados por remodelaciones de vivienda que no requiere de licencia de construcción y cuya recolección sea solicitada por el usuario, siempre y cuando su volumen sea menor o igual a 1 m<sup>3</sup> serán atendidos por los concesionarios de aseo del distrito.

- **Resolución 2397 de 2011:** Por la cual se regula técnicamente el tratamiento y aprovechamiento de escombros en el Distrito capital. (Derogada por la Resolución 1115 de 2012).

- **Resolución 1115 de 2012:** “Por medio de la cual se adoptan lineamientos técnico-ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de residuos de construcción y demolición en el distrito capital”.

**1.6.3.4 Acuerdos.** Medidas especiales que se han tenido que tomar con el fin de dar una solución pronta a una problemática.

- **Acuerdo 79 de 2003:** Establece lineamientos y normas de comportamiento con relación al manejo, transporte y disposición de escombros.

## **1.7 METODOLÓGIA**

**1.7.1 Tipo de estudio.** Este proyecto tiene las características de un estudio descriptivo y exploratorio porque parte del análisis de la situación actual de los RCD producidos en la ciudad de Bogotá, adicional busca determinar cuáles son los materiales que se producen en la actualidad a partir de RCD de acuerdo con la investigación y revisión de bases de datos, y a partir de ello determinar cuáles se podrían producir con los residuos que se generan en la ciudad de Bogotá.

El método de trabajo será la investigación aplicada, ya que el principal objetivo es identificar los materiales que se pueden producir a partir de RCD y puedan ser utilizados en la industria de la construcción.

**1.7.2 Fuentes de información.** Para la realización de este proyecto es indispensable consultar una serie de fuentes que dieron soporte a los planteamientos que en este se desarrollaron y por lo tanto se clasifican en primarios y secundarias como se presentan a continuación.

**1.7.2.1 Primarias.** Las técnicas e instrumentos para la recolección de los datos se aplicarán por medio de datos históricos y reales referente a los residuos de construcción y demolición generados en la ciudad de Bogotá. Para esto se utilizan fuentes bibliográficas, publicaciones de internet y base de datos.

**1.7.2.2 Secundarias.** También estará apoyado en una investigación documental la cual se ha consultado en fuentes como: Secretaría Distrital de medio Ambiente, Cámara Colombiana de la construcción, Cámara de comercio de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, Ministerio de Medioambiente y desarrollo sostenible.

**1.8 DISEÑO METODOLÓGICO.** Este proyecto busca brindar estrategias que puede implementar la industria de la construcción para optimizar el sistema de gestión de residuos de construcción y demolición y cumplir con los requisitos de reutilización establecidos. De esta manera se plantea el siguiente orden para el desarrollo de este proyecto:

**1.8.1 Fase I.** En primera instancia, se partirá del diagnóstico de la situación actual de los RCD que se producen en Bogotá, es decir una Revisión de la literatura, revisión de página web de entidades oficiales y documentos, teniendo en cuenta las publicaciones y estudios más recientes.

**1.8.2 Fase II.** Posteriormente, se identificarán los materiales que se producen a partir de RCD, en el ámbito nacional e internacional y se especificará el tipo de

material que se utiliza y su similitud con los producidos en Bogotá.

**1.8.3 Fase III.** Determinar los elementos que se pueden producir a partir de los RCD que se generan en la ciudad de Bogotá y así lograr estimar la cantidad de residuos de construcción que se logran recuperar en la cadena de suministros para los elementos de construcción producidos.

**1.8.4 Fase IV.** Se evalúan y registran los resultados de la investigación y se deja evidencia del alcance de cada uno de los objetivos a lo largo del proyecto.

## 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERAN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

### 2.1. CONTEXTO GENERAL

**2.1.1 Generación de RCD.** Según un estudio realizado por la Unidad Administrativa Especial de servicios Públicos (UAESP) y publicado en la revista CATORCE 6 en julio de 2017, dispone que los tres grandes productores de RCD son:

- Grandes proyectos de construcción
- Obras públicas
- Obras de origen domiciliaria

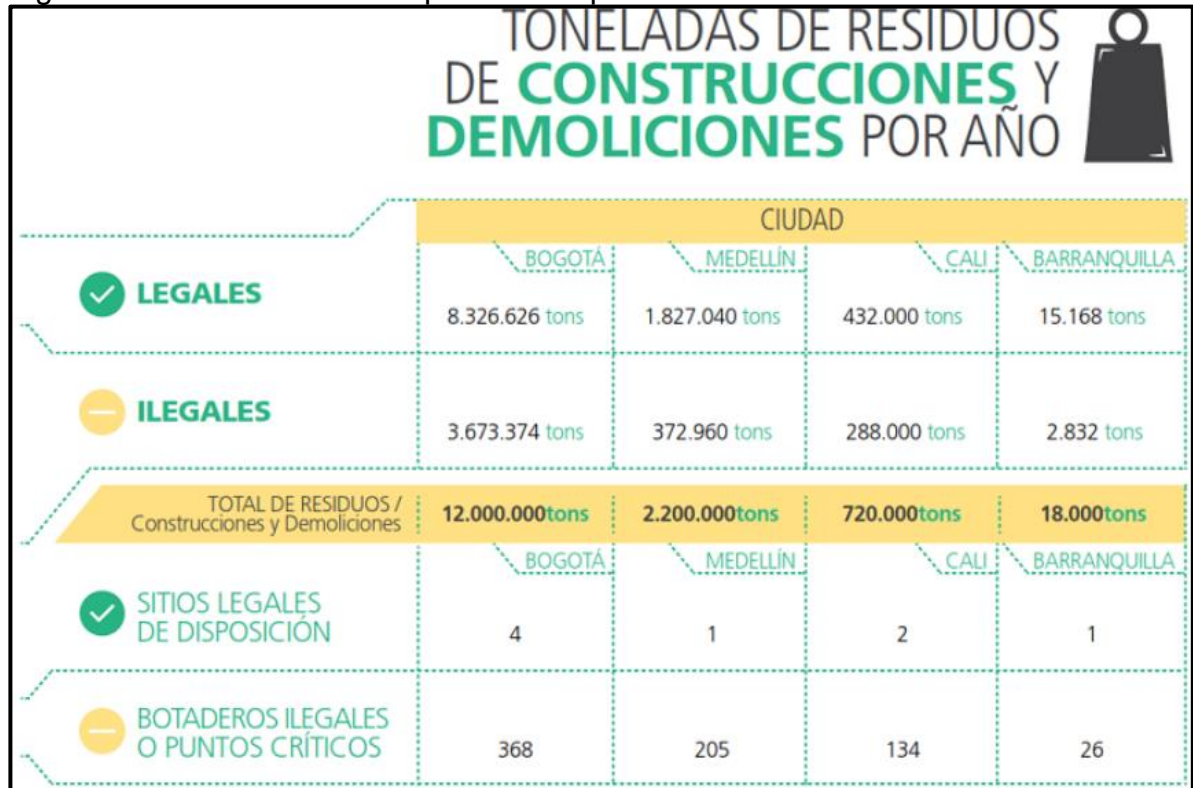
Y de los RCD producidos por estos, se estima que menos del 20% llegan a ser depositados y tratados de la manera correcta, por lo tanto, en un estudio realizado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible en 2011 se estima que en el país se genera alrededor de 22 millones de toneladas de RCD en ciudades como Bogotá, Medellín, Cali, Manizales Cartagena, Pereira, Ibagué, Pasto, Barranquilla, Neiva, Valledupar y San Andrés (véase la Figura 6). De esto hay que destacar que las cuatro grandes generadoras de residuos son Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, en una distribución como se observa en la Figura 7.

Figura 6. Residuos generados en algunas ciudades de Colombia en el año 2011

Ciudad	Cantidad de residuos generado anualmente (2011)	
	Toneladas (t)	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Bogotá	18.314.429	12.287.619
Medellín	1.778.522	1.185.681
Santiago de Cali	1.208.723	908.814
Manizales	459.000	306.000
Cartagena	285.000	190.000
Pereira	90.172,5	60,115
Ibagué	89.000	59.333
Pasto	24.000	16.000
Barranquilla	18.000	12.000
Neiva	2.900	1.933
Valledupar	300	200
San Andrés	292	195
<b>TOTAL</b>	<b>22.270.338,5</b>	<b>15.027.890</b>

Fuente. ANDI <http://www.andi.com.co/uploads/Documento%20An%C3%A1lisis%20Nacional.pdf> p .32

Figura 7. Toneladas de RCD producidas por año



Fuente. Catorce6 <https://www.catorce6.com/actualidad-ambiental/habitat/12015-ciudades-llenas-de-escombros>

De la figura anterior se puede inferir que Bogotá es responsable del 54 % de los RCD producidos en Colombia, y de los 12 millones de toneladas que se producen en Bogotá el 69 % se depositan en lugares autorizados y el 31 % restantes se depositan en Canales, Zonas Verdes y humedales.

**2.1.2 Entidades de control en la ciudad de Bogotá.** Las entidades de seguimiento y control están determinadas por el volumen de generación de RCD de una obra de la siguiente manera, para obras que generan menos de 1m<sup>3</sup> por la actividad de remodelaciones locativas y trabajos menores de construcción que no requieren licencia está la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) y las obras que generan más de 1 m<sup>3</sup> para comprobar el cumplimiento del transporte y disposición final de RCD le hace seguimiento la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

**2.1.3 Sitios autorizados para la disposición final de RCD.** Los lugares autorizados para disposición final de los RCD cerca de la ciudad de Bogotá y dentro de ella, están divididos en diferentes categorías, depende del tipo de entidad que autoriza, del tipo de material autorizado para disponer, Según el tipo de tratamiento

o aprovechamiento que se le realice al RCD como se resume a continuación (véase la Figura 8.) de acuerdo con la publicación de la secretaría de ambiente de Bogotá.

Figura 8. Resumen de sitios de disposición de RCD

ENTIDAD QUE AUTORIZA	CANTIDAD DE LUGARES	TIPO DE MATERIAL AUTORIZADO PARA DISPONER EN EL SITIO
DIRECTORIO AMBIENTAL SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL APROBADOS POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE	1	En los predios del Registro Minero de Cantera No. 056 de Central de Mezclas S.A. no se desarrollan actividades de extracción, beneficio y transformación de materiales de construcción, no obstante se ejecutaron actividades de disposición de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), dando cumplimiento al Artículo 2 de la Resolución 4626 del 3 de junio de 2010.
DIRECTORIO AMBIENTAL SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL APROBADOS POR LA CAR	6	Escombros, concretos y agregados sueltos de construcción, capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación, ladrillo, acero, concreto y similares. Suelo orgánico, material de excavación
SITIOS DISPOSICIÓN FINAL DE RCD EN EL MARCO DE LA RESOLUCIÓN 0472 DE 2017 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	4	No especifica
DIRECTORIO AMBIENTAL SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL APROBADOS POR EL ANLA	5	Disposición final de RCD, EXCOMBROS, EXCAVACION, Y MATERIALES ESTERILES. Solo en la AERONAUTICA CIVIL EI material a utilizar en la obra de protección (relleno y nivelación) solamente será arcilla procedente de excavaciones profundas la cual será adquirida a terceros y deberá contar con el permiso ambiental correspondiente. NO SE PERMITE LA DISPOSICION DE OTRO TIPO DE MATERIAL.
DIRECTORIO AMBIENTAL SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL APROBADOS POR ALCALDÍAS LOCALES	2	Tierra negra, solo excavación, y restauración morfológica y construcción banco de suelo Vereda Panamá lotes 2, 3,4 km 2,0 Municipio de Soacha.
CTA-CENTRO DE TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO APROBADOS POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE	3	Transformación de residuos de instalación de Drywall (placayeso), Acopio y transformación de Drywall y Aprovechamiento y Tratamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).
CTA-CENTRO DE TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO APROBADOS POR LA CAR	21	Aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD), <a href="http://www.recicladogreco.com/productos">www.recicladogreco.com/productos</a> ,
GESTORES PUNTOS LIMPIOS RCD'S EN EL MARCO DE LA RESOLUCIÓN 0472 DE 2017 MINISTERIO DE AMBIENTE	2	No especifica
RECUPERADOR ESPECÍFICOS APROBADOS POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE Solo pueden almacenar, copiar y clasificar el material autorizado, pero no podrán realizar la transformación de los mismos.	10	Dentro de sus actividades económicas realiza recolección, transporte, almacenamiento y comercialización de residuos aprovechables, dentro de los que se puede mencionar: Chatarra y otros metales, aluminio, Cartón, PVC, Madera, Drywall, poliestireno expandido (icopor), madera, vidrio y metales (acero, hierro, cobre, aluminio, zinc, estaño).

Fuente. Tomado y Modificado.

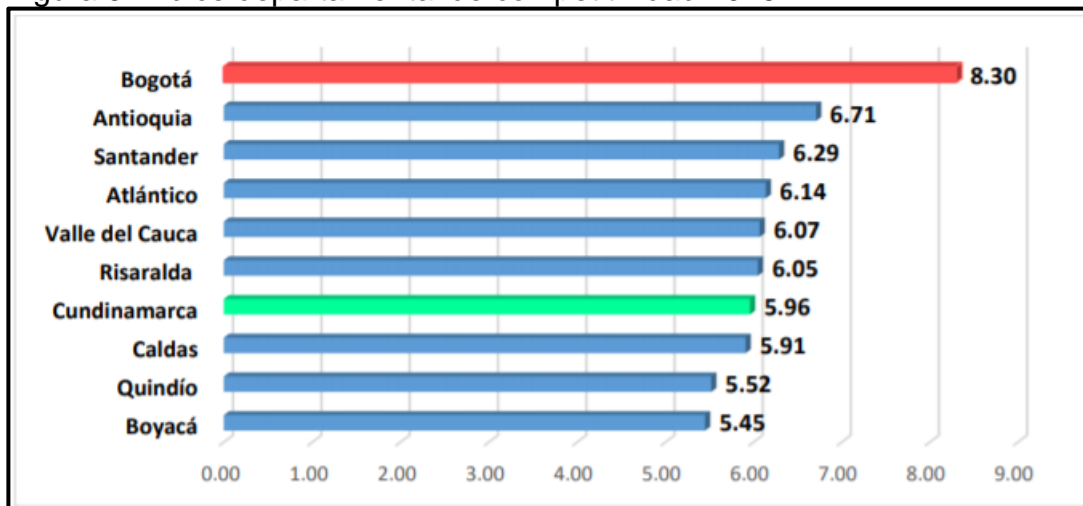
[http://www.ambientebogota.gov.co/es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2323e020-d4d3-4769-96e7-1ae38516d47f&groupId=10157](http://www.ambientebogota.gov.co/es/c/document_library/get_file?uuid=2323e020-d4d3-4769-96e7-1ae38516d47f&groupId=10157)

**2.1.4 Generadores de RCD.** De lo anterior se puede apreciar que Bogotá es la ciudad que más RCD produce de Colombia y esto se lo debe a ser líder en competitividad (8.3 sobre 10 en 2019 véase la Figura 9) y la economía regional más grande, dinámica y diversificada, la base empresarial de Colombia se encuentra aquí y para ello tiene dispuesta la mejor infraestructura para los negocios<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Cámara de Comercio de Bogotá. Balance de la economía de la región Bogotá – Cundinamarca 2018. [en línea]. Bogotá. [citado 9 abril de 2020]. Disponible en Internet < URL: <https://www.ccb.org.co/content/download/82072/1555291/file/31012019%20Balance%20Econom%20C3%ADa%20Bogotana%202018.pdf> >.



Figura 9. Índice departamental de competitividad 2019



Fuente. Consejo Privado de Competitividad, CEPEC-Universidad del Rosario. 2019. URL <https://compite.com.co/indice-departamental-de-competitividad/>

Por lo tanto, la construcción con alrededor de 29.572 empresas matriculadas legalmente en Bogotá y sus municipios colindantes, según la Cámara de Comercio de Bogotá. La cual genera el 5,4 % del PIB de la región Bogotá-Cundinamarca y el 5,6 % del empleo de Bogotá<sup>19</sup>. También es la responsable de los RCD que en ella se producen, por tanto, las obras tanto públicas como privadas de la ciudad de Bogotá se revisarán por independiente ya que son dos grandes grupos que generan RCD en la ciudad.

**2.1.4.1 Generadores Privados.** se encargan de la ejecución de obras de carácter privado en predios de la misma naturaleza jurídica, son obras ejecutadas por empresas privadas de construcción agremiadas por CAMACOL (cámara colombiana de la construcción) la cual tiene el objeto principal de “representar los intereses y fomentar el desarrollo y la responsabilidad social de las empresas, entidades y personas vinculadas a la cadena productiva de la construcción en Colombia y en el exterior”<sup>20</sup>. Las cuales realizan principalmente proyectos

Los volúmenes generados por la ejecución de proyectos de vivienda, hipermercados, centros comerciales, centros de recreación, clubes privados y centros educativos. De acuerdo con el diagnóstico realizado por la UAESP en el

<sup>19</sup> Cámara de comercio. Balance de la economía de la región Bogotá – Cundinamarca 2019 [en línea]. Bogotá: Cámara de Comercio [citado 9 de marzo 2020]. Disponible en internet:< URL:[https://www.ccb.org.co/content/download/139187/2521525/file/balance\\_economia\\_region\\_2019.pdf](https://www.ccb.org.co/content/download/139187/2521525/file/balance_economia_region_2019.pdf). Internet

<sup>20</sup>Camacol. Estatutos Camacol 2018. [en línea]. Bogotá. Cámara Colombiana de la Construcción [citado 6 de mayo de 2020]. Disponible en internet: < URL: [https://camacol.co/sites/default/files/ESTATUTOS%20CAMACOL%202018\\_0.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/ESTATUTOS%20CAMACOL%202018_0.pdf). Art. 6.p. 2>

año 2009, del cual se puede destacar que por cada metro cuadrado de superficie edificada se genera 0.69 metros cúbicos de RCD.

En la Figura 10 se relacionan los RCD generados por 15 empresas, las cuales generaron 6,700,730 en el periodo de 2012 a 2015 que equivale al 28.30% de los RCD generados en obras de carácter privado. El 71.70% restante que representa 16,976,056 toneladas, de obras de 600 constructoras durante el mismo periodo<sup>21</sup>.

Figura 10. Generación de RCD del sector privado, periodo 2012-2015

EMPRESA	%	TONELADAS
Opain	28,39	1.902.383
Constructora Colpatría	11,15	747.481
Cusezar	9,44	633.081
Amarilo	8,58	575.288
AR Construcciones	5,70	382.479
Conconcreto	5,35	358.823
Prabyc Ingenieros	5,16	345.832
Constructora Capital	4,11	275.419
Construcciones Planificadas	4,09	274.497
Constructora Bolívar	4,02	269.742
IC Constructora	3,57	239.553
Arquitectura y Concreto	3,39	227.385
AIA	3,17	213.006
Marval	2,12	142.675
ARPRO Arquitectos Ingenieros	1,68	113.086
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>6.700.730</b>

Fuente. Bogotá D.C., Hacia una nueva cultura en la gestión integral de los residuos de construcción y demolición. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) <https://.ent.cat/wp-content/uploads/2016/03/Publicacion-Bogota-SDA.pdf> p. 144

**2.1.4.2 Generadores públicos.** Son las entidades estatales como el Instituto de Desarrollo Urbano IDU, La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, La empresa de telecomunicaciones de Bogotá S.A, ETB-E.S.P, ENEL CODENSA S.A – E.S.P, Vanti Gas Natural E.S.P, las cuales son las encargadas de realizar obras públicas tales como avenidas, puentes peatonales y vehiculares, redes de servicios públicos domiciliarios, terminales de transporte, parques, oficinas e instalaciones del gobierno.

Pero que generaron 3,961,794 toneladas de RCD en el periodo comprendido entre 2012 a 2015 de las cuales el 68,58 % (2,717,086 Toneladas) son generados por parte de las entidades adscritas al Distrito (véase la Figura 11).

<sup>21</sup> Montoya-Villarreal S.P., Ortega-Acosta A.I., Orozco-Gutiérrez C.J., González Rojas C.P., Forero-Díaz D.A., Casas-Camargo H.L., Albarracín J., Pérez-Parra L.F., Naranjo-Velazco S.O., Y.T. Meza-Osorio, Jofra-Sora M., Madorell-Arbolí M. y Samper-Sugrañes I.. 2015. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Bogotá, Colombia.p.144

Figura 11. Generación de RCD del sector públicos, periodo 2012-2015

ENTIDAD	TONELADAS	%
IDU	1.287.593	47,38
UAESP	698.142	25,69
EAAB-ESP	646.101	23,77
UAERMV	52.863	1,94
Alcaldías Locales	29.096	1,07
IDRD	3.291	0,12
<b>TOTAL</b>	<b>2.717.086</b>	<b>100</b>

Fuente. Fuente. Bogotá D.C., Hacia una nueva cultura en la gestión integral de los residuos de construcción y demolición. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) <https://ent.cat/wp-content/uploads/2016/03/Publicacion-Bogota-SDA.pdf> p. 145

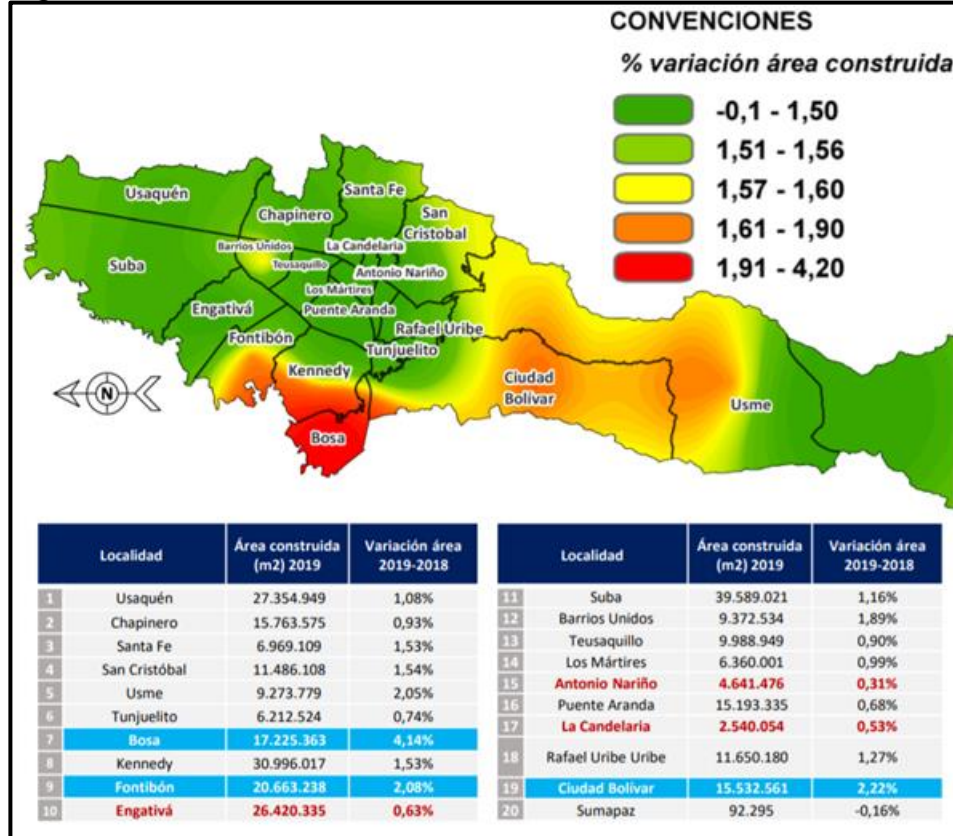
**2.1.5 Los RCD en los próximos años.** Según el acuerdo 645 de 2016 “Plan de Desarrollo Distrital 2016 – 2020 Bogotá Mejor Para Todos” se aprobó para la ciudad de Bogotá un plan de obras públicas bastante ambicioso que producirá grandes sumas de RCD.

Adicionalmente dentro de este plan está incluido el mega proyecto de la primera línea del metro que se estima que generé aproximadamente 12,000,000 de toneladas de RCD, de igual forma esta contemplados otros Planes Parciales de Desarrollo Zonal que plantean una renovación urbana de Bogotá, este mecanismo busca rehabilitar, reutilizar, reciclar o redesarrollar edificaciones o áreas de la ciudad que se encuentran deterioradas o subutilizadas<sup>22</sup> lo que lleva a intervenir 373.08 Ha en el norte, occidente y centro de la ciudad, sin olvidar la troncal de Transmilenio por la avenida séptima la cual se estima que genere alrededor de 1,092,000 m<sup>3</sup> de RCD, lo cual refuerza la necesidad de encontrar más lugares habilitados para la disposición tratamiento y aprovechamiento de los RCD con el fin de generar el menor impacto posible al medioambiente<sup>23</sup>.

<sup>22</sup> Camacol. Boletín de norma urbana N° 4. 2017[en línea]. Bogotá. Camacol [citado 8 mayo de 2020]. Disponible en Internet: < URL: <https://www.camacolcundinamarca.co/documentos/boletin-tecnico/Boletin-4.pdf> p. 3>

<sup>23</sup> CONCEJO DE BOGOTÁ, D.C. PROYECTO DE ACUERDO N° 320 DE 2019 [en línea] Bogotá. [citado 3 abril de 2020]. Disponible en Internet < URL: [http://concejodebogota.gov.co/cbogota/site/artic/20190522/asocfile/20190522120530/edici\\_\\_n\\_2914\\_pa\\_320\\_pd\\_de\\_2019\\_.pdf](http://concejodebogota.gov.co/cbogota/site/artic/20190522/asocfile/20190522120530/edici__n_2914_pa_320_pd_de_2019_.pdf) p. 5704>

Figura 12. Variación área construida Censo inmobiliario 2019



Fuente. Bogotá crece resultados del censo inmobiliario 2019. Catastro Bogotá [http://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/recursos/190205\\_PresentacionForo\\_PARA%20LA%20WEB\\_2019.pdf](http://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/recursos/190205_PresentacionForo_PARA%20LA%20WEB_2019.pdf) p. 16

## 2.2 COMPOSICIÓN DE LOS RDC

**2.2.1 Clasificación de los RCD de la ciudad de Bogotá.** Dentro del marco normativo de la secretaría distrital de ambiente y en los planes de gestión de RCD se encuentra una clasificación en dos categorías que son los RCD aprovechables y los No aprovechables (véase la Figura 13).

Figura 13. clasificación RCD

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)			
CATEGORÍA	GRUPO	CLASE	COMPONENTES
A. RCD APROVECHABLES	I-Residuos comunes inertes 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 <sup>(1)</sup> .
		1. Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría <sup>(1)</sup> .
	II-Residuos comunes inertes de material fino	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 <sup>(1)</sup> (2).
		1. Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.
	IV-Residuos metálicos	1. Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc.
	V-Residuos orgánicos	1. Residuos de pedones	Residuos de tierra negra.
		2. Residuos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas.
B. RCD NO APROVECHABLES	VI-Residuos contaminantes	1. Residuos peligrosos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, asfaltos, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias convencionales y fluorescentes, desechos explosivos, y otros elementos peligrosos.
		2. Residuos especiales	Poliestireno - Icopor, cartón-yeso (drywall), lodos residuales de compuestos.
		3. Residuos contaminados	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos y especiales.

Fuente. Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra. 2014

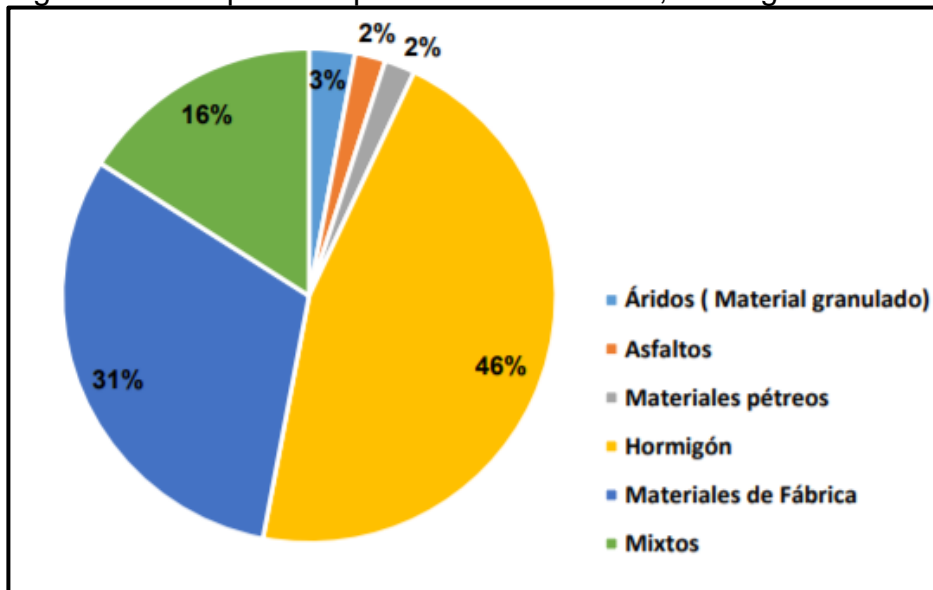
<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20r>

esiduos%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20(RCD)%20en%20obra.pdf p. 14

Pero a partir de esta clasificación se puede subdividir seis (6) Grupos y diez (10) Clases, los cuales van enfocados en el tipo de RCD según el tipo de material que este contenga, lo que nos lleva a determinar la composición de los materiales según la composición.

**2.2.2 Composición de los RCD de la ciudad de Bogotá.** Para identificar el tipo de RCD que se trata, es fundamental conocer su composición y ello varía en función del tipo de construcción, por lo tanto, se encontraran componentes mayoritarios y minoritarios, los primeros dependiendo del tipo de construcción, y las materias primas que en esta fueron utilizados y el segundo que depende más de factores de uso, ocupación o condiciones meteorológicas a las cuales estuvo expuesto el material en su tiempo de servicio (véase la Figura 14).

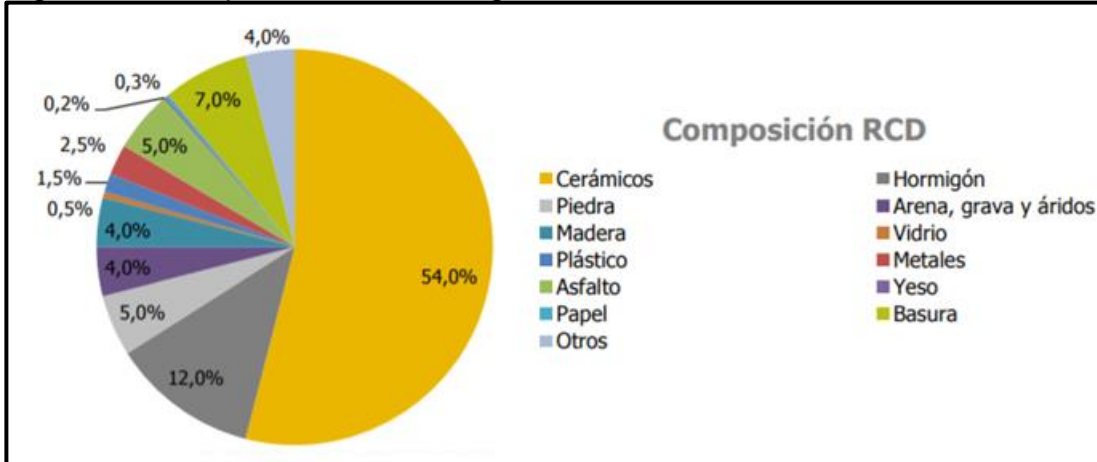
Figura 14. Composición promedio de los RCD, en Bogotá



Fuente. Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular contrato interadministrativo CI-049-2018

<http://www.andi.com.co/Uploads/Documento%20An%C3%A1lisis%20Nacional..pdf>  
p. 41

Figura 15. Composición RCD, Programa basura cero



Fuente. Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) Jorge Salvany Diciembre 2012 Primer foro internacional para la gestión y control de los RCD <http://ambientebogota.gov.co/documents/664482/0/JorgeSalvanyBarcelona1.pdf> p. 4

De las dos figuras anteriores se puede apreciar que más del 50 % de los RCD que se identificaron en Bogotá son de naturaleza pétreo (concretos, cerámicos, ladrillos, arena, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero) por lo tanto para lograr determinar que materiales es posible llegar producir a partir de estos RCD nos centraremos en este grupo por el volumen que se maneja.

### 3. MATERIALES QUE SE PRODUCEN A PARTIR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN Y SUS COMPONENTES.

#### 3.1 IDENTIFICACIÓN

En la actualidad el uso de materiales producidos a partir de RCD son cada vez más frecuentes, pues son considerados sustitutos parciales de los materiales de naturaleza pétreo,

**3.1.1 Agregados Reciclados (RA).** Son los agregados producto de las etapas constructivas de una obra, los cuales deben de ser sometidos a una adecuada gestión de residuos para ser incluidos en la economía circular de esta industria.

Después de una serie de estudios que examinan los factores que afectan las propiedades físicas, químicas, mecánicas y composición de los agregados reciclados provenientes de los RCD se ha logrado determinar una clasificación en cinco categorías según su principal composición ya que en la literatura no existe un sistema de clasificación estandarizado<sup>24</sup>.

- Agregados de concreto Reciclados (RCA) Derivados de trituración de concreto, “algunas de las especificaciones existentes ( DIN-4226, 2002 , LNEC-E471, 2006 , NBR-15.116, 2005 , PTV-406, 2003 ) han alcanzado un consenso que, para ser considerado como RCA , deben comprender un mínimo del 90%, en masa, de fragmentos a base de cemento Portland y NA”<sup>25</sup>.
- Agregados de albañilería reciclados (RMA) Derivados de escombros de mampostería, “estos materiales pueden incluir: bloques de concreto aireados y livianos; ladrillos cerámicos; ladrillos y bloques de escoria de alto horno; tejas y tejas cerámicas; y ladrillos de arena y cal. Los RMA están compuestos por un mínimo del 90%, en masa, de la suma de los materiales antes mencionados”<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> Silva R V, de Brito J and Dhir R K, 2014. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production [en línea]. Bogotá. Construction and Building Materials Volume 65, 29 August 2014, Pages 201-217 [citado 7 marzo de 2020] Disponible en Internet: <URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181400443>>

<sup>25</sup> Rafaela Cardoso, Rui Vasco Silva, Jorge de Brito, Ravindra Dhir. Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review [en línea]. Bogotá. construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review [citado 3 mayo de 2020]. Disponible en Internet <URL: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0956053X15302543?via%3Dihub>>

<sup>26</sup> Ibid. Internet.



- Agregados reciclados de construcción y demolición (CDRA) Que son agregados reciclados sin clasificar, que contienen un alto contenido de contaminantes como vidrio, madera y plásticos.
- Pavimento de asfalto recuperado (RAP): “Cuando está compuesto principalmente de materiales a base de asfalto (más del 90% en composición). La literatura muestra que este material se ha utilizado con éxito en la producción de mezclas bituminosas, pero es muy perjudicial para los materiales unidos al cemento”<sup>27</sup>.
- Agregado reciclado mixto (MRA) Que es la mezcla de RCA, RMA y CDRA, los agregados adquiridos de los desechos de demolición mixtos provienen de hormigón triturado y clasificado, y escombros de mampostería. Algunas especificaciones (BS-8500, 2006, NBR-15.116, 2005 ) establecen que están compuestas de menos del 90%, en masa, de fragmentos a base de cemento Portland y NA.

Estos agregados provienen de residuos de las diferentes etapas de la construcción en un 80 %<sup>28</sup> La utilización de estos agregados pretende disminuir el consumo de agregados naturales lo que minimizará el agotamiento de los recursos naturales y con ello mitigar la huella de carbono que la industria genera al medio ambiente.

**3.1.1.1 Agregados para concreto.** El concreto hoy en día es el material más utilizado en el sector de la construcción, para aplicaciones estructurales y no estructurales<sup>29</sup>, y los agregados juegan un papel muy importante en él, ya que constituyen entre el 70 a 80 % de su volumen, aportando propiedades físicas y mecánicas al mismo.

En la actualidad los agregados provienen de rocas de canteras y gravas de ríos<sup>30</sup>, los cuales deben trasladarse desde su punto de explotación hasta las plantas de producción de hormigón, incrementando la huella de carbono que esta explotación produce. Por lo tanto, este trabajo y la industria de la construcción busca soluciones más amigables con el medio ambiente reduciendo la explotación de recursos naturales y mitigando el volumen de disposición final en los vertederos<sup>31</sup>.

---

<sup>27</sup> Ibid. Internet

<sup>28</sup> BRE (2006) Developing a strategic approach to construction waste – 20 year strategy. BRE, Watford, UK, 21[en línea] Bogotá. [citado 14 mayo 2020] Disponible en Internet: <URL: <https://www.bregroup.com/projects-reports/project-construction-resources-and-waste-roadmap-2008>>

<sup>29</sup> Tarun R. Naik, F.ASCE Sustainability of Concrete Construction. Practice Periodical on Structural Design and Construction Volume 13 Issue 2 - May 2008 [en línea].Bogotá [ citado 16 mayo de 2020]. Disponible en Internet: <URL: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)1084-0680\(2008\)13:2\(98\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)1084-0680(2008)13:2(98))>

<sup>30</sup> Alexander M y Mindess S (2005) Agregados en hormigón. Modern Concrete Technology Series, CRC Press, Nueva York, NY, EE. UU.

<sup>31</sup> Ana Catarina Jorge Evangelista Vivian W. Y. Tam Jorge Santos Recycled ceramic fine aggregate for masonry mortar production. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction

**3.1.1.2. Componente del RA.** Están compuestos por estructuras de hormigón viejas y ladrillos no estructurales, los tamaños nominales mínimos y máximos de esta categoría está entre partículas de 16 mm a 19 mm de diámetro. Los componentes del agregado deben satisfacer lo establecido en las normas de referencia para Colombia NTC 174 (especificaciones de los agregados para concreto, que es referencia de la ASTM C 33)<sup>32</sup>

**3.1.2 Concreto de agregado reciclado.** En la literatura se define como “El concreto fabricado con RA para reducir el impacto ambiental negativo que resulta de la fabricación del cemento, logrando un producto más sostenible”<sup>33</sup>.

**3.1.3 Pavimentos de carreteras.** Para la aplicación en pavimentos de carreteras, se ha estudiado el uso de Agregados de concretos reciclados (RCA), en mezclas con cemento hidráulico y asfáltico, a pesar de que la relación de rodamiento de california (CBR) es menor que al pavimento con agregados natural, pero el material es suficientemente fuerte para ser empleado como agregado para la subrasante y subbase<sup>34</sup>. Por otra parte, en este mismo estudio se logró determinar que para pavimento rígido se puede emplear mezclas con el 100 % de RCA sin comprometer la resistencia a la compresión confinada, pero qué otras características como el módulo resiliente, consistencia y resistencia a la flexión del concreto si presentan una reducirse. Para las mezclas cemento asfáltico, se puede considerar una mezcla hasta del 30 % de RCA permitiendo unas características aceptables, tendiendo a disminuir la resistencia de las mezclas asfálticas al daño por humedad, pero manteniendo le módulo de rigidez, resistencia al endurecimiento y resistencia a la fatiga.

Existe una relación entre las propiedades de los agregados y los problemas observados en los pavimentos, tales problemas pueden hacer que el servicio del pavimento falle o presente deformaciones importantes (véase la Figura. 16).

---

Materials.[en línea]. Bogotá [citado 13 mayo 2020]. Disponible en Internet: <URL: <https://www-icevirtuallibrary-com.ezproxy.unal.edu.co/doi/10.1680/jcoma.16.00063>. Volume 172 Issue 5, October, 2019, pp. 225-234>

<sup>32</sup> Ice Virtual Library. Mechanical behavior of coarse, lightweight ,recycled and natural aggregates for concrete [en línea]. Bogotá [citado 17 abril de 2020]. Disponible en Internet:<URL: <https://www-icevirtuallibrary-com.ezproxy.unal.edu.co/doi/10.1680/jcoma..17.00081>>

<sup>33</sup> Cabrera Manuel, Pérez Galvín Adela, Francisco Agrela, Recycled Aggregate Concrete.[en línea].Bogotá [citado 17 mayo de 2020].Disponible en Internet:<URL:<https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/topics/engineering/recycled-concrete-aggregate>>

<sup>34</sup> ravindra k. dhir obe jorge de brito rui v. silva chao qun lye. use of recycled aggregates in road pavement applications. sustainable construction materials. 2019, pages 451-494[en línea] .bogotáhttps://www-sciencedirect- [citado 18 mayo 2020] .disponible en internet: <url: <https://www-sciencedirectcom.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/b97800810098570001>

Figura 16. Propiedades del agregado que influyen en el rendimiento del pavimento

Tipo de pavimento	Parámetro de rendimiento	Propiedad
Flexible	Agrietamiento por fatiga	Rigidez
	Rutting, corrugaciones	Resistencia a la cizalladura
	Agrietamiento por fatiga, surcos, corrugaciones	Dureza
		resistencia a las heladas
		Permeabilidad
Rígido	Grietas, bombeo, fallas	Resistencia a la cizalladura
		Rigidez
		Dureza
		Permeabilidad
	Grietas, bombeo, fallas, aspereza	Susceptibilidad a las heladas

Fuente. use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: a literature review <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0956053X15302543?via%3Dihub>

**3.1.4 Agregado para mortero.** En la producción de mortero para mampostería, se investigó la influencia del agregado fino reciclado (RFA), como reemplazo parcial o total de la arena, de acuerdo con una caracterización mecánica y física de fragmentos de residuos de residuos cerámicos, tras un tratamiento de trituración y tamizado que permitió la obtención de RFA (véase la Figura 17).

Figura 17. Residuos Cerámicos



Fuente. <https://www.icevirtuallibrary.com.ezproxy.unal.edu.co/doi/10.1680/jcoma.16.0006>

La mezcla de mortero se obtuvo de Cemento portland ARI (similar a ASTM Tipo III), Arena natural en cinco niveles de reemplazo por RFA del 0, 20, 30, 50 y 100%, dicha mezcla se llevó a cabo en una relación de 1 : 3 una composición de mortero ampliamente empleada en el sector de la construcción que cumple con los requisitos de las normas vigentes.

Se realizaron pruebas de laboratorio tanto en de la mezcla fresca y endurecida (véase la Figura 18) de las cuales se obtuvieron resultados que permitieron inferir que la mezcla con hasta el 30 % de reemplazo de arena por RFA muestra resultados que se ajustan a los requisitos técnicos, y que el reemplazo del 100 % de arena natural por RFA no es viable<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Ana Catarina Jorge Evangelista Vivian W. Y. Tam Jorge Santos. Recycled ceramic fine aggregate for masonry mortar production. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials. Volume 172 Issue 5, October, 2019, pp. 225-234[en línea]. Bogotá [citado 19 mayo 2020]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.icevirtuallibrary.com.ezproxy.unal.edu.co/doi/10.1680/jcoma.16.00063>>

Figura 18. Resultados de las pruebas de laboratorio

Mezcla	Estado fresco			Morteros endurecidos	Resistencia a la compresión.			Resistencia a la tracción dividida		
	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Aire atrapado %	Consistencia mm	Gravedad específica g/m <sup>3</sup>	3 d MPa	7 d MPa	28 d MPa	3 d MPa	7 d MPa	28 d MPa
M1 (100% NFA; 0% RFA)	2.17	3.98	280	2.06	23.5	29.6	36.4	2.53	2.39	3.39
M2 (80% NFA; 20% RFA)	2.15	4.02	258	2.19	25.5	32.0	39.6	2.42	2.54	2.77
M3 (70% NFA; 30% RFA)	2.13	4.05	253	2.02	26.8	33.4	43.7	2.99	2.96	3.31
M4 (50% NFA; 50% RFA)	2.11	4.09	243	1.99	28.4	33.5	45.0	2.63	2.83	3.71
M5 (0% NFA; 100% RFA)	2.04	4.22	162	1.75	17.8	23.3	28.0	0.65	1.32	1.11

**Fuente.** <https://www-icevirtuallibrary-com.ezproxy.unal.edu.co/doi/10.1680/jcoma.16.00063> (modificado)

**3.1.5 Ladrillos Sostenibles.** Es necesario reemplazar los ladrillos cerámicos convencionales, puesto que son unos elementos que se utilizan con mucha frecuencia en la construcción de paredes exteriores e interiores, y su proceso de producción que afecta el medio ambiente, ya que se basa en la cocción de arcilla virgen, material no renovable, y esto se lleva a cabo en un horno de alta temperatura que libera alrededor de 0.41 kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por cada ladrillo que se produce<sup>36</sup>.

Existen en la literatura la posibilidad de fabricar ladrillos sostenibles que sean horneados y otros que no necesitan de este proceso<sup>37</sup>, con una variación en su composición de acuerdo con el proceso que vaya a hacer sometido, pero que satisfacen la necesidad de ser producidos a partir de RCD.

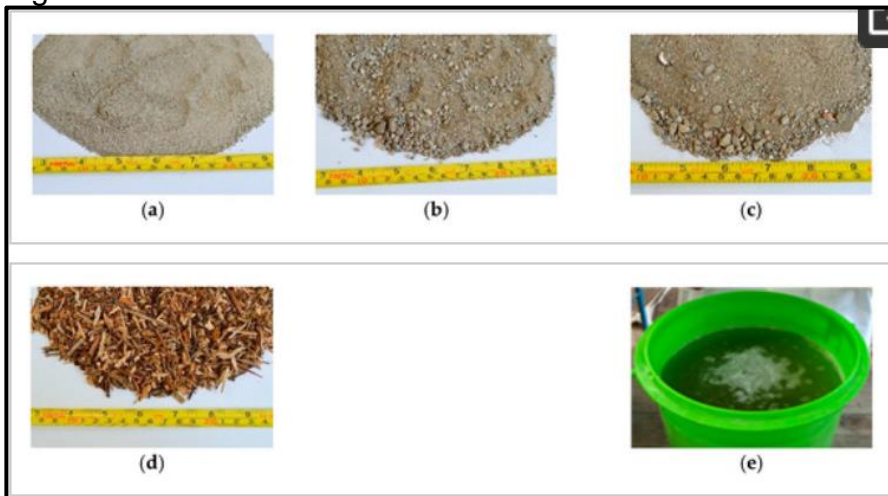
**3.1.5.1 Componentes de los ladrillos sostenibles.** En la fabricación de ladrillos sostenibles, existe una gran variedad de estudios y composiciones que varían de acuerdo con la fase constructiva de la cual fue extraído el material principal de su composición. Por ejemplo, ladrillos de desechos de excavación que emplearon

<sup>36</sup> Armando Aguilar-Penagos, José Manuel Gómez-Soberón, María Neftalí Rojas-Valencia. Physicochemical, Mineralogical and Microscopic Evaluation of Sustainable Bricks Manufactured with Construction Wastes. September 2017 [en línea]. Bogotá [citado 11 marzo 2020]. Disponible en Internet: URL <<https://www.mdpi.com/2076-3417/7/10/1012/html>>

<sup>37</sup> M. Coronado T, Blanco N Quijorna R, Alonso-Santurde A. Andrés. Types of waste, properties and durability of toxic waste-based fired masonry bricks. Eco-Efficient Masonry Bricks and Blocks. 2015 [en línea], Bogotá [citado 20 marzo 2020], disponible en Internet: <URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782423058000073> . P 129-188>

diferentes suelos arcillosos, agregados reciclados de concreto con partículas de 0 a 96 mm, desechos de corte de madera y una mezcla líquida de agua y opuntia ficus – indica (mucilago) que cumplieron requisitos de las normas locales para mampostería no estructural<sup>38</sup>. Por otra parte, están los ladrillos que no necesitan de horneado con la utilización de los siguientes materiales Residuos de excavación (a), Dos tipos de RCD con un tamaño de 9.5 mm y 6.3 mm a finos(b), Residuos de aserrín con un tamaño  $\leq 5\text{mm}$ (d) y Mezcla líquida vegetal de agua y mucilago de plantas de nopal en relación de 1:3 (kg de nopal: litro de agua)(e)<sup>39</sup> (véase la Figura 19).

Figura 19. Materiales ladrillo sostenible



Fuente. Physicochemical, Mineralogical and Microscopic Evaluation of Sustainable Bricks Manufactured with Construction Wastes  
<https://www.mdpi.com//2076-3417/7/10/1012/htm#B13-appl-sci-07-01012>

**3.1.6 Cementos Ecoeficientes.** En busca de los nuevos usos para los RCD, que permitan incrementar los porcentajes de reutilización, se diseña y patenta la posibilidad de producir Cementos Ecoeficientes.

Debido a la confirmación de la puzolanicidad de los RCD, se plantea el uso de estos como aditivo activo en la fabricación de cementos, dado que los RCD que contienen una gran cantidad de arcilla cocida, pueden reemplazar los componentes naturales que en la actualidad se emplean.

Esta investigación realiza las pruebas que a continuación se presentan (véase la Figura 20) para validar los comportamientos físicos y químicos de la mezcla sugerida

<sup>38</sup> María Nefthalí Rojas-Valencia, Esperanza Aquino Bolaños. Sustainable adobe bricks with construction wastes. ICE Virtual Library [en línea]. Bogotá [citado 1 mayo de 2020]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/full/10.1680/jwarm.16.00014>>

<sup>39</sup> Ibid., Óp. Cit. 30

Figura 20. Métodos de pruebas estandarizados utilizados

Característica	Prueba	Estándar
Químico	Sílice reactiva	UNE 80225 ( Comité Español de Normalización, 2012 )
	Puzolanidad del cemento	EN 196-5 ( CEN-CENELEC, 2011b )
	Contenido de cloruro	EN 196-2 ( CEN-CENELEC, 2014 )
	Contenido de sulfato	
Físico	Densidad	UNE 80103 ( Comité Español de Normalización, 2013 )
	Superficie específica	EN 196-6 ( CEN-CENELEC, 2010 )
	Demanda de agua	EN 196-3 ( CEN-CENELEC, 2017 )
	Ajuste de tiempo	
	Solvencia	
	Fuerza mecánica	EN 196-1 ( CEN-CENELEC, 2018 )
	Calor de hidratación	EN 196-9 ( CEN-CENELEC, 2011c )

Fuente.

<https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0959652620316577?via%3Dihub#bib14>

La fabricación de cementos con mezclas del 20 o 30 % de RCD, cumplieron con la prueba de puzolanidad estandarizada, el cemento con reemplazo del 30 % se considerado un cemento de baja hidratación.

Se presentan los resultados de resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión (véase la Figura 21) de los cementos del nuevo diseño en los cuales se puede evidenciar que las resistencias tanto a la flexión como a la compresión se encuentran dentro de un rango aceptable<sup>40</sup>.

<sup>40</sup> Asensio Eloy, Medina César, Frías Moisés Sánchez de Rojas María Isabel. Fired clay-based construction and demolition waste as pozzolanic addition in cements. Design of new eco-efficient cements. Journal of Cleaner Production Volume 265, 20 August 2020[en línea], Bogotá[citado 5 mayo de 2020]. Disponibilidad en Internet: <URL: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0959652620316577?via%3Dihub#bib14>>

Figura 21. Resistencia a la Flexión y la Compasión

Tiempo de curado (d)	Resistencia a la flexión (MPa)				Fuerza compresiva (MPa)			
	Cemento de referencia OPC	CDWC10	CDWC20	CDWC30	Cemento de referencia OPC	CDWC10	CDWC20	CDWC30
2	5.91 ± 0.40	6.20 ± 0.12	6.19 ± 0.34	5.44 ± 0.36	31,41 ± 0,39	32,18 ± 0,39	27,65 ± 0,31	23,72 ± 0,24
77	8.24 ± 0.33	8.36 ± 0.53	7.59 ± 0.25	6.68 ± 0.19	49,49 ± 0,78	49,04 ± 0,39	45,63 ± 1,00	36,31 ± 1,03
28	10.53 ± 0.36	9.83 ± 0.37	9.08 ± 0.37	7.83 ± 0.40	59,38 ± 1,78	60,50 ± 1,27	56,31 ± 1,76	50,19 ± 1,00
90	10.40 ± 0.35	10.20 ± 0.27	9.83 ± 0.42	9.20 ± 0.02	64,24 ± 6,01	70,29 ± 1,10	67,32 ± 1,07	61,16 ± 0,85
180	10.80 ± 0.50	10,71 ± 0,17	10,08 ± 0,24	9,95 ± 0,57	70,51 ± 7,33	75,85 ± 1,16	73,37 ± 1,22	68,08 ± 1,58
360	10.90 ± 1.23	10,88 ± 0,15	10,22 ± 0,49	10,12 ± 0,52	72,36 ± 0,33	80,18 ± 3,63	78,02 ± 1,22	75,51 ± 0,96

Fuente. <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0959652620316577?via%3Dihub#bib14>

**3.1.7 Bloques de construcción.** Se han investigado la posibilidad de sustituir los bloques de mampostería tradicional por unos que contengan agregados producto de los RCD, para este caso de estudio se realizaron ensayos de resistencia a la compresión de los bloques de concreto.

Los bloques de este estudio se fabrican por vibro compactación, y se emplean la siguiente combinación de productos naturales y agregados reciclados con una graduación de 0/6 mm y 6/12. Se realizaron mezclas con 10, 30, 50 % de agregado y con adición de cemento más agregados naturales.

Los resultados obtenidos permiten, identificar que los resultados tienen un comportamiento similar al de los bloques de mampostería tradicional pero que los costos de producción son demasiado altos lo que no permite que sean tan económicos, por otra parte se hace indispensable el empleo de cemento como aglutinante de la mezcla.

Figura 22. Resultados de las mezclas de concreto

Characteristics	A	B	C	D	E	F
Density (kg/m <sup>3</sup> )	2201	2177	2184	2109	2060	2170
Compressive strength (MPa)	9.21	7.63	5.85	6.69	4.13	5.48

Fuente. <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S1875389211006468?via%3Dihub>

**3.1.8 Aplicaciones geotécnicas.** Los estudios de ingeniería geotécnica con el empleo de RCD son limitados, a pesar de ello existen algunos en los cuales



emplean diferentes agregados reciclados (AR), los resultados dependen en gran medida de la naturaleza de las AR y de las impurezas presentes en ellos<sup>41</sup>.

**3.1.8.1 Infraestructura vial.** La investigación que a continuación se presenta pretende evaluar el empleo de los agregados reciclados en la base de carreteras o capas de la subbase. Estas prácticas son muy comunes en un gran número de países de Europa o en Australia en donde es común mezclar agregados de concretos reciclados con pequeñas cantidades de ladrillos triturados y tierra del cual se obtiene un material adecuado para el uso en pavimentos<sup>42</sup>.

En investigaciones sobre el comportamiento del agregado reciclado derivados de concreto triturado y escombros de demolición para ser empleado en la estructura de la subbase como agregado. Este estudio se realizó por medio del laboratorio de California Bearing Ratio (CBR) comparando los resultados del material reciclado respecto al agregado de piedra caliza, del cual se puede concluir que los agregados de concreto triturado obtuvieron valores de CBR similares a los del agregado natural, por otra parte, los escombros de demolición si presentaron valores reducidos de CBR respecto a los del agregado natural.

En otros estudios en los cuales emplean agregados reciclados, estudian la posibilidad de que estos puedan ser empleados en bases de carreteras y subbases, se concluyó que con una mezcla de 25% de AR y 75% de agregado natural las propiedades de deformación permanente y respuesta elástica se comportan de la misma forma que una base de agregado densamente graduada gruesa.

Por último los resultados que se presentan (véase la Figura 23) corresponden a pruebas de laboratorio para RCA, producidos a partir de pavimento rígido demolido, del cual se pudo establecer que los resultados se encuentran dentro de los límites establecidos por la agencia de agregados de concretos para carreteras, excepto la prueba de solidez con sulfatos de sodio, ya que el cemento adherido al AR era reactivo al sulfato de sodio y por lo tanto contribuye una mayor pérdida en la prueba de solidez.

---

<sup>41</sup> Ravindra k. dhir obe jorge de brito rui v. silva chao qun lye. use of recycled aggregates in road pavement applications. sustainable construction materials. 2019, pages 419-450[en línea]. Bogotá [citado 4 mayo de 2020]. Disponible en Internet: URL: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/B978008100985700011X>>

<sup>42</sup> Silva Vieira Castorina, Pereira Paulo M. Use of recycled construction and demolition materials in geotechnical applications: A review. Resources, Conservation and Recycling Volume 103, October 2015, Pages 192-204 [en línea]. Bogotá [citado 7 mayo 2020]. Disponible en Internet:< URL: <https://wwwsciencedirectcom.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0921344915300562?via%3Dihub#bib0290>>

Figura 23. Resultados de pruebas de laboratorio de RCA

Laboratory test	Results for RCA (%)	Requirements of Natural Aggregate Standards
Gradation	–	Fail, RCA was found to be deficient amount of material finer than 9.525 mm
Limerock bearing ratio (LBR)	238	Pass, 238% > 100%
LA abrasion	40	Pass, 40% < 45%
Soundness sodium sulphate	34	Fail, 34% > 15%
Sand equivalent	75	Pass, 75% > 28%

Fuente. Tabla 6, <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0921344915300562?via%3Dihub#bib0080>

**3.1.8.2 Estructuras Reforzadas con Geosintéticos.** Se han estudiado varias formas de emplear los RCD mezclados con material virgen, pero en este caso se presenta el empleo de este, como relleno de estructuras que están reforzadas con geosintéticos, en los casos que se han estudiado se emplean los RCD junto con materiales geosintéticos como Geomallas de poliéster, Geomalla biaxial de poliéster, geotextil no tejido de polipropileno y geomalla triaxial, en los cuales se evaluaron propiedades como factor de adherencia, resistencia al cizallamiento, densidad de partículas (gruesa, fina, seca), contenido de humedad óptimo, CBR y pruebas de corte directa, de estas investigaciones se puede concluir que los RCD reciclados de la manera correcta, seleccionados y compactados cumpliendo con las especificaciones, pueden llegar a tener un comportamiento bastante favorable ya que exhibe una resistencia al corte similar a los agregados naturales, por otra parte los resultados de las pruebas de laboratorio de lixiviación, cumplen con los criterios para ser tenidos en cuenta como relleno inerte ya que esta caracterización no genera ninguna preocupación ambiental<sup>43</sup>.

**3.1.8.3 Estructuras de retención.** El concreto sin un procesamiento muy elaborado puede cumplir con los requisitos para el relleno de gaviones ya que tienen la resistencia y las dimensiones requeridas que necesitan este tipo de estructuras, ya que según los estudios realizados este material presenta una durabilidad y resistencia a la compresión bastante alta lo cual permite que su comportamiento sea muy similar al agregado natural<sup>44</sup>.

<sup>43</sup> Ibid.,

<sup>44</sup> Ibid.,

## 4. DETERMINAR LA APLICABILIDAD DE LOS RCD PARA PRODUCTOS QUE SE PUEDEN REALIZAR DADA LA EXISTENCIA EN EL MERCADO

### 4.1. APLICABILIDAD DE LOS PRODUCTOS A BASE DE RCD

La aplicabilidad de los productos de RCD en la industria de la construcción aún está un poco alejada de la realidad, ya que es necesario el desarrollo de políticas claras, y regulaciones que se ajusten a los requerimientos constructivos.

Los materiales a base de RCD deben ser tan buenos, que no debe existir una diferencia con relación a los materiales vírgenes, pues estos deben de ganar su espacio en el mercado cumpliendo con los requisitos que exige la regulación colombiana o de Bogotá<sup>45</sup>.

Por lo tanto no se debe de esperar que factores como por los que han pasado países como Dinamarca, Estonia; Alemania, Irlanda, Reino Unido y países Bajos que superan el límite que estableció la UE, que es del 70 % de recuperación de RCD para el 2020, y esto es debido a que la escasez de materias primas ya es una realidad para ellos, dificultad para encontrar lugares de vertederos y medidas legales y económicas que promuevan el reciclaje, por lo contrario en países con mayor posibilidad de encontrar agregados naturales en abundancia de buena calidad y a la falta de regulaciones técnicas para el uso de agregados reciclados como Portugal<sup>46</sup> y el mismo caso de Colombia y Bogotá.

**4.1.1 Agregados reciclados.** En el mercado de la construcción de Bogotá, se encuentran disponibilidad de agregados reciclados de concreto reciclado, el cual se encuentra clasificado según los parámetros de los agregados naturales Fina que pasan tamiz No. 4 pero retenido hasta en el tamiz de No. 200 los gruesos son los retenido en este tamiz, empresas privadas como Argos y Cemex, ofrecen estos materiales, debido a que estas mismas compañías cuentan con sus plantas procesadoras de RCD y ofrecen los servicios disposición final de los RCD.

---

<sup>45</sup>Annex 6 – Future scenarios: Big Ideas workshop. Construction Resources and Waste roadmap. August 2007[en línea]. Bogotá [citado 9 mayo 2020]. Disponible en Internet:<URL: [http://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/rpts/waste/Annex\\_6\\_Big\\_Ideasfinal.pdf](http://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/rpts/waste/Annex_6_Big_Ideasfinal.pdf) p. 9>

<sup>46</sup> Vieira Castorina Silva, Pereira Paulo M, Use of recycled construction and demolition materials in geotechnical applications: A review. Resources, Conservation and Recycling Volume 103, October 2015, Pages 192-204 [https://www.sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0921344915300562?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0921344915300562?via%3Dihub)

Figura 24 . Agregados de concreto reciclado ACR



Fuente. Argos, Disponible en línea URL.<<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que>>

Este tipo de materiales que no requieren un proceso mayor, para el aprovechamiento que el de trituración y lavado, son los materiales que se pueden llegar a encontrar con más facilidad, empresas como granulados reciclados de Colombia Greco ubicada en la vereda Siberia, en el municipio de cota, distribuye a nivel Bogotá y sus alrededores este tipo de productos (véase la Figura 25).

Figura 25. Agregados para estructuras de pavimentos



Fuente. Granulados reciclados de Colombia Greco, Disponible en línea URL <<https://www.recicladosgreco.com/productos>>

Figura 26. Materiales Eco-Granulares

MATERIALES ECO-GRANULARES	
<p><b>BASES GRANULARES RECICLADAS TIPO A,B,C</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformación de vías vehiculares</li> <li>• Conformación de ciclo vías</li> <li>• Conformación vías peatonales</li> <li>• Conformación zonas duras</li> </ul>	<p><b>SUB-BASES GRANULARES RECICLADAS TIPO A,B,C</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformación de vías vehiculares</li> <li>• Conformación de ciclo vías</li> <li>• Conformación vías peatonales</li> <li>• Conformación zonas duras</li> </ul>
<p><b>ARENA CICLOMAT T5</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de mortero de piso y contrapiso.</li> </ul>	<p><b>MIXTO DE ½"</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• De material Aleatorio (Uso Andenes, y en general concretos no estructurales).</li> </ul>
<p><b>MIXTO DE CONCRETO ¾"</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso en Andenes, y en general concretos no estructurales.</li> </ul>	

Fuente. Ciclomat, Minería Urbana Disponible en línea <<http://www.ciclomat.com/venta-de-materiales/>>

**4.1.2 Bloque ecológico.** Estos materiales se encuentran en disponibilidad y variedad dependiendo del uso del cual se requiera, comercialmente se puede hablar de bordillos que se emplean en las obras públicas y bloques para pasos peatonales.

Figura 27. Bloque Ecológico



Fuente. Homecenter. Bloque ecológico 29 x 43 x 10 cm Disponible en línea URL <<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/99938/bloque-ecologico-29-x-43-x-10-cm-8um2>>

**4.1.3 Materiales Prefabricados.** Estos materiales tienen mercado y aprovechamiento en obras públicas y privadas, generalmente para mampostería no estructural, empresas como ciclomat dedicada a la minería urbana tienen una variedad en los productos a partir de RCD puesto que se encargan de todo el proceso de des de la Recuperación de residuos, recepción, recuperación y aprovechamiento de los RCD hasta buscar incluirlos nuevamente en la cadena productiva de la construcción.

Figura 28. Materiales Prefabricados



Fuente. Ciclomat Minería Urbana, Disponible en línea URL <http://www.ciclomat.com/venta-de-materiales/>

## 4.2 ANALISIS DEL ENTORNO DE LOS PRODUCTOS DE RCD

Se realiza un análisis del entorno por medio de la herramienta PESTEL, con el fin de identificar las principales variables macroeconómicas y su posible impacto en la recuperación y aprovechamiento de los RCD, no es simplemente una cuestión de cumplir con las leyes, decretos o resoluciones, puesto que esto conlleva a que se realice investigación y desarrollo (I&D) dentro de las organizaciones tanto públicas como privadas, apoyadas en las universidades como centros de desarrollo de conocimiento, ya que los residuos de construcción y demolición son una realidad que afecta a todos los sectores por el impacto que este genera en el medio ambiente.

**4.2.1 Análisis Pestel.** El análisis Pestel es una herramienta que permite indagar y describir factores externos, sobre los cuales no es posible influir o actuar directamente, pero que permite plantear un panorama general y dar contexto al empleo de los RCD en la industria de la construcción.

**4.2.1.1 Factor Político.** Es necesario identificar las variables políticas que pueden influir en el desarrollo de la utilización de los RCD (véase la Figura 29).

Figura 29. Pestel factor político

FACTOR POLÍTICO	
VARIABLE	COMPORTAMIENTO
PLAN DE DESARROLLO NACIONAL 2018 - 2022	Según el Plan de Desarrollo Nacional 2018 - 2022, Pacto por Colombia, Pacto por la equidad, dentro de sus objetivos de "El Pacto por la Sostenibilidad" busca un equilibrio entre el desarrollo productivo y la conservación del ambiente que potencie nuevas economías y asegure los recursos naturales para nuestras futuras generaciones. La implementación de la economía circular como estrategia nacional para aumentar el reciclaje de residuos de construcción y demolición, al incorporar nuevamente los productos de esta naturaleza en la cadena de suministros de la industria de la construcción.
OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	Son dos los objetivos de desarrollo sostenible que se involucran con la implementación de los RCD en la industria de la construcción y el desarrollo de las megaciudades como centros de desarrollos de la industria de la construcción los cuales son el Objetivo 9 : Industria, innovación e infraestructura y el Objetivo 11 : Ciudades y comunidades sostenibles, ya que la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas, y se estima que para el 2050 dos tercios de la población mundial lo realice en mega ciudades, por lo tanto estos objetivos promueven la industria sostenible encontrando soluciones tecnológicas por medio de la investigación e innovación científica.

Fuente. El Autor

**4.2.1.2 Factor Económico.** Se identifican las variables económicas que generan impacto el aprovechamiento de los materiales producidos a partir de RCD (véase la Figura 30).

Figura 30. Pestel factor económico

FACTOR ECONÓMICO	
VARIABLE	COMPORTAMIENTO
INDICE DE PRECIOS DEL PRODUCTO (IPP)	El índice de precio del producto para materiales de construcción es un indicador de la evolución de los precios de venta del producto correspondiente al primer canal de comercialización o distribución de los bienes el cual permite apreciar que los materiales de construcción presentaron una variación de 1,51 % respecto al mes de abril de 2019 y un aumento del 0,61 % respecto al mes de abril de 2019 lo que puede prometer un ambiente estable para los precios del mercado.
ECONOMIA CIRCULAR	La reducción en los costos de construcción al implementar los materiales a base de RCD es un factor fundamental que impulsaría su recuperación y reutilización, ya que existe la posibilidad de producir diferentes tipos de elementos procesados o directamente como materia prima de otro proceso constructivo por lo tanto impacta directamente sobre este factor.

Fuente. El Autor

**4.2.1.3 Factor social.** Es necesario la identificación de las variables sociales y culturales que generan un impacto sobre los materiales de RCD en la industria de la construcción (véase la Figura 31).



Figura 31. Pestel factor social

FACTOR SOCIAL	
VARIABLE	COMPORTAMIENTO
CULTURA DE RECICLAJE	Existe una carencia cultural de la ciudadanía, frente al manejo y correcta disposición de los RCD. Existen factores relacionados entre la ubicación geográfica, la cultura ciudadana, el tipo y la cantidad de residuos generados, encontrados en diferentes zonas de la ciudad. A mayor cultura, mayor capacidad de reciclaje y menor la cantidad de residuos generados
CONSUMO DE MATERIALES DE RCD	Promover el conocimiento en la comunidad, sobre la utilización de los productos a base RCD con el fin de reutilizarlos e incorporarlos en la cadena de suministros de la construcción. Es muy importa para que la sociedad y en especial la que se encuentra vinculada al sector de la construcción puedan garantizar que estos puedan ganar un espacio dentro del mercado, puesto que esta practica es cada vez mas comun en paises de la UE.

Fuente. El Autor

**4.2.1.4 Factor tecnológico.** Se identifican aquellas variables tecnológicas, que influyen en el aprovechamiento de los materiales de construcción de RCD (véase la figura 32).

Figura 32. Pestel factor tecnológico

FACTOR TECNOLÓGICO	
VARIABLE	COMPORTAMIENTO
PROMOVER TECNOLOGÍAS DIGITALES	La secretaria distrital de ambiente (SDA) planteó y efectuó un aplicativo web para registrar la información y mejorar la autorregulación de los grandes generadores. Como herramienta de control y seguimiento para los generadores, transportadores y sitios de disposición final y aprovechamiento de RCD, localizados en el perímetro urbano de la ciudad.
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RCD	El diseño de nuevos materiales y simulaciones en el comportamiento de las estructuras diseñadas con los mismos, pueden extender la aplicación de los residuos de construcción y demolición no solo al uso en ingeniería de pavimentos si no a otras ramas de la ingeniería civil.

Fuente. El Autor

**4.2.1.5 Factor ecológico.** Se hace necesaria la identificación de las variables ecológicas que de algún modo influyen en el aprovechamiento de los RCD (véase la Figura 33).

Figura 33. Pestel factor ecológico.

FACTOR ECOLÓGICO	
VARIABLE	COMPORTAMIENTO
CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	Elevada tendencia a desarrollar proyectos de alto desempeño y sostenibilidad integral, con el fin de mitigar el cambio climático y garantizar el cuidado de medio ambiente. Se precisa la utilización de materiales locales, que implementen tecnologías limpias para su fabricación, en donde se limita el transporte de largas distancias, logrando con ello un impacto mínimo en la huella de carbono. Crear más obras que garanticen una convivencia estrecha con la naturaleza, es decir involucrar más los entornos naturales, cambiando la perspectiva, no serán vistos como obstáculos sino como elementos que garantizan una cara más verde en los proyectos
AUMENTO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI).	La industria de la construcción consume el 60 % de los recursos naturales no renovables extraídos de la tierra, el 40 % de la energía del país y genera el 30 % de las emisiones de CO <sub>2</sub> . Las emisiones de gases de efecto invernadero siguen aumentando anualmente un 1,5 %, y esto es debido a las actividades antropogénicas, como la industria de la construcción. A pesar de que las autoridades internacionales y nacionales apoyan la implementación de políticas ambiciosas para limitar la producción de GEI y los efectos del calentamiento global

Fuente. El Autor

**4.2.1.6 Factor legal.** Se identifica la normatividad legal que influye en el aprovechamiento de los materiales producidos de RCD (véase la Figura 34)

Figura 34. Pestel factor legal

FACTOR LEGAL	
VARIABLE	COMPORTAMIENTO
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	Resolución 472 del 28 de febrero de 2017 que se encuentra vigente desde el 1 de enero de 2018 el cual establece en el artículo 19, que los grandes generadores deben cumplir con el aprovechamiento el 2 % de los RCD producidos en la obra, y gradualmente se incrementa año a año 2% hasta alcanzar el 30%, lo que en permite especificar que para el año 2032 estaremos cumpliendo con esta norma.
CONPES 3874 Y 3919	El CONPES 3874 (POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS), que busca implementar medidas de prevención en la generación de recursos y reducir la disposición final a través de la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de los residuos. Dentro de las acciones de dicho documento se establece un estudio que permita identificar el flujo de los residuos orgánicos y otras corrientes de residuos relevantes en el país. por otra parte el CONPES 3919 (POLÍTICA NACIONAL DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES), busca impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad dentro del ciclo de vida de las edificaciones, a través de instrumentos para la transición, seguimiento y control, e incentivos financieros que permitan implementar iniciativas de construcción sostenible con un horizonte de acción hasta el 2025.

Fuente. El Autor

En Colombia a través del MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE y especialmente en Bogotá por medio de la secretaría Distrital de Ambiente, intenta regular la gestión de los RCD, por medio de decretos y resoluciones, los cuales pretende incrementar la reutilización de los materiales de RCD pero al no contar con una legislación exigente en el manejo de RCD, las entidades privadas que en Bogotá se dedican a la recuperación de los RCD se ven afectadas puesto que el empleo de estos no es de una demanda alta que garantice unos precios acordes a la recuperación que realizan, ya que por estar en un país rico en recursos naturales y estar en una ubicación geográfica favorable, hace que en ocasiones los productos reciclados que no afectan al medio ambiente sean mucho más costoso que los elementos producidos a partir de materias primas naturales que generan muchos más gases de efecto invernadero y sigue contribuyendo a la generación de más residuos.

Si verificamos la legislación de la unión europea para el 2020 se plantean alcanzar a reciclar el 70 %<sup>47</sup> de los RCD. Un numero bastante alejado de la realidad colombiana que para el 2020 se espera estar en el 6 % de recuperación de los RCD, lo que no contribuye significativamente a los convenios internacionales que buscan mitigar el calentamiento global y el consumo excesivo materias primas en los últimos años, convierte a las personas en el ser que se ha encargado de deteriorar las condiciones medio ambientales y sociales, la inequidad económica que permite comprar lo que necesitamos para satisfacer las necesidades, al costo que sea, es el mismo patrón que se genera con los RCD ya que para las grandes y medianas constructoras que tienen la posibilidad de adquirir materiales de materia prima natural, ya que se pueden conseguir de mayor calidad y de más demanda. Por otra parte, el empleo de materiales a partir de RCD pueden reducir los costos de la vivienda y permitir que estos se han más flexible a la adquisición de viviendas a las personas de escaso recurso.

---

<sup>47</sup> Comisión Europea. Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE. Comisión Europea Dirección General de Mercado Interior, Industria Septiembre de 2016 URL <<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/es/renditions/nativep>.>p 1

## 6. CONCLUSIONES

Dentro de las conclusiones es importante resaltar la gran necesidad que genera buscar una solución a los RCD en la ciudad de Bogotá, liderada por la administración podría generar herramientas y permitirse la creación de plantas de transformación, ampliación de las zonas de almacenamiento, separadas del entorno urbano y ambiental, así como mayor control de los residuos generados y aumentando el porcentaje de reciclaje y reutilización de los mismos.

En la ciudad de Bogotá no existe un modelo adecuado de gestión de residuos de construcción y demolición, a pesar de que las entidades gubernamentales realizan estudios y controles sobre los generadores, aún se presentan muchos botaderos clandestinos, que perjudican el medio ambiente y los cuerpos de agua de la ciudad.

Es evidente la falta de control que ejerce tanto la administración, como las autoridades competentes, es por esto que se concluye, que existe una normatividad vigente para la gestión integral de los RCD, pero está no se cumple efectivamente, esta falta de garantía en el cumplimiento es la que permite la enorme cantidad de residuos vertidos ilegalmente en ríos, humedales, espacio público y vías urbanas.

Existe un gran número de investigaciones en el empleo de materiales producidos a partir de RCD, los cuales permiten identificar resultados positivos en el desarrollo de estos en la industria de la construcción, donde se aprecia que en el mundo se ha generado un gran interés por el uso y reutilización de los residuos de construcción a partir de RCD

La ciudad de Bogotá debe de ser más exigente con la industria de la construcción y exigir mucho más el empleo de los materiales a base de RCD, no solo a las grandes constructoras sino a todo el que desee realizar una obra de la magnitud que sea, puesto que se debe de iniciar desde todos los niveles la reutilización de los mismos.

También se hace evidente la falta de cultura, infraestructura y efectividad con el uso de la normatividad en cuanto al porcentaje de aprovechamiento y capacidad para procesar los RCD en la ciudad, pues teniendo en cuenta que Bogotá genera la mitad de los residuos de construcción y demolición del país, esta debería ser pionera y generar un modelo replicable que permita crear nuevas materias primas a gran escala.

## **7. RECOMENDACIONES**

Se recomienda trabajar en la conciencia y cultura del sector de la construcción en la ciudad, ya que siempre ha existido un desinterés y apatía con respecto a la utilización de las materias primas recicladas, pues la creencia es que estas son de mala calidad; En la actualidad existen estudios que soportan, que los materiales reciclados no tienen las mismas características que las materias primas naturales, sin embargo no deben ser consideradas como inferiores, pues sus diferentes aplicaciones pueden conseguir buenos resultados, en las distintas áreas de desempeño de las mismas.

La legislación colombiana y la industria de la construcción deben avanzar de la mano, para poder iniciar con una economía circular que involucre todos los actores de la cadena de suministro de materiales que garanticen reducir los indicadores de residuos de construcción en vertederos ilegales e incrementar el empleo de los materiales a base de estos en la industria de la construcción.

Es importante recomendar desde el inicio hasta el final de las obras o actividades de construcción, la separación selectiva de los residuos generados, pues con este sencillo ejercicio se le da capacidad a los mismos de ser reciclados, transformados y aprovechados adecuadamente, minimizando el impacto ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

Alexander M y Mindess S (2005) Agregados en hormigón. Modern Concrete Technology Series, CRC Press, Nueva York, NY, EE. UU.

Ana Catarina Jorge Evangelista Vivian W. Y. Tam Jorge Santos. Recycled ceramic fine aggregate for masonry mortar production. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials. Volume 172 Issue 5, October, 2019, pp. 225-234 [en línea]. Bogotá [citado 19 mayo 2020]. Disponible en Internet: URL: <https://www.wicevirtuallibrary.com.ezproxy.unal.edu.co/doi/10.1680/jcom.a.16.00063>

Annex 6 – Future scenarios: Big Ideas workshop. Construction Resources and Waste roadmap. August 2007 [en línea]. Bogotá [citado 9 mayo 2020]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/rpts/waste/Annex\\_6\\_Big\\_Ideas\\_final.pdf](http://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/rpts/waste/Annex_6_Big_Ideas_final.pdf) p . 9>

Armando Aguilar-Penagos ,José Manuel Gómez-Soberón ,María Neftalí Rojas-Valencia .Physicochemical, Mineralogical and Microscopic Evaluation of Sustainable Bricks Manufactured with Construction Wastes. September 2017 [en línea]. Bogotá [citado 11 marzo 2020]. Disponible en Internet: URL <<https://www.mdpi.com/2076-3417/7/10/101/htm>>

Asensio Eloy, Medina César, Frías Moisés Sánchez de Rojas María Isabel. Fired clay-based construction and demolition waste as pozzolanic addition in cements. Design of new eco-efficient cements. Journal of Cleaner Production Volume 265, 20 August 2020 [en línea], Bogotá [citado 5 mayo de 2020]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0959652620316577?via%3Dihubbib14>>

Bre (2006) Developing a strategic approach to construction waste – 20 year strategy. BRE, Watford, UK, 21 [en línea] Bogotá. [citado 14 mayo 2020] Disponible en Internet: <URL: <https://www.bregroup.com/projects-reports/project-construction-resources-and-waste-roadmap-2008>>

Cabrera Manuel, Pérez Galvín Adela, Francisco Agrela, Recycled Aggregate Concrete. [en línea]. Bogotá [citado 17 mayo de 2020]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/topics/engineering/recycled-concrete-aggregate>>

Camacol. Boletín de norma urbana N° 4. 2017 [en línea]. Bogotá. Camacol [citado 8 mayo de 2020]. Disponible en Internet: < URL: <https://www.camacolcundinamarca.co/documentos/boletin-tecnico/Boletin-4.pdf> p. 3>

Cámara de Comercio de Bogotá. Balance de la economía de la región Bogotá – Cundinamarca 2018. [en línea]. Bogotá. [citado 9 abril de 2020]. Disponible en Internet <URL: <https://www.ccb.org.co/content/download/82072/1555291/file/31012019%20Balance%20Econom%C3%ADa%20Bogotana%202018.pdf> >

Cámara de comercio. Balance de la economía de la región Bogotá – Cundinamarca 2019 [en línea]. Bogotá: Cámara de Comercio [citado 9 de marzo 2020]. Disponible en internet: <URL: [https://www.ccb.org.co/content/download/139187/2521525/file/balance\\_economia\\_region\\_2019.pdf](https://www.ccb.org.co/content/download/139187/2521525/file/balance_economia_region_2019.pdf). p.

Camacol. Estatutos Camacol 2018. [en línea]. Bogotá. Cámara Colombiana de la Construcción [citado 6 de mayo de 2020]. Disponible en internet: <URL: [https://camacol.co/sites/default/files/ESTATUTOS%20CAMACOL%202018\\_0.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/ESTATUTOS%20CAMACOL%202018_0.pdf) Art. 6.p. 2>

Castaño, J. O., Rodríguez, R. M., Lasso, L. A., Gómez Cabrera, A., & Ocampo, M. S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición en Bogotá : perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 121-129. Disponible en internet : [En Línea].2019 <URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v17n38/v17n38a1.pdf> />

Concejo De Bogotá, D.C. Proyecto De Acuerdo N° 320 DE 2019 [en línea] Bogotá. [citado 3 abril de 2020]. Disponible en Internet <URL: [http://concejodebogota.gov.co/cbogota/site/artic/20190522/asocfile/20190522120530/edici\\_\\_n\\_2914\\_pa\\_320\\_pd\\_de\\_2019\\_.pdf](http://concejodebogota.gov.co/cbogota/site/artic/20190522/asocfile/20190522120530/edici__n_2914_pa_320_pd_de_2019_.pdf) p. 5704>

Generalitat Valenciana. Cancillería de Infraestructura. Territorio y Medio Ambiente. Residuos de Construcción y Demolición. Revisión del Plan de residuos. Comunidad Valenciana. 2008-2013. p. 9-15

Ice Virtual Library. Mechanical behavior of coarse, lightweight ,recycled and natural aggregates for concrete [en línea]. Bogotá [citado 17 abril de 2020]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.icevirtuallibrary.com.ezproxy.unal.edu.co/doi/10.1680/jcoma.17.00081> >

Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, vol. 20, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, pp. 121-135. [en línea]. Bogotá. [citado 04 abril de 2020]. Disponible En internet URL: <https://www.redalyc.org/pdf/737/7373709100.pdf>

María Neftalí Rojas-Valencia, Esperanza Aquino Bolaños. Sustainable adobe bricks with construction wastes. ICE Virtual Library [en línea]. Bogotá [citado 1 mayo de 2020]. Disponible en Internet <URL: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/full/10.1680/jwarm.16.0001> >



M. Coronado T., Blanco N., Quijorna R., Alonso-Santurde A., Andrés. Types of waste, properties and durability of toxic waste-based fired masonry bricks. *Eco-Efficient Masonry Bricks and Blocks*. 2015 [en línea], Bogotá [citado 20 marzo 2020], disponible en Internet: <URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978178242305800007> . P 129-188 >

Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Resolución 0472. (7 marzo de 2017) 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. Bogotá, 2017. no.50166. 22 p.1

Montoya-Villarreal S.P., Ortega-Acosta A.I., Orozco-Gutiérrez C.J., González Rojas C.P., Forero-Díaz D.A., Casas-Camargo H.L., Albarracín J., Pérez-Parra L.F., Naranjo-Velazco S.O., Y.T. Meza-Osorio, Jofra-Sora M., Madorell-Arbolí M. y Samper-Sugrañes I.. 2015. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Bogotá, Colombia.p.144

Naciones Unidas, Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo [en línea]. Nueva York: [18] Departamento de Asuntos Económicos y Sociales [18 agosto, 2019]. Disponible en internet < URL: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html> >

Naranjo-Velazco S.O., Y.T. Meza-Osorio, Jofra-Sora M., Madorell-Arbolí M. y Samper-Sugrañes I.. 2015. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Bogotá, Colombia.p.144

Ochoa, Osvaldo. 2009. Recolección y disposición final de los desechos sólidos, zona metropolitana, Caso Ciudad Bolívar. [En Línea]: [17 de febrero de 2020] <URL: <http://www.cianz.org.v>>

Rafaela Cardoso, Rui Vasco Silva, Jorge de Brito, Ravindra Dhir. Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review [en línea]. Bogotá. construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review [citado 3 mayo de 2020]. Disponible en Internet <URL: <https://www-sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0956053X15302543?via%3Dihub>>

Ravindra K Dhir, OBE Chao Qun Lye. 2019 ICE Themes Recycled Aggregates: Use in Concrete. [en línea] Bogotá. [citado el 9 de mayo 2020]. Disponible en Internet: < URL: <https://www-icevirtuallibrary-com.ezproxy.unal.edu.co/doi/pdf/10.1680/icetra.64638.fm.p.11>>

Ravindra K. Dhir, Jorge de Brito, Rui V. Silva, Chao Qun Lye. Use of recycled aggregates in road pavement applications. Sustainable Construction Materials. 2019, pages 451-494 [en línea], Bogotá sciencedirect [citado 18 mayo 2020]. disponible en internet: <URL: <https://www-sciencedirectcom.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/B97800810098570001>>

Secretaria Distrital De Ambiente. Tratamiento y disposición, 09 de abril. [En Línea]. Bogotá [ citado 28 de abril de 2020] Disponible en Internet <URL:<http://www.ambientebogota.gov.co/es/web/escombros/disposici>>

Silva R V, de Brito J and Dhir R K, 2014. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production [en línea]. Bogotá. Construction and Building Materials Volume 65, 29 August 2014, Pages 201-217 [citado 7 marzo de 2020] Disponible en Internet: <URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09500618140043>>

Superintendencia financiera. El sector de la construcción un sector [en línea]. Bogotá: [citado 02 de abril de 2020]. Disponible en internet: < URL: <https://www.superfinanciera.gov.co/descargas/institucional/pubFile1031827/yolimau mana.pdf>

Silva Vieira Castorina, Pereira Paulo M. Use of recycled construction and demolition materials in geotechnical applications: A review. Resources, Conservation and Recycling Volume 103, October 2015, Pages 192-204 [en línea]. Bogotá [citado 7 mayo 2020]. Disponible en Internet: < URL: <https://www-sciencedirectcom.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0921344915300562?via%3Dihub#bib0290>>

Tarun R. Naik, F. ASCE Sustainability of Concrete Construction. Practice Periodical on Structural Design and Construction Volume 13 Issue 2 - May 2008 [en línea]. Bogotá [ citado 16 mayo de 2020]. Disponible en Internet: <URL: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)1084-0680\(2008\)13:2\(98\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)1084-0680(2008)13:2(98))>

Universidad Militar Nueva Granada. Formulación de Lineamientos para la Gestión de residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá. [en línea]. Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. 13 de mayo 2020. [ citado 20 de marzo 2020]. Disponible en Internet: < URL: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11004/TRABAJO%20DE%20GRADO%20ADRIANA%20ISABEL%20PINZON20M..pdf?sequence=1&isAllowed=y> >

Vieira Castorina Silva, Pereira Paulo M. . Use of recycled construction and demolition materials in geotechnical applications: A review. Resources, Conservation and Recycling

Volume 103, October 2015, Pages 192-204 [https://www.sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0921344915300562?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0921344915300562?via%3Dihub)