

**ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE  
RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN  
EN BOGOTÁ D.C.**

**NATALIA SÁNCHEZ RODRÍGUEZ**

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**ORIENTADOR  
JUAN CAMILO CELY  
INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.**

**2021**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Firma del director de la Especialización

---

Firma del calificador

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director de Especialización de Gestión Ambiental

Ing. Nubia Liliana Becerra

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## DEDICATORIA

Primero quiero agradecerle a Dios por darme la oportunidad de ingresar a una especialización, porque sin él no podría alcanzar mis objetivos propuestos. Además, le agradezco por darme la vida y la salud necesaria para continuar con mi proceso académico.

A mi madre por apoyarme e impulsarme a salir adelante, otorgándome la oportunidad de forjarme tanto en aspectos profesionales como personales, inculcándome valores éticos. Sin ella no hubiese logrado alcanzar esta meta.

A mi familia por apoyarme y compartir de los logros que he adquirido a lo largo de la vida, motivándome a nunca desfallecer.

Al profesor Juan Camilo Cely y demás directivas por su orientación académica durante el transcurso de la especialización.

A mis compañeros por ser un apoyo constante en el recorrido de la especialización.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	13
1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	14
1.1 Tratamientos de residuos sólidos	29
1.2 Residuos sólidos en Colombia	32
1.3 Residuos sólidos en Bogotá D.C.	37
1.3.1 Tratamiento de residuos sólidos en Bogotá D.C.	42
1.4 Residuos de construcción y demolición en Bogotá D.C.	48
1.4.1 Aprovechamiento de residuos de construcción en Bogotá D.C.	54
1.5 Generalidades de la economía circular de residuos sólidos	55
1.5.1 Principios de la economía circular	58
2. CAPÍTULO II. CASOS DE ESTUDIO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA EN RESIDUOS SÓLIDOS	65
3. CAPÍTULO III. ESTRATEGÍAS DE ECONOMÍA CIRCULAR IMPLEMENTANDO RESIDUOS DENTRO DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	75
4. CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFIA	84
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	100
DEFINICIÓN DE SIGLAS	103

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Pictograma de residuos sólidos tóxicos	17
<b>Figura 2.</b> Pictograma de los residuos sólidos corrosivos	18
<b>Figura 3.</b> Pictograma de residuos sólidos inflamables	18
<b>Figura 4.</b> Pictograma de residuos sólidos eco-tóxicos	20
<b>Figura 5.</b> Pictograma de residuos sólidos explosivos	20
<b>Figura 6.</b> Pictograma de residuos sólidos comburentes	21
<b>Figura 7.</b> Pictograma de residuos sólidos nocivos	21
<b>Figura 8.</b> Pictograma de residuos sólidos irritantes	21
<b>Figura 9.</b> Clasificación de los residuos sólidos no peligrosos	24
<b>Figura 10.</b> Procesos químicos aplicados a plásticos	30
<b>Figura 11.</b> Producción de residuos sólidos en las 8 ciudades más grandes de Colombia	36
<b>Figura 12.</b> Residuos sólidos producidos desde el 2012 hasta el 2018 en Bogotá D.C.	37
<b>Figura 13.</b> Aspectos a tener en cuenta para poder lograr el PGIR	38
<b>Figura 14.</b> Relleno Sanitario Doña Juana	47
<b>Figura 15.</b> Clasificación de los residuos procedentes de la construcción y demolición	50
<b>Figura 16.</b> Esquema general de economía circular	60
<b>Figura 17.</b> Representación esquemática del proceso de economía circular	63
<b>Figura 18.</b> Economía circular en Holanda	67
<b>Figura 19.</b> Basura cero en Dinamarca	69
<b>Figura 20.</b> Economía circular en San Francisco	71
<b>Figura 21.</b> Villa Welpeloo y la economía circular	72
<b>Figura 22.</b> Economía circular en la industria del concreto	74

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Tipos de residuos sólidos peligrosos	15
<b>Tabla 2.</b> Residuos sólidos inflamables	19
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de los residuos sólidos orgánicos	27
<b>Tabla 4.</b> Tipos de cuantificación de residuos.	34
<b>Tabla 5.</b> Gastos de productores de residuos para la protección ambiental	35
<b>Tabla 6.</b> Compañías prestadoras de servicio de aseo en Bogotá D.C.	39
<b>Tabla 7.</b> Composición de residuos sólidos en Bogotá D.C.	40
<b>Tabla 8.</b> Estaciones de equipamiento y sus procesos	45
<b>Tabla 9.</b> Número de bodegas para el tratamiento de residuos sólidos	46
<b>Tabla 10.</b> Residuos procedentes de una obra en Bogotá D.C.	52
<b>Tabla 11.</b> Aspectos relevantes en la economía circular	61
<b>Tabla 12.</b> Revisión bibliográfica de casos de estudio de economía circular de residuos	65
<b>Tabla 13.</b> Revisión bibliográfica de estrategias de economía circular de residuos	75



## RESUMEN

Los residuos sólidos procedentes del sector de la construcción, generan una seria problemática, puesto que en la actualidad no se cuenta con un plan de gestión eficiente que permita reutilizarlos. Ante tal situación, se observa un incremento volumétrico notable de basura, encontrándose en lugares inadecuados de disposición. Con base a estos acontecimientos, es necesario establecer la importancia de métodos de aprovechamiento de los residuos procedentes de este sector, para reducir su cantidad de manera significativa y obtener técnicas que impulsen entornos sociales, económicos y ambientales. Por ende, la economía circular se plantea como una estrategia que brinda la capacidad de generar un valor agregado a los desechos producidos, teniendo en cuenta los impactos que estos provocan.

La economía circular es un modelo de aprovechamiento que promueve a la longevidad del producto, que busca dejar a un lado el concepto de vida útil, puesto que, al ser aplicado, se tiene como resultado que el residuo tenga la posibilidad de reincorporarse dentro del sistema operativo como insumo, con el fin de producir un nuevo producto. Al hacer ello, se está evitando la sobreexplotación de recursos naturales.

El modelo puede ser ejecutado en optimizaciones energéticas, involucrarlo como materia prima o hacerlo parte del producto de interés. Por tal motivo, es que el utilizarlo, brinda la ventaja de reducir costos operativos y genera una relación estrecha entre la industria y el cliente, teniendo como resultado una concientización y gestión adecuada.

**Palabras clave:** residuos sólidos, impactos ambientales, construcción y demolición, tratamientos, aprovechamiento, recursos naturales, economía circular, estrategias.

## INTRODUCCIÓN

La construcción es un sector de la industria el cual requiere una diversidad de materiales, con el fin de realizar obras tanto de carácter público como privado. Estos insumos son obtenidos a partir de la explotación de recursos naturales, afectando negativamente al medio ambiente y a la economía, abarcando problemáticas sociales, puesto que no se tienen en cuenta programas de reutilización de RCD mitigando su demanda y asegurando la prolongación de su tiempo de vida útil (Marín, 2019).

El efecto de la producción de residuos sólidos abarca tres regiones: aparición de contaminación, generación de energía gris y hectáreas de zonas destruidas. Para el caso de la contaminación, provocan repercusiones en la calidad del aire, aparición de escombros en cuerpos acuáticos, y presencia de residuos en suelos. Cuando se trata de impactos por materia gris, hace alusión a la cantidad energética que se requiere durante el ciclo de vida del producto, en donde se contemplan actividades como la extracción del material, su producción, el uso que se le da, técnicas de mantenimiento aplicadas y la disposición final que este tendrá (Marín, 2019).

Este sector genera un gran impacto económico en Colombia debido a la alta demanda que posee. No obstante, las consecuencias medioambientales que provoca, no son nada favorables para los distintos entornos, por lo cual fue necesario llevar a cabo la implementación de normas legislativas denominadas Política Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos, dentro de las cuales se especifican las condiciones mínimas que se deben tener en cuenta para poder ejecutar una buena gestión de residuos sólidos y de RC&D (Residuos de Construcción y de Demolición). Para ser más ilustrativos, se toma como referencia la Resolución 541 de 194 y la ley 1259 de 2008 (Colombia, 2008).

Además de ello, se han implementado políticas a nivel municipal, enmarcando sus propios marcos legales. Como ápice de ello, se tiene Bogotá en la estipulación de la Resolución 2397 del 2011, en el que la Secretaria Distrital de Ambiente brinda métodos para la gestión y aprovechamiento de escombros. Adicionalmente, establece que desde el año 2012 las constructoras o entidad que lleven a cabo alguna construcción deberán realizar el reciclaje de por lo menos el 10% de los residuos que

generan; esto si se trata de una organización pública, para una empresa privada se exige que sea del 5%. Sin embargo, estos porcentajes tienden a aumentar de forma anual, hasta llegar al reciclaje mínimo del 25% (Bogotá, 2011).

Por otra instancia, es de gran vitalidad obtener un desarrollo sostenible en el cual los estados reduzcan y eliminan las técnicas de producción y consumo que deterioren el medio ambiente. Con respecto a los residuos de construcción y de demolición se propone la implementación de tecnologías que propicien un sistema de gestión avanzado el cual permita la reutilización, reciclaje y la disposición adecuada de estos escombros (Rodríguez J. , 2020).

Existen decretos como el 2981 del 2013, compilado del decreto único reglamentario 1077 del 2015, son funcionales para estimar el escenario jurídico sobre los residuos en Colombia y ante ello, estimar los planes de gestión en los que se efectúe la reutilización de los productos con el fin de evitar la aparición de vertimientos y generar un mayor aprovechamiento de ellos (Minjusticia, 2013).

Por otra parte, se cuenta con la resolución 472 del 2017 en el que se estipula la gestión integral de los residuos que se provocan por labores industriales provenientes de la construcción y la demolición. Este parámetro es reciente, pero es fundamental, puesto que hace un análisis detallado sobre la generación de estos desechos, plantea estrategias de recolección, la forma adecuada de transportarlos y cómo debe ser el almacenamiento para obtener un aprovechamiento propicio y, por último, disponerlos en otros procesos productivos y así incrementar su tiempo de vida útil (Sostenible M. y., 2017)

Esta resolución tiene como objetivo definir la gestión de los residuos provenientes de la construcción y de la demolición y soportarlos en un programa de manejo ambiental, también brindar guías para llevar a cabo la gestión integral a partir de capacitaciones sobre la gestión y control de ellos. Además, establece las obligaciones de las organizaciones que generan este tipo de escombros y adicionalmente, determina las prohibiciones como el abandono de los residuos de construcción y demolición o realizar una disposición inadecuada en espacios público (Sostenible M. y., 2017).

La resolución 472 del 2017 impone que las autoridades públicas deben estar capacitadas para realizar un buen control de la producción de estos desperdicios, enfocándose en la implementación de tratamiento con un alto grado de eficiencia, para lograr que el sector de construcción y las urbanizaciones tengan un respeto por la calidad de vida de la población que reside en municipios y ciudades. Puesto que no existe el espacio suficiente para realizar la disposición de estos residuos generando un impacto negativo al ambiente, por lo que esta ley se propone a desarrollar un plan efectivo a partir de la imposición de barreras que permitan la reducción volumétrica de estos mediante un buen tratamiento de basuras y una vez alcanzado esto, promulgar el cumplimiento de todos los derechos ambientales que deben gozar los seres humanos y la vida ecosistémica a la que se pertenece (Sostenible M. d., 2017).

El desarrollo del documento inicia con las generalidades de los residuos sólidos, luego se habla sobre la situación actual de ellos en Colombia. Posterior a ello, se expone el panorama de Bogotá D.C sobre la generación de residuos sólidos, para luego enfatizar en los escombros provenientes del sector de construcción y demolición.

Una vez realizado esto, se procede a hablar sobre las generalidades de la economía circular, tomando en cuenta casos de estudio basados en el aprovechamiento de residuos sólidos, empleando dicho modelo y por último, se identifican estrategias de la economía circular en el sector de la construcción.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la gestión de residuos sólidos en el sector de la construcción bajo los principios de la economía circular. Caso de estudio. Bogotá D.C.

### **Objetivos específicos**

- Establecer una línea base de generación de residuos en el sector de la construcción según información disponible en referentes bibliográficos.
- Identificar estrategias de economía circular aplicables al sistema de gestión y manejo de residuos sólidos, según lineamientos y políticas vigentes en el sector de construcción.
- Formular las acciones necesarias para hacer una gestión de residuos sólidos adecuada, bajos los principios de economía circular en el sector.

## 1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos se definen como cualquier material ya sea que se encuentre en su estado líquido, sólido y gaseoso (Orozco, Barros, Melo, & Lora, 2017). Estos se generan a partir de las labores domésticas, prestación de servicios, comerciales e industriales que se lleven a cabo. Al realizar ello, se obtiene la producción de un desperdicio, el cual no puede volver a utilizarse, debido a que se ya cumplió su tiempo de vida útil. Sin embargo, algunos son aprovechados, sometiéndose bajo procesos de transformación, dándoles un valor agregado, también prolonga su uso y permite que su disposición final no impacte al medio ambiente (Gonzalez & Rico, 2018).

En cuanto a su clasificación, los residuos sólidos se pueden catalogar de la siguiente manera: Residuos domésticos, los cuales involucran a los desperdicios de índole urbana o industrial, también pueden distribuirse como peligrosos y no peligrosos. Adicionalmente, engloban a los desechos hospitalarios que pueden ser nocivos por su alto nivel infeccioso (García J. , 2015).

Al mencionar lo anterior, se parte de que los residuos sólidos pueden lograr dicha categorización bajo las siguientes características:

- Qué tan peligroso es el residuo sólido.
- El origen de este desperdicio.
- De qué están compuestos los desechos sólidos.

Con base a sus niveles de peligrosidad, los residuos sólidos se dividen de la siguiente forma:

- Residuos inertes: Son todos aquellos que, al no ser reactantes bajo condiciones ambientales, no reciben ninguna alteración ya sea física, química o biológica. Se caracterizan por tener una baja solubilidad en sustancias procedentes de los hidrocarburos, pero al no ser impactos por el entorno que los rodean, no son susceptibles a tener un período de biodegradación, lo que puede generar serias repercusiones en la salud humana y en el medio ambiente (Hormigos, 2014).

- Residuos peligrosos: Son compuestos desechados, representando un alto grado de toxicidad, puesto que son susceptibles a las condiciones ambientales que los rodean, lo que hace que desempeñen características corrosivas, explosivas, reactivas, inflamables, biológicas e infecciosas (Presidente de la República, Aprueban el Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, 2004).

La procedencia de los RP es de tipo químico, lo cuales surgen a partir de recintos comerciales y fábricas industriales generadoras de servicios específicos. Usualmente se han evidenciado en la deposición de envases con trazas de sobrantes tóxicos o también desechan subproductos no deseados que cumplen con las propiedades mencionadas. Dentro de este tipo, existe una clasificación y es la siguiente (Alvarado, 2018)

**Tabla 1.**

*Tipos de residuos sólidos peligrosos*

<b>Clasificación de los residuos sólidos peligrosos</b>	
Riesgo biológico a agentes infecciosos	Son aquellos que poseen agentes patógenos que pueden tener toxinas que perjudican la salud de los seres vivos y repercuten en el medio ambiente (Báez, Martínez, & Pérez, 2020).
Residuos químicos	Empaques y otro elemento el cual se encuentre contaminado por alguna sustancia química que pueda causar afectaciones severas en la salud, hasta incluso la muerte y también, es nocivo para los ecosistemas ambientales (Alvarado, 2018).

Por otra parte, dentro de los agentes infecciosos o de riesgo biológico, existe otra tipología, esta se determina de la siguiente manera:

- Residuos biosanitarios: Su aparición surge a partir de actividades biosanitarias las cuales se encuentran presentes sustancias peligrosas o radiactivas (Gutiérrez & Batallán, 2012). Estas deben tener ciertas contemplaciones:

- A. En caso de que se este tipo de residuos sean peligrosos, es necesario que se eliminen a partir de la incineración (Gutiérrez & Batallán, 2012).
- B. En caso tal de que estos sobrantes tengan algún índice radioactivo, estos deberán ser llevados a la Empresa Nacional de Residuos Radioactivos, Sociedad Anónima (ENRESA). En el caso de tener sustancias citotóxicas que posean una radiactividad mínima, es necesario llevarlos a esta misma entidad (Gutiérrez & Batallán, 2012).
- Residuos Anatomopatológicos: Son aquellos que se componen de órganos, tejidos, fluidos y demás sobrantes que se producen a partir de procedimientos médicos (Prado, 2018).
  - Residuos Cortopunzantes: Poseen propiedades punzantes, las cuales pueden producir lesiones que pueden desencadenar en infecciones, debido a que el material podría estar contaminado. Algunos de ellos son: agujas, limas, bisturí, vidrios, láminas y restos de inyecciones (Ponce & Bonilla, 2016).
  - Residuos de animales: Son resto de animales, los cuales han pasado por procesos de experimentación y dentro de su organismo poseen agentes bacterianos que pueden provocar enfermedades contagiosas e infecciosas (Alvarado, 2018).

Para el caso de los residuos sólidos químicos, también se establece una categorización.

- Fármacos: Se trata de medicamentos que han sobrepasado su fecha de caducidad, los cuales se encuentran deteriorados. Generalmente se originan a partir de laboratorios farmacéuticos y para la elaboración de dispositivos médicos que no tienen ningún cumplimiento bajo los parámetros de calidad (Alvarado, 2018).



- **Citotóxicos:** Son residuos de sustancias que se emplean para afectar directamente a las células, generando deficiencias en la salud e impactando al medio ambiente (Instituto de Salud Pública, 2017).
- **Metales pesados:** Son aquellos que poseen algún agente contaminante como lixiviado el cual se ha llevado a cabo por la desintegración de un material sólido. Es considerado como un elemento tóxico que puede generar serios problemas al entorno ambiental (Hernández, Osiris, Vaca, Mñarquez, & Lugo, 2012).
- **Contenedores presurizados:** Estos tanques son catalogados como un tipo de residuo sólido, puesto que usualmente en sus interiores contienen desechos médicos, como gases anestésicos. También se puede encontrar trazas de etileno en forma de óxido, etc. (Alvarado, 2018).

Caracterización de los residuos sólidos peligrosos:

- **Tóxicos:** Son los principales causantes de afectaciones la salud y también deterioran el entorno ambiental. Puesto que estos compuestos tienen la capacidad de incrementar la velocidad de proliferación bacteriana. Una vez esto se provoca, pueden desplazarse por distancias significativas, las cuales impactan al aire y a las redes hidráulicas. Estos desechos cuentan con un tiempo de descomposición es muy largo, lo que supone un serio problema para todos los ecosistemas (San Juan Reciclados y Demoliciones, 2016).

**Figura 1.**

Pictograma de residuos sólidos tóxicos



**Nota.** La figura hace la representación gráfica sobre los residuos sólidos tóxicos.

Tomado de: Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*.

- Muy tóxico: Se catalogan como residuos que, al ser inhalados o ingeridos en mínimas cantidades, pueden causar la muerte o problemas crónicos a la salud (Hormigos, 2014).
- Corrosivo: Dentro de esta caracterización, se de dos formas: Corrosivo ácido y corrosivo básico. Estos pueden corroer cualquier tipo de superficie con la que presenten un contacto directo (Universidad de Concepción, 2015). A pesar de que se tengan dos tipos de presentación de este fenómeno, generalmente el que prima es la corrosión ácida (Arriols, 2019).

**Figura 2.**

*Pictograma de los residuos sólidos corrosivos*



**Nota.** La figura muestra la representación gráfica de los residuos sólidos corrosivos. Tomado de: Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*.

Inflamable: Es un sólido el cual no es explosivo, pero puede causar fuego si se somete bajo condiciones de fricción o cuando tiene contacto con fluidos como lo son el aire y el agua (Presidencia de la República, 2021).

**Figura 3.**

*Pictograma de residuos sólidos inflamables*



**Nota.** La figura expone la representación gráfica de los residuos sólidos inflamables. Tomado de: Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*.

Para lograr qué nivel de inflamabilidad que poseen, reciben la siguiente clasificación:

- **Residuos sólidos que presentan una combustión espontánea:** Son aquellos que contienen un autocalentamiento. Estos llegan a su punto de ignición cuando se mezclan con el aire (Presidencia de la República, 2021).
- **Residuos sólidos cuya inflamación se presenta de forma espontánea:** Estos desperdicios podrían llevar a cabo la liberación de gases tóxicos cuando perciben la presencia de aire en el ambiente (Presidencia de la República, 2021).
- **Residuos sólidos oxidantes y con un alto contenido de peróxidos orgánicos:** Son desechos capaces de elaborar oxígeno dejando como consecuencia la aparición de una combustión de sustancias tanto orgánicas como inorgánicas (Presidencia de la República, 2021). A continuación, se dará una breve definición de ambas terminologías:

**Tabla 2.**

*Residuos sólidos inflamables*

Oxidantes	Residuos sólidos que, al brindar oxígeno, incrementa la posibilidad de combustión entre otros sólidos a pesar de que se encuentren en condiciones anaeróbicas (Presidencia de la República, 2021).
Peróxidos orgánicos	Desechos que mejoran la eficiencia en procesos de combustión, tienen alta sensibilidad al calor cuando se someten a altas temperaturas, lo que puede provocar incendios de su entorno (Presidencia de la República, 2021).

Nocivo para el medio ambiente: Se catalogan como sustancias que representan un peligro potencial en el ámbito ambiental. Este problema se puede evidenciar ya sea de forma inmediata o se verán las consecuencias en el futuro (Alvarado, 2018).

**Figura 4.**

Pictograma de residuos sólidos eco-tóxicos



**Nota.** La figura expone la representación gráfica de los residuos sólidos eco-tóxicos.

Tomado de: Fuente: Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*.

Explosivos: Son residuos sólidos los cuales liberan gases en forma de calor, radiación o presión en un entorno determinado. Generalmente, reaccionan cuando se encuentran en presencia de corrientes de oxígeno. No obstante, pueden ser reactivos cuando hay ausencia de este (SMV, 2019).

**Figura 5.**

Pictograma de residuos sólidos explosivos



**Nota.** La imagen ilustra la representación gráfica de los residuos sólidos explosivos.

Tomado de: Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*.

Comburente: Son aquellos que al poner en marcha su capacidad de liberar oxígeno, estimulan a otros compuestos que se encuentren cercanos a estos agentes a que lleven a cabo una combustión tanto completa como incompleta (Eurofins, 2019).

**Figura 6.**

Pictograma de residuos sólidos comburentes



**Nota.** La imagen muestra la representación gráfica de los residuos sólidos comburentes. Tomado de: Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*.

**Nocivo:** Hace alusión a aquellas sustancias que al ser inhaladas o ingeridas pueden generar efectos adversos como enfermedades agudas o crónicas (Alvarado, 2018).

**Figura 7.**

Pictograma de residuos sólidos nocivos



**Nota.** La imagen muestra la representación gráfica de los residuos sólidos nocivos. Tomado de: Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*.

**Irritantes:** En estado sólido, son aquellos polvos cuyos diámetros de partícula son diminutos, lo que permite que ingresen por las vías respiratorias, generando mucosa inflamatoria e impactando al medio ambiente (Guerra, 2014).

**Figura 8.**

Pictograma de residuos sólidos irritantes



**Nota.** La figura representa gráficamente los residuos irritantes. Tomado de: Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*.

**Bio-contaminado:** Son aquellos residuos sólidos que contienen virus o bacterias los cuales representan un riesgo inmediato y potencial para el medio ambiente (Eurofins, 2019).

- **Residuos no peligrosos:** Son todos los aquellos desechos que al finalizar su vida útil, se comportan e forma pasiva sin importar en qué entornos se encuentren, por lo que se puede afirmar que es un residuo no peligroso, todo aquel que no sea sensible a cambios y que no reúna las características de un desechos peligroso (RESPEL, 2018). A pesar de que tenga esta consideración, es necesario que sean tratados de forma adecuada puesto que, al no hacerlo, representarían un serio daño para el medio ambiente. Este tipo de residuos también tiene una clasificación.

**Valorización de residuos:** Son catalogados como aquellos en donde su producción y resultado final, sea funcional para llevar a cabo el reemplazo de otros materiales en los que se estima que su ciclo de vida útil ha culminado. En esta clasificación, se puede ver evidenciada un modelo de economía circular (Hernández M. , 2019). Dentro de ella existen los siguientes tipos:

- **Valoración energética:** Esta es llevada a cabo mediante la quema de residuos que pueden dar algún aporte energético. Para realizar ello, es fundamental tener un control ambiental riguroso. A pesar de que mitigue algunos impactos ambientales, la Comisión Europea no considera esto como una acción para reducir el cambio climático debido a que el método de incineración que se lleva a cabo en esta clasificación, brinda un aporte significativo en cuanto a los gases de efecto invernadero. Pero, en términos de economía circular, es un gran aportante, puesto que disminuye y recicla residuos potencialmente. También les brinda a los nuevos productos un valor agregado, por tener en cuenta el ámbito ambiental. Con respecto a los costos operativos disminuyen notablemente (Hernández M. , 2019).

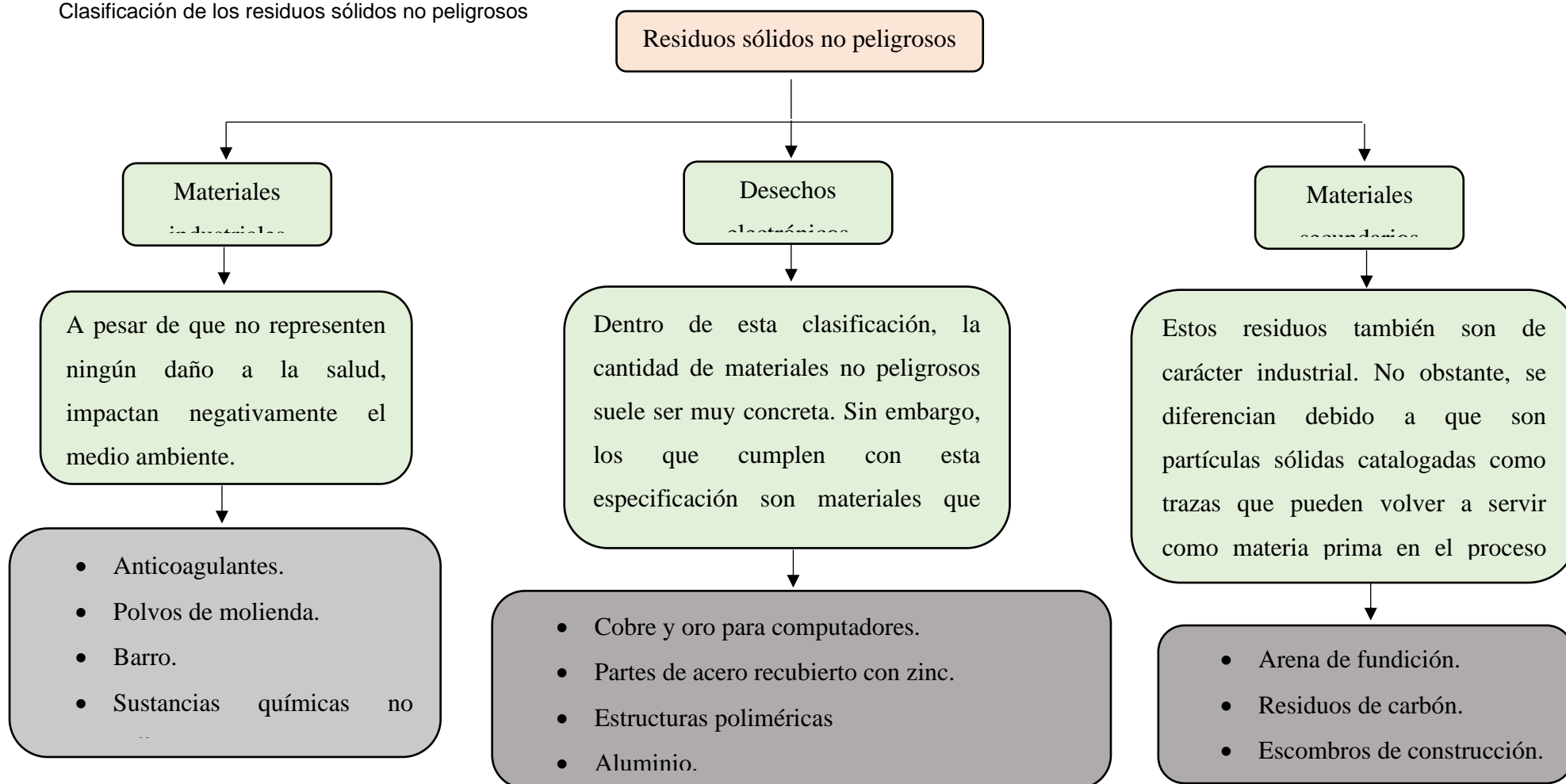
- Valoración de desechos sólidos: A partir del reciclaje de estos residuos, es que se pueden volver a incluir dentro del proceso productivo como materia prima. Dentro de ellos se encuentra el papel, vidrio, plástico, etc (Hernández M. , 2019).

**Residuos no valorizables:** Se consideran como desechos que debido a sus propiedades y características estructurales, no pueden volver a recircularse, puesto que podría generarse algún compuesto nocivo para la salud tanto de los seres vivos como ambiental. Por tal motivo, no se le podría implementar un proceso de reciclaje (Hernández M. , 2019).

A pesar de la clasificación mencionada con respecto a los residuos sólidos no peligrosos, también se cuenta con otra categorización de estos desechos, la cual se puede evidenciar en la figura 9.

**Figura 9.**

Clasificación de los residuos sólidos no peligrosos



**Nota.** La figura muestra los tipos de residuos no peligrosos. Elaboración propia. Tomado de: MYCSA. (8 de Junio de 2020). Tipos de residuos industriales: peligrosos y no peligrosos. *RETEMA*.



Con respecto a su origen, los residuos obtienen la siguiente clasificación:

- Residuos domésticos: Los RD son aquellos desechos que se originan a partir de una actividad llevada a cabo en los hogares. Algunos de ellos son: ropa, pilas, muebles, residuos de comida, servicios tecnológicos cuya vida útil ha finalizado, etc. Dentro de esta categoría también se encuentran aquellos escombros arrojados en zonas urbanas como: vías públicas, lugares que cuenten con zonas verdes, lugares marítimos, cadáveres de animales y vehículos que ya no se encuentren en uso (Gobierno de Aragón, 2021).
- Residuos industriales: Este tipo de residuos se generan a causa de diversos manejos de carácter operativo. Estos parten desde su generación, contempla su medio transporte, la forma de almacenarlos y si hay un tratamiento aplicado en el sector industrial antes de ingresar al vertedero. Si embargo, para llevar a cabo ello, es necesario tener en cuenta factores de índole económica y administrativa que acrediten la buena gestión de estos desechos (Olvera, 2014).
- Residuos de construcción y demolición: Son aquellos RC&D cuyo origen se da a partir de la generación de escombros procedentes de obras tanto urbanas como sociales. Dicha actividad provoca residuos compuestos de materiales rechazados porque usualmente se encuentran deteriorados. También pueden ser hallados como resultado de excavaciones en la etapa final de la construcción (Togal, Cabeza, & Magalhães, 2014).
- Residuos agrícolas: Son aquellos residuos generados a partir de la agroindustria, generalmente se obtienen como desechos compuestos orgánicos, los cuales en determinados volúmenes pueden llegar a ser biodegradados de manera natural. Usualmente, la gestión de ellos es depositándolos en zonas ilegales o a partir de la incineración, generando un impacto ambiental nocivo para el equilibrio ecológico (Piña, Nieto, & Robles, 2016).
- Residuos hospitalarios: Son desechos generados a partir de procedimientos que requieran de algún tipo de atención basados en un diagnóstico médico. Dentro de ellos puede haber desechos que no representen algún peligro o los que pueden

ser nocivos para la salud. Lo que puede que no impacte directamente a la salud, pero al no contar con los instrumentos necesarios para recogerlos y realizar su debida disposición, puede convertirlos en desechos peligrosos (Fernandez, 2020).

- Residuos electrónicos: También comúnmente denominados RAEE y a pesar de que constituyen uno de los sectores más importantes de la economía, generan impactos ambientales serios puesto que generan grandes cantidades de residuos los cuales no cuentan con una gestión eficiente, debido a que muchos de ellos, terminan en tiraderos a cielo abierto, vertederos oficiales o clandestinos o se disponen como basura cuya ida útil ha cumplido su ciclo (Aleman, Escaltante, Vázquez, Martínez, & Demoss, 2016).

Por otra parte, existe otra clasificación y es la que se realiza dependiendo de la composición del residuo sólido. Dentro de este se tienen dos categorías:

**Residuo orgánico:** Este tipo de desechos se caracterizan por proceder de un alimento o sustancia biológica (Ministerio de Ambiente, 2018). Tiene la capacidad de llevar a cabo procesos de descomposición natural, lo que quiere decir que su tiempo de degradación es rápido. Lo que le permite llevar a cabo la elaboración de otros materiales de origen orgánico. Para lograr ello, es necesario que se lleven a cabo técnicas de compostaje

En cuanto a sus características físicas, estos residuos pueden ser catalogados dependiendo de cuál sea su origen, la forma en la que han sido producidos, las condiciones meteorológicas y el tipo de recolección (UNAC, 2015). aclarar que dentro de estos sobrantes no se encuentran los residuos metálicos, de vidrio, plásticos, textiles que posean pieles de animales, cuya elaboración haya sido llevada a cabo por el petróleo, Tampoco se incluyen heces fecales humanas y sólidos en suspensión que provengan de plantas de tratamiento de aguas residuales a menos de que estos desechos contengan alguna cantidad orgánica significativa (CCA, 2017).

Como se había mencionado, su categorización depende de su origen, por lo que existe varios tipos de ellos, los cuales pueden ser evidenciados en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

Clasificación de los residuos sólidos orgánicos

Tipo	Definición
Residuos de comida	Se definen como aquellos desechos procedentes de actividades domésticas. Para ser más enfáticos, son las sobras de la comida o alimentos en los que haya caducado su tiempo de vida útil. Este tipo de residuos pueden encontrarse bajo algún proceso de cocción o crudos que se podrían diferenciar no solo por su aspecto, sino por la cantidad de humedad y el pH (UNAC, 2015).
Heces fecales de animales	Son generados a partir del proceso de digestión que realizan los animales, el cual consiste en absorber los nutrientes necesarios para llevar a cabo procesos de reproducción y fortalecimiento corporal y luego, desechar el restante en forma de orina o en materia fecal (UNAC, 2015)
Residuos provenientes de la jardinería	En actividades como la poda tanto de parques como de jardines, se provocan residuos con un gran volumen, pero un peso liviano, los cuales se componen por ramas, follajes y hojas (UNAC, 2015)

**Residuos inorgánicos:** Específicamente, son aquellos que sufren una desintegración natural casi que imposible, puesto que en algunos casos si se puede evidenciar que se descomponen, pero pueden tardar cientos de años. Sin embargo, esto lleva a concluir que son residuos no biodegradables. El principal residuo perteneciente a esta categoría es el plástico, el cual por métodos ambientales no puede ser degradable, pero al emplear técnicas artificiales, pueden transformarse en material reciclable. Un ejemplo de ello son los vidrios, las latas, gomas, etc. No obstante, existen casos en los que su modificación no se puede llevar a cabo, por lo que pueden durar hasta 500 años en tiraderos de cielo abierto generando contaminación (Baquero, 2018).

Como ya se mencionaron algunas materias primas que hacen parte de esta clasificación, se procede a definir los ejemplos más relevantes.

- Vidrio: Los envases hechos de este material pueden ser sometidos a un proceso de reestructuración, en los que se permite volverlos envases retornables y así, poder llevar a cabo la recolección de este material y generar sostenibilidad ambiental, realizando reducción de costos en cuanto a la obtención de materia

prima, habría un menor gasto energético en el proceso operativo y es ambientalmente amigable puesto que disminuye la explotación de recursos naturales y hay una menor producción de residuos de esta índole (Baquero, 2018).

- **Papel:** No es catalogado como basura. Sin embargo, el realizar su debido reciclaje se convierte en una actividad fundamental puesto que hay una reducción significativa en cuanto al consumo energético, desapareciendo la contaminación en cuerpos acuáticos, tala de árboles y haciendo indispensable las plantaciones de coníferas y eucaliptos (Baquero, 2018).
- **Chatarra:** Este residuo representa aproximadamente el 3% de la basura doméstica, la cual se origina de productos como lo son refrescos y conservas. Ambientalmente lo impacta de forma negativa, ya que no cuenta con la capacidad de degradarse de forma natural, por lo que es necesario optar por técnicas de reciclaje, permitiendo la reducción a tal impacto y económicamente hablando, disminuye los costos monetarios que abarca producir esta materia prima (Baquero, 2018).
- **Envolturas y envases:** Es uno de los residuos que más se genera, puesto que llega a representar el 20% de la totalidad de basuras presentes en botaderos y rellenos, inclusive se han encontrado evidencias de este desperdicio en zonas urbanas y fuentes hídricas como lo son: los mares, lagos y ríos. Sus volúmenes a gran escala se deben a actividades operativas basadas en el sobre empaquetamiento de estos (Baquero, 2018).
- **Plásticos:** A pesar de que representan el 9% del total de basuras presentes, es uno de los residuos más nocivos para el planeta, debido a que su tiempo de degradación es tan lento que prácticamente esta acción se imposibilita, haciendo que sea un residuo cada vez más acumulable. Además de poner en riesgo el entorno ambiental, también supone un serio problema para la fauna presente allí, debido a que los animales los están empleando como fuente de alimento, lo que ocasiona serios daños para su salud, en cuanto a las especies presentes en el ecosistema acuático, el consumo de este desecho ha ido generando la muerte de peces y aves, incluso se ha evidenciado el debilitamiento y deterioro de algas y

arrecifes marinas importantes para la tierra, debido a su rol como sumideros en la captación de dióxido de carbono. Para reducir ello, es necesario que los residuos sean sometidos a técnicas de reciclaje (Baquero, 2018).

## 1.1 Tratamientos de residuos sólidos

Tratamiento de materiales orgánicos: Los métodos aplicables para este tipo de residuo, se lleva cabo mediante dos rutas:

- **Proceso anaerobio**: Es proceso que se realiza mediante la ausencia de oxígeno, lo que permite la generación de partículas gaseosas cuya composición se basa principalmente de metano y dióxido de carbono, representando alrededor del 99% y el 1% restante es equivalente a la presencia de amoníaco y ácido sulfúrico. Al obtener estos compuestos volátiles, se pueden implementar operaciones adicionales y obtener energía (UNED, 2020).
- **Proceso aerobio**: En este método se realiza un compostaje el cual se encarga de realizar modificaciones de carácter biológico de desechos orgánicos, con el propósito de convertirlos en fertilizantes. Esta técnica es empleada en residuos provenientes de actividades tanto domésticas como de jardinería (UNED, 2020).

Para que se efectúe el proceso, es necesario haber realizado previamente una separación de todo el material orgánico presente, asegurando que no haya la aparición de toxinas o moléculas patógenas que provocan algunos compuestos. Posterior a ello, se realiza la trituración de esos sobrantes para disminuir su tamaño y luego se disponen en hileras a cielo abierto generando arrumes de basura; estos se mantienen en movimiento constante con el fin de mantener la oxigenación y así, garantizar que la temperatura se mantenga en 55°C y la humedad entre un 55 a un 60%.

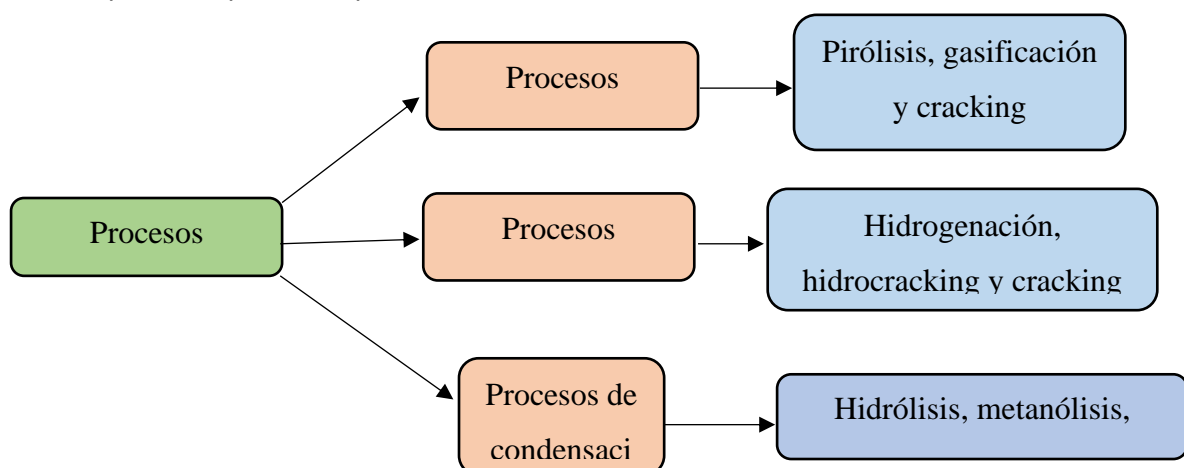
En el tercer movimiento de ellos, se reduce la temperatura a 25°C. Este proceso dura aproximadamente cuatro semanas. Después, se retiran trazas metálicas, vidriosas y demás impurezas. Por último, se realiza una aireación constante para evitar que se produzcan olores (UNED, 2020).

Tratamiento de plásticos: Para tener una gestión adecuada de estos residuos, es necesario partir por 3 procesos:

- **Reciclaje mecánico**: Se realiza un troceado de la materia prima mediante una máquina extrusora y luego se somete a su debido compostaje. Sin embargo, este método puede presentar problemas, debido a que no es funcional para cualquier tipo de plásticos, sólo aquellos que tienen la capacidad de resistir altas temperaturas. Puesto que, al incrementarla en otro plástico, se puede ver alterada las propiedades, quitándoles la oportunidad de ser reutilizables en algún proceso operativo (UNED, 2020).
- **Reciclaje químico**: Es funcional cuando las cadenas poliméricas han entrado en su fase de degradación natural o cuando su caracterización fisicoquímica es difícil identificarla, debido a que tiene una estructuración de varios materiales. Por ende, es necesario llevar a cabo una reacción reversible de la polimerización para poder volverlos a reutilizar. Para ello, es necesario se pueden realizar por diferentes rutas (UNED, 2020). Esto se verá en la figura 10.

**Figura 10.**

Procesos químicos aplicados a plásticos



**Nota.** La figura contextualiza sobre los procesos realizados para el tratamiento de polímeros. Elaboración propia. Tomado de: UNED. (Septiembre de 2020). *Semana de la ciencia*. Recuperado el 8 de Julio de 2021, de <https://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina4.htm>

- Valorización energética: Consiste en la recolección de polímeros degradados, los cuales pasan por un proceso de incineración, con el objetivo de producir energía, sirviendo como combustible debido a su alto potencial energético (UNED, 2020).

Tratamiento de residuos de vidrio: Estos desechos pasan por un proceso de trituración, hasta que su diámetro de partícula se reduce hasta quedar polvo. A esto se le denomina calcín. Posterior a ello, se somete en un horno a temperaturas altas, para pasar por un proceso de moldeado para obtener como resultado recipientes de distintas formas, diámetros y tamaños. Al implementar esto, no sólo se es amigable con el medio ambiente, sino que habría una optimización energética y de costos porque ya no se requiere de utilizar materia prima para el proceso (UNED, 2020).

Tratamiento de desechos de papel y cartón: De estos materiales, se puede recolectar la fibra celulosa que contienen a partir de su sometimiento bajo soluciones en estado acuoso. Estas son tensoactivas que remueven la tinta de estos productos. Luego de ello pasan a un proceso de secado, eliminando la humedad en la superficie y, por último, pasan por rodillos de bola que generan fricción entre sí para compactar el material y dejar como producto láminas de papel y cartón reciclable (UNED, 2020).

Tratamiento de metales: Uno de los más reconocidos son los recipientes de acero en aleación con el estaño. Este material es funcional cuando se reincorpora en el proceso productivo, puesto que permite producir nuevos envases con las mismas propiedades. Al emplearlo, se estima una reducción energética potencial (UNED, 2020).

Para el caso de los recipientes hechos a partir de aluminio, es necesario partir de una separación mediante un mecanismo de corrientes inducidas de Foucault el cual se conecta a cintas transportadoras las cuales tienen dispuestas montajes de electroimanes (UNED, 2020).

Tratamiento de residuos de tetrabrik: El proceso consiste en la separación de fibra celulosa provenientes de los polímeros y del aluminio, empleando un hidropulper de frotamiento. Luego, pasa por un filtro en el que se evidencia la separación entre la celulosa y el agua. Mediante esta técnica se logra el reciclaje del 80% del material. El 20% restante está compuesto de polietileno y aluminio. Para el primer caso, puede

ser empleado como combustible en las industrias cementeras y en cuanto al aluminio, pasa por una oxidación que le permite tener las mismas propiedades de la bauxita (UNED, 2020).

## **1.2 Residuos sólidos en Colombia**

En la década de los setenta, en Colombia comenzó la preocupación por la preservación y protección del medio ambiente. Para ello, se estableció el primer marco legal en el que el cuidado ambiental se vio involucrado. Dentro de ello, se partió por promulgar el derecho de gozar de un ambiente adecuado, buscando un equilibrio entre la vida de las especies que habitan el planeta y el consumo no desaforado de los recursos naturales brindados por la tierra (García & Amaya, 2015). Esto quedó estipulado en el artículo 79 de la Constitución Política de 1991, el cual indica que es un derecho colectivo que debe contemplar obligaciones y deberes ante una sociedad y asegurar su cumplimiento y compromiso por cuidar del planeta. Por otra parte, se establece que el estado es el encargado de planear y poner en práctica acciones, promulgando la mejora continua de la calidad de vida de los habitantes (Constitución Política de Colombia, 2021).

Hoy en día se evidencia la gestión inadecuada de los residuos sólidos, lo que conlleva a serios problemas de índole económica, ambiental y social, en donde se observa la aparición de enfermedades. Adicionalmente, aparece la contaminación de los ecosistemas, incumpliendo el artículo 79. Con relación a esto, es que los residuos sólidos en Colombia cobran una importancia fundamental (Cortés C. , 2018). Puesto que estos desechos al no gestionarlos como debe ser, comienzan a aparecer en las calles contaminando a gran escala, debido a que sus propiedades tanto químicas como físicas no les permite tener un tiempo de biodegradación rápido, lo que permite que cada vez más se vayan acumulando, debido al consumismo excesivo de productos que los generan. Con el paso del tiempo, esto se fue observando como un problema, por lo que como solución se expidió el Código Nacional de Recursos Naturales de 1974 con el fin de decretar normativas promulgando el buen manejo de estos desechos (Rodríguez M. , 2004). Pero ante la ineficacia de esto, se derogó el decreto 2104 de 1983, lo que supuso un panorama aún peor para el ecosistema



urbano (Cortés C. , 2018). Con base en ello es que se llevó a cabo una conferencia con las Naciones Unidas para tratar temas relacionados con el medio ambiente; en ella se expusieron varias alternativas en las que hubiera un desarrollo sostenible, permitiendo la reducción en la producción de los desechos e incrementado sus técnicas de aprovechamiento (ONU, 2020). Luego de ello, los tratados se siguieron llevando a cabo en la Cumbre de Johannesburgo, en donde se analizaron los tratamientos actuales de tratamiento de residuos sólidos y qué nuevas técnicas podrían incluirse para ir mitigando este impacto (Cortés C. , 2018).

El país ha planteado estrategias que involucran el buen manejo de los residuos sólidos, con el fin de brindar un ambiente apropiado. No obstante, las que han sido impulsadas por el estado carecen de eficiencia o no le dan la importancia nacional que requieren para generar un cambio (Cortés C. , 2018).

Ante tales acontecimientos, el Ministerio de Ambiente precisó implementar el tratamiento de residuos sólidos, tratando de darle inclusión a algunas técnicas presentadas en la Cumbre realizada (Cortés C. , 2018). Un ejemplo de ello fue dar cumplimiento a la Resolución 1390 del 2005, en donde se llevaron a cabo reestructuraciones de botaderos a cielo abierto, como lo fue la recolocación de ellos, puesto que muchos de ellos se encontraban en lugares inapropiados (Colombia Presidencia de la República, 2005). Para ello, desde el año 2005 se comenzaron a llevar análisis sobre la información disponible en cuanto a la disposición final de los residuos sólidos. Luego de ello, se llevó a cabo acciones con el CONPES 3874 del 2016, en donde se llevó a cabo la petición de informes con la cantidad de residuos sólidos anuales (CONPES, 2016). No obstante, esta solicitud fue retirada y se involucró a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios para que brindara la información necesaria para poder ejecutar informes de forma anual sobre la disposición final y aprovechamiento de desechos en estado sólido. Estas acciones se llevarían a cabo desde el año 2018 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2020). Para el año 2015, el DANE procedió con un plan de mitigación ambiental a causa de estos residuos, promulgando la Cuenta Ambiental y Económica de Flujo de Materiales, esto bajo el direccionamiento de la OCDE (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2020). Este proyecto partió desde la implementación de mejoras con respecto a la información disponible en la

Superintendencia de Servicios Públicos; para ello, fue necesario contar con el apoyo de la Mesa Nacional de Información de Residuos y del Plan estadístico Nacional. Dicho planteamiento tiene como principal propósito el establecer la trazabilidad de materiales, partiendo de la forma en la que se producen hasta especificar cuál va a ser la disposición que estos tendrán. Teniendo como referente principal la economía desde el punto de vista medioambiental (DANE, 2019). Al utilizar como herramienta la cuenta de producción, se genera un valor agregado en el producto, puesto que mejora las propiedades económicas del sector reciclaje. Además de ello, afecta positivamente a las personas que no cuentan con un ingreso fijo ya que pueden sacar algún provecho de ese excedente generado. Para poder cuantificar la cantidad de residuos provocados, es necesario tener en cuenta dos tipos que se exponen en la tabla 4.

**Tabla 4.**

Tipos de cuantificación de residuos.

Residuos de Intercambio	Esta acción se lleva a cabo a partir de la Red de Intercambio de Residuos. Tiene como objetivo comunicarse con organizaciones que generan desechos de cualquier índole y los promueven a reconsiderarlos nuevamente como materia prima dentro del proceso productivo. Esto con el fin de impulsar el buen manejo de los residuos sólidos, evitando que sean dispuestos en vertederos no convencionales (RSU, 2021). Esto permite la reutilización de los residuos en un 30% (Jiménez, García, & Giraldo, 2016).
Transacciones de Residuos	Brinda la información necesaria, para la comprensión ante la reducción de los recursos naturales que provee el planeta tierra y la concientización industrial para disminuir la explotación de los recursos ecológicos (CEPAL, 2012).

En la cuenta ambiental realizada en el año 2019, se determina que, a comparación del 2018, incrementó la gestión de los residuos en un 41%, pese que en el 2018 se invirtió aproximadamente 224.273 millones de pesos, mientras que para el 2019, se obtuvo un incremento en la valorización anual del 69,5%. Esta gestión se ve involucrada dentro de las actividades ambientales. Dentro del informe se detalla qué cantidad fue invertida en residuos sólidos tanto peligrosos como no peligrosos (DANE, 2020). Esto se puede evidenciar en la tabla 5.

**Tabla 5.**

Gastos de productores de residuos para la protección ambiental

<b>Actividades Ambientales</b>	<b>2018<sup>P</sup> (Millones de pesos)</b>	<b>2019<sup>Pr</sup> (Millones de pesos)</b>	<b>Variación anual (%)</b>	<b>Participación 2019<sup>Pr</sup> (%)</b>
Gestión de residuos no peligrosos	1.746.659	1.723.596	-1,3	35,6
Gestión de residuos peligrosos	1.348.626	1.680.365	24,6	34,7

Como se puede observar, para el año 2019<sup>Pr</sup> la mayor participación con respecto a las actividades ambientales fue el manejo y gestión de residuos no peligrosos, adquiriendo un porcentaje de 35,6% que con respecto al 2018 decreció en un 1,3% en términos de valorización anual. Caso contrario es la gestión de residuos sólidos peligrosos; esta actividad obtuvo una participación de 34,7% y un incremento del 24,6% frente al año 2018 (DANE, 2020).

Los reportes que ha realizado el DANE hacen alusión de que se busca el cumplimiento del objetivo 11.6 de la ODS que trata sobre la recolección y disposición final de los residuos sólidos generados (Pacto Mundial Red España, 2019). Con ello, se busca lo siguiente:

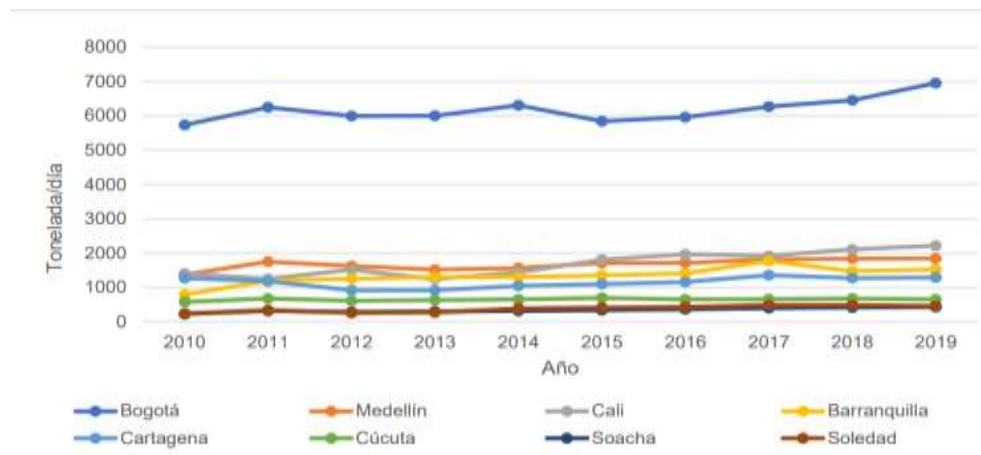
- Implementar acciones que la SSPD establece (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2020).
- Creación de normativas para generar el cumplimiento de la protección ambiental a los sectores generadores de residuos sólidos (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2020).
- Suministro de información sobre la cuantificación anual de desechos sólidos generados (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2020).
- Llevar a cabo estudios teniendo en cuenta escenarios nacionales a nivel local y regional (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2020).

Independiente de lo anterior, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Acodal, sostiene que en Colombia se producen 32 mil toneladas diarias de residuos sólidos (Jiménez, García, & Giraldo, 2016), es decir que se encuentran en un rango de 0,49 a 0,99 Kg por habitante diariamente (Padilla, Jara, & Romero, 2020). Con base a esta cantidad se estima que solo el 85% de ellos pueden ser aprovechados, esto en términos numéricos equivale a 9.617.750. Sin embargo, están siendo depositados en rellenos sanitarios (Jiménez, García, & Giraldo, 2016). En cuanto a la producción anual de ellos, se establece que se obtiene una cantidad de 11.315.000 toneladas de residuos sólidos, de los cuales, con respecto a su caracterización, el 60% de ellos son residuos orgánicos y no reciben ningún tratamiento posterior para poder ser aplicables en el sector agroindustrial como agro insumo o convertirlos en abono (Jiménez, García, & Giraldo, 2016).

Durante el año 2019, se determinó que las ciudades más grandes de Colombia como lo son Bogotá D.C, Medellín y Cali incrementaron su producción anual de residuos sólidos en casi un 60%, de los cuales tan solo el 4,5% han sido dispuesto para su aprovechamiento. Adicionalmente, se determina que, en las ocho ciudades más grandes de Colombia, se producen alrededor de 32294 ton/día de residuos y que en el intervalo histórico hay una variación del 24% con un incremento del 2,7% (DANE, 2020). Aquello se puede apreciar en la figura 11.

**Figura 11.**

Producción de residuos sólidos en las 8 ciudades más grandes de Colombia



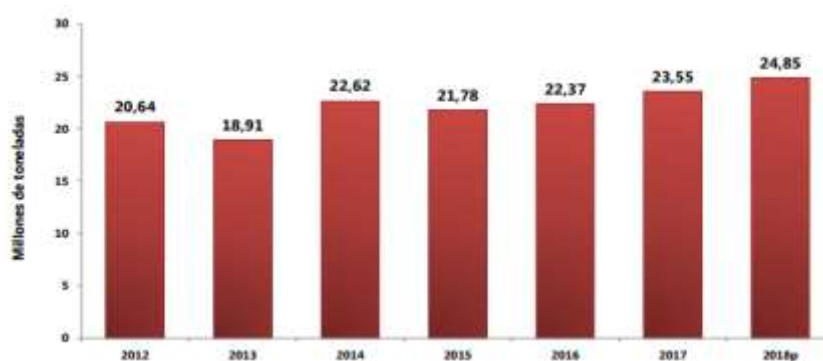
**Nota.** La figura denota la representación gráfica de las principales ciudades de Colombia generadoras de residuos sólidos. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2020). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos*. Superservicios.

### 1.3 Residuos sólidos en Bogotá D.C.

En el caso particular como lo es Bogotá D.C., para el 2018 la acumulación de residuos incrementó a 24,85 millones de toneladas anuales, las cuales dentro de su categorización el 86% corresponde a residuos sólidos, lo que en cantidades cuantificables equivalen a 21,38 millones y el 14% restante hace alusión a los desechos residuales. Es un panorama preocupante, puesto que su comportamiento ascendente con respecto al año anterior es del 5,5% (DANE, 2020). Lo anteriormente mencionado se puede observar en la figura 12.

**Figura 12.**

Residuos sólidos producidos desde el 2012 hasta el 2018 en Bogotá D.C.



**Nota.** La imagen representa gráficamente la cantidad anual de residuos sólidos producidos en Bogotá D.C. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2020). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos*. Superservicios.

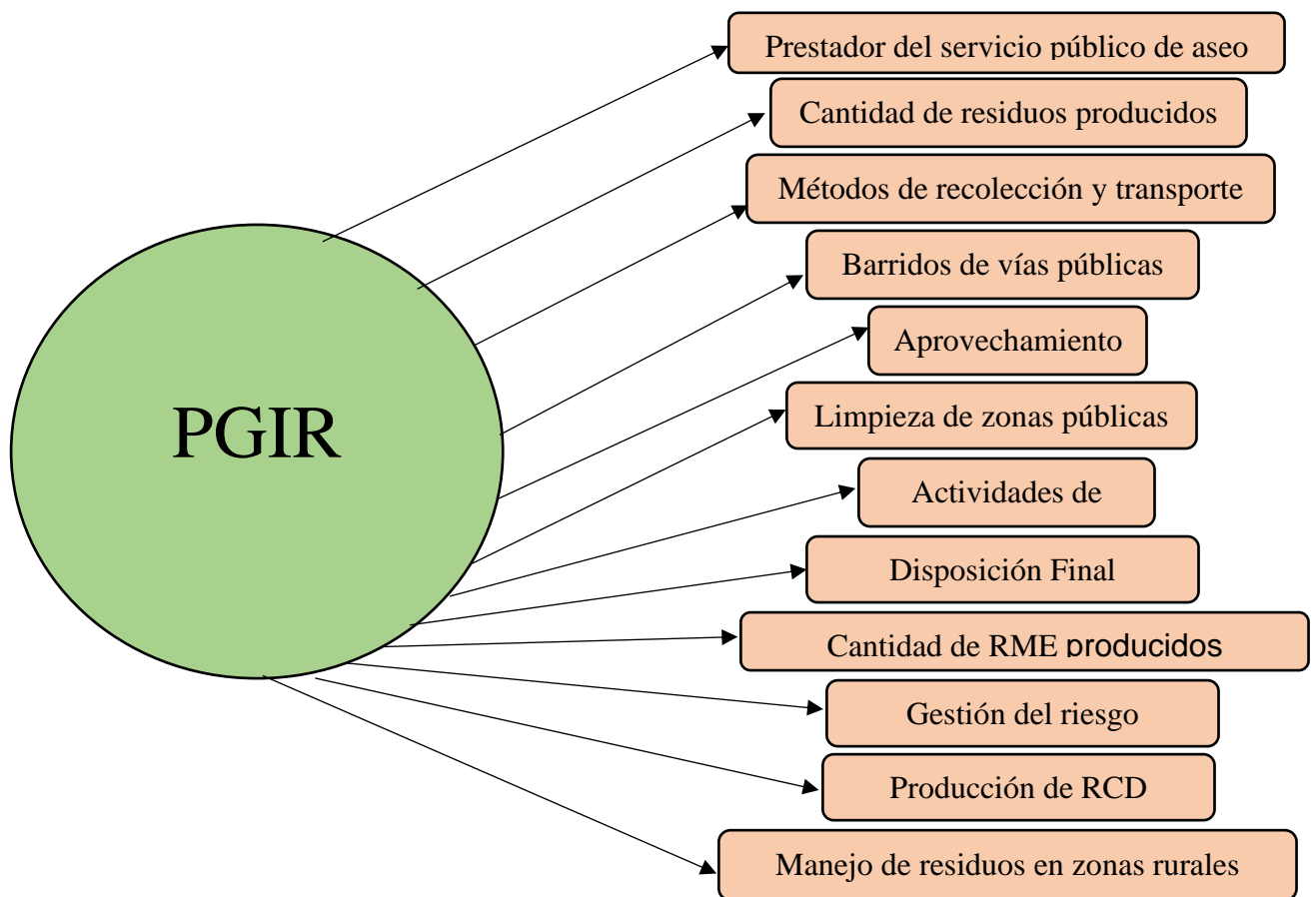
En cuanto a la fuente de los residuos sólidos, se estableció que su generación principalmente proviene de actividades industriales, involucrando cada uno de los sectores económicos con una cantidad de 13,21 millones de toneladas, lo que representa aproximadamente un 53,2% de la totalidad y los 11,64 millones de toneladas corresponden a actividades domésticas que de forma porcentual equivale al 44,6% (DANE, 2020).

Ante la generación de estos residuos, se estableció el PGIR, el cual se propone a plantear objetivos, acciones, programas y propuestas que involucren el manejo adecuado de los residuos sólidos, teniendo en cuenta su origen, caracterización

fisicoquímica y los costos que implican su aprovechamiento. Para llevarlo a cabo, es necesario tener en cuenta aspectos como: transporte, recolección, almacenamiento, modificación estructural y el método de reutilización que se va a realizar (Gaviria, 2020). Este programa se compone por 12 ítems los cuales permiten el desarrollo y efectividad de la planeación, enfatizando en la actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos (Gaviria, 2020).

**Figura 13.**

Aspectos a tener en cuenta para poder lograr el PGIR



**Nota.** La figura ilustra lo que se debe tener en cuenta en el PGIR. Tomado de: Gaviria, C. (2020). *Plan de gestión de residuos sólidos PGRIS de Bogotá: Recomendaciones para adopción y modificación.* Bogotá D.C.: Veeduría Distrital.

En Bogotá el servicio de aseo prestado se lleva a cabo a partir del ASE lo cuales deben encargarse de roles como: Asegurar que se realice la recolección de desechos nos aprovechables, demostrar que las zonas públicas se encuentran limpias, debido

a las actividades de barrido que hacen, la poda de parques y áreas silvestres y el transporte de residuos que tendrán una disposición final (Gaviria, 2020).

El plan de acción inició con planteamientos estratégicos desde el 12 de febrero del 2018 y se dio un plazo hasta el 12 de febrero del 2026 para culminarlo y así poder ofrecer un programa ambiental robusto. Para documentar ello, se creó un contrato de concesión No 344 de 2010, el cual inició el 16 de diciembre del 2016 y tiene vigencia hasta que no hay disponibilidad en los rellenos sanitarios (Alcaldía Mayor de Bogotá, Resolución 472 de 2013, 2013).

La ciudad cuenta con 5 empresas prestadoras de servicio de aseo, las cuales se distribuyen por localidades. Dichas compañías tienen la función de recolectar cualquier tipo de residuo que se encuentren sitios públicos. Esto se ilustra en la tabla 6.

**Tabla 6.**

Compañías prestadoras de servicio de aseo en Bogotá D.C.

Compañía de aseo	Localidad
LIME S.A. E.S.P.	Ciudad Bolívar, Bosa, Tunjuelito, Teusaquillo, Puente Aranda, Los Mártires, Antonio Nariño y Rafael Uribe Uribe (Cortés J. , 2020).
Área Limpia S.A.S. E.S.P.	Suba (Cortés J. , 2020).
Promoambiental S.A.S. E.S.P.	Chapinero, Usaquén, Candelaria, Usme, Sumapaz y San Cristóbal (Cortés J. , 2020).
Bogotá Limpia S.A.S. E.S. P.	Barrios Unidos y Engativá (Cortés J. , 2020).
Ciudad Limpia de Bogotá S.A. E.S.P	Fontibón y Kennedy (Cortés J. , 2020).

Dentro del contrato 344, se establece uncialmente con el CGR Doña Juana S.A E.S.P, implementando la gestión de residuos sólidos mediante el método de enterramiento de desechos. Este aprovechamiento se realiza bajo la modalidad de libre competencia, esto quiere decir que las compañías de las Organizaciones de Recicladores pueden hacer de forma voluntaria el registro ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Gaviria, 2020).

Para el año 2017, hay una producción de residuos sólidos de 28,20 kg/ habitante, lo cual significa que se están generando alrededor de 0,9399 kg/hab/día, lo que en la actualidad, dicha cifra no ha cambiado mucho (Gaviria, 2020).

La primera caracterización de los residuos sólidos se realizó en el año 2017 en un intervalo mensual desde septiembre hasta diciembre, en el cual se tuvieron en cuenta 19 localidades y los 6 estratos. Dentro de dicho análisis, se tuvo en cuenta el material aprovechable y su PPC tanto de desperdicios cuya vida útil ha finalizado como los residuos que pueden ser modificados para un nuevo uso (Consortio NCU - UAESP,, 2018). El estudio consistió en emplear la metodología internacional SWA TOOL, este es un software que permite la clasificación de residuos generados en la capital. Como resultado se obtuvo la generación de 7.000 toneladas de residuos/día, dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana. Cabe resaltar que las muestras fueron caracterizadas desde su origen, más no se tuvo en cuenta qué cantidad fue depositada como material recuperable. Para ello la UAESP calculó que el 30% de estos desechos era re aprovechables (Consortio NCU - UAESP,, 2018). Los resultados se evidencian en la tabla 7.

**Tabla 7.** Composición de residuos sólidos en Bogotá D.C.

Composición	%
Material Textil	4,54
Plásticos	16,88
Material orgánico	51,32
Celulosa	13,67
Vidrios	3,67
Madera	3,36
Finos	1,43
Metales	1,13
Complejos	0,96
Inertes	0,84
Residuos peligrosos	0,61

**Nota.** Tabla alusiva a la cantidad de residuos en Bogotá D.C. Tomado de: Consortio NCU - UAESP,, (2018). Contrato No. 443 de 2017. Bogotá D.C.: NCU- UAESP.



Dentro de su caracterización se evidencia modificaciones con respecto a la reutilización y reciclaje de residuos sólidos, esto es debido a que, en la disposición final de ellos, se hace de una manera en la cual no hay división, por lo que se obtiene la mezcla de componentes que imposibilita su aprovechamiento y reincorporación dentro del proceso productivo. El principal material afectado por estos cambios estructurales es la celulosa (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2016).

Con respecto a la composición molecular de los desechos sólidos, se estableció que el 16,88% de ellos son procedentes de residuos plásticos, los cuales son principalmente generados por el estrato 2. Luego, se tiene la celulosa, representando un 13,67% del relleno, cuya principal producción se enfoca en el estrato 3 (Consortio NCU - UAESP,, 2018).

Por otra parte, la generación de residuos sólidos provenientes de las plazas de mercado, se evaluó que el 66,48% de ellos no pueden ser modificados para reintegrarlos dentro de algún proceso y que den como resultado un producto. El restante de ellos equivale a los residuos orgánicos, los cuales, debido a su caracterización fisicoquímica, permiten que sean sometidos a un proceso de separación, teniendo un aprovechamiento selectivo y así volver a ser comercializados dentro del mercado. Estos desechos son pertenecientes de las frutas y de las verduras (Consortio NCU - UAESP,, 2018).

En cuanto a los residuos hospitalarios, para el 2016 se obtuvo una producción de ellos equivalente a 135.788 toneladas; dentro de su caracterización, se catalogaron como desechos de origen peligroso, obteniendo una participación porcentual de 82,88%. En estos desechos se encontraron instrumentos sin esterilizar, fluidos corporales, material de cirugía y desperdicios orgánicos (Consortio NCU - UAESP,, 2018). Para los residuos infecciosos, se obtuvo una producción de 922.386 toneladas representando un 2,60% de ellos.

### 1.3.1 Tratamiento de residuos sólidos en Bogotá D.C.

El distrito capital, actualmente cuenta con 6 bodegas las cuales son empleadas para la clasificación y reaprovechamiento de basuras. Estos lugares de disposición no suelen ser muy eficientes, puesto que el flujo de residuos que reciben se encuentra limitado y también presentan incumplimientos de los requerimientos establecidos por el Decreto 596 de 2016, como la poca implementación de servicios de gestión para la seguridad industrial que conlleva manipularlos, ni tampoco se tienen muy claros los tipos de controles que se tienen. Esto imposibilita que obtengan la clasificación de ECAs. Sin embargo, este método de tratamiento ha permitido que se obtenga MPA a partir de técnicas de pre-transformación y transformación de ellos. Para lograr esto, se debe tener en cuenta el proceso en el que se logra tratarlos y son los siguientes:

- Clasificación: Los residuos de colores se disponen en canecas de tres colores: blancas, negras y verdes. Dentro de las blancas se podrá disponer material aprovechable, limpio y seco. Un ejemplo de ello sería el plástico, metal, vidrio, papel y cartón (Minvivienda, 2020).

En las canecas negras se deberán verter desechos en los que ya haya culminado su tiempo de vida útil. Ellos son: desperdicios de comida, servilletas, papel higiénico, cartón y papel que ya se haya expuesto a ambientes contaminados. Dentro de ellos, también se podrán disponer materiales de seguridad ante el COVID-19 (Minvivienda, 2020).

En los contenedores verdes se deben arrojar desechos de carácter orgánico que podrían poseer algún reaprovechamiento. Estos podrían ser: restos de comida o desechos provenientes de las actividades de jardinería (Minvivienda, 2020).

El proceso de clasificación es importante, puesto al tener una separación adecuada, se podrá establecer un tratamiento para ellos. En el caso de desechar los residuos en bolsas negras, se disponen en rellenos sanitarios, para someterlos a tratamientos de cielo abierto. Con respecto a los residuos que se encuentren en las canecas blancas, son ubicados en estaciones de aprovechamiento para que vuelvan a ser reincorporados en las operaciones de producción y para las bolsas

verdes, al contener materiales orgánicos, se emplean como abonos, incrementando la fertilidad de suelos (Minambiente, 2021).

- Limpieza/ lavado: Se realiza con el propósito de omitir la actividad de barrido en áreas públicas o en lugares que no tengan la pavimentación adecuada, puesto que esta labor estaba generando mayor cantidad de MP (UAESP, 2020). Por ende, se incluyeron los siguientes métodos:
  - Desempale y lavado: Esta acción es aplicada en muros y en postes que no sean transmisores de energía eléctrica (UAESP, 2020).
  - Retiro de estampillas o ilustraciones: Se retira este tipo de elementos publicitarios dispuestos en lugares públicos que no cuentan con el aval institucional (UAESP, 2020).
  - Lavado con agua a presión: Se emplea esta técnica para remover impurezas sólidas que se encuentran en puentes peatonales, estructuras monumentales, plazas públicas y estaciones de transporte. Al realizar esto, se permite la acumulación de residuos, los cuales posteriormente pueden ser recolectados y clasificados como es correspondiente (UAESP, 2020).
  - Transporte de residuos que se encuentren en cuerpos acuáticos: Se lleva a cabo la recolección de desechos que se encuentren en ríos cauces o lechos, con el fin de hacer un aprovechamiento de ellos y también, mejorar la calidad del agua (UAESP, 2020).
- Empacado: Si dentro de los residuos sólidos, se evidencia que su fuente proviene de los ductos hídricos y que no poseen ningún aprovechamiento, son depositados en recipientes desechables, los cuales se encuentran en las condiciones necesarias para poderle realizar su disposición final como corresponde (Presidente de la República, 2020).

- Embalaje: Es una manera de disponer residuos. Estos generalmente son empaques cuya caracterización molecular deduce que se trata de plásticos. Ellos son dispuestos en contenedores cuyo volumen es lo suficientemente grande como para dar cabida a una gran cantidad de desechos de esta índole (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2017).
- Trituración: Es un método generalmente aplicado a residuos de origen plástico PET. El proceso consiste en reducir el tamaño del desecho, formando láminas de este, con el fin de reincorporarlo dentro del proceso productivo. Este tipo de máquinas funcionan bajo un principio mecánico que se imparte a partir de la inyección de energía eléctrica. Su montaje consiste en tener puesta una serie de cuchillas las cuales se encuentran dispersas en un mismo eje (Tabares, 2017).
- Rasgado: Es una técnica que disminuye y homogeniza el desecho sólido, con el fin de facilitar el procesamiento o disposición final de los residuos. Generalmente, para esta unidad operativa, se emplea un molino el cual funciona para rasgar residuos inorgánicos. Un ejemplo de ellos son piezas metálicas y escombros provenientes de la construcción (Minvivienda, 2020).
- Compactación: El proceso tiene como objetivo facilitar la recolección y el transporte de residuos sólidos. Su funcionamiento parte de un montaje de cilindros hidráulicos, los cuales ejercen presión sobre los residuos sólidos. Este movimiento se realiza desde la tolva de entrada de ellos, hasta el fondo de la caja que está hecha de acero. Esto permita que se reduzca el volumen y aumente su densidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Al hacer esto, se evidencia una optimización en el sistema de cargue y transporte, lo que genera un aumento en la eficiencia de la disposición final del relleno sanitario, puesto que al no realizar esto, se requeriría de un mayor espacio en el lugar. Al realizar esta operación se requiere un volumen de 400 metros cúbicos anuales. En el caso de que no se aplique ello, habría un uso de 1300 metros cúbicos del suelo, lo que en términos de residuos, se recogen 7.800 toneladas/ año. A parte de ello, ofrecen las siguientes ventajas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018):

- Reducción del volumen de los residuos sólidos por emplear cajas compactadoras.
- Hay un transporte efectivo de los residuos sólidos generados.
- Disminución en la ocupación del área del relleno sanitario.
- Se evita el desarrollo de infecciones perjudiciales para la salud.
- Impulsan técnicas de reutilización y reciclaje de materiales.
- No hay contaminación en ecosistemas acuáticos.

En la tabla 8, se ilustra las 6 estaciones de gestión de residuos

**Tabla 8.**

Estaciones de equipamiento y sus procesos

Procesos	Tunjuelito	Usaquén	Kennedy	Engativá	Usme	Puente Aranda
Clasificación						
Limpieza y lavado						
Empacado						
Embalaje						
Trituración						
Rasgado						
Compactación						

**Nota.** Tabla explicativa sobre los procesos de tratamiento de residuos sólidos en diferentes localidades. El color indica qué proceso se está realizando en cada localidad. Elaboración propia. Tomado de: Minvivienda. (7 de Diciembre de 2020). *Desde el primero de enero del 2021 empezará a regir el nuevo código de colores para la separación de residuos*

En Bogotá D.C. existen alrededor de 21.092 recicladores de los cuales 15.709 hacen parte de alguna organización. Cabe resaltar que el proceso de aprovechamiento de residuos sólidos se realiza gracias al papel que tienen estas personas. Al promover ello, impulsan los PGIRS, operando como un grupo enfocado en aspectos socio-ambientales, legales, financieros y administrativos. En la tabla 9, se puede observar la cantidad de bodegas que se tienen para llevar a cabo la recolección, separación y aprovechamiento de desechos sólidos (Gaviria, 2020).

**Tabla 9.**

Número de bodegas para el tratamiento de residuos sólidos

Área (m <sup>2</sup> )	No de bodegas	Bodega privada	Bodega pública
Menor a 150	355	x	
150 - 999	714 privadas – 10 públicas	x	x
Mayor a 1000	5 privadas – 2 públicas	x	x

**Nota.** La tabla explica la cantidad de bodegas con respecto al área. Elaboración propia. Tomado de: Gaviria, C. (2020). *Plan de gestión de residuos sólidos PGRIS de Bogotá: Recomendaciones para adopción y modificación*. Bogotá D.C.: Veeduría Distrital.

Con respecto a la disposición final de los residuos sólidos en Bogotá, se tiene el relleno sanitario Doña Juana, el cual se encuentra ubicado en la Avenida Boyacá tomando la ruta para ir a Villavicencio. Este tratamiento se cataloga como un método combinado, puesto que es necesario emplear tanto terrazas como taludes los cuales facilitan el transporte de lixiviados y la recolección de materiales aprovechables para llevar a cabo la construcción de diques de contención y para reformar lugares de almacenamiento (Gaviria, 2020). La técnica trata en desechar basura de cualquier origen. Una vez depositados, los cubre una capa de tierra y material arenoso, evitando que durante su desintegración haya alguna reacción infecciosa que pueda afectar a las personas. El método se realiza en lugares en donde hay suficiente espacio para depositar los residuos, luego de ello se asegura de que el ambiente se encuentra en un intervalo de temperatura que va desde los 60 hasta los 80 °C, esto con el fin de degradar la materia orgánica presente. Adicionalmente, permite que los microorganismos y agentes patógenos desarrollados lleguen a su fase de muerte, y permite que por acción del calor generado en los residuos que no se descomponen, tengan una reducción en su tamaño alrededor de un 20%, por lo que fue promovido, debido a que solo se hacía un tratamiento de ello mediante su incineración, lo que es generó la necesidad de amplificar otras medidas. Fue impulsada, debido que es más rentable en términos operativos y eficiente en volúmenes pequeños. Sin embargo, esto conllevó a una gran problemática y fue que se produjo un desequilibrio socioambiental, puesto que, en Bogotá, inicialmente este relleno ocupaba 50 m<sup>2</sup>, lo

que en la actualidad está llegando a ocupar alrededor de 600 m<sup>2</sup>. Su impacto ambiental se evidenció desde la falla que hubo al poner arcillas que iban a generar una especie de separación entre el relleno y los cuerpos acuáticos que lo rodean. No obstante, se observó que con el tiempo aparecieron efluentes de residuos presentes en la quebrada Yerbabuena. Ante tal hecho, se realizó la canalización de las zonas hídricas aledañas y adecuaron el relleno de forma piramidal, colocando tubos de hornos en la parte inferior de las basuras y en la zona superior se cubrían de arcilla. Pero esto agravó aún más el problema, porque los lixiviados generados de esta actividad son vertidos en el Río Tunjuelito, lo que ha generado que su funcionalidad acuática sea quebrantada (Camargo F. , 2019).

**Figura 14.**

Relleno Sanitario Doña Juana



**Nota.** Imagen alusiva al estado actual del Relleno Sanitario Doña Juana- Tomado de: LA FM,. (14 de Mayo de 2020). *LA FM*. Recuperado el 8 de Julio de 2021, de <https://www.lafm.com.co/bogota/dura-multa-debera-pagar-el-operador-del-relleno-sanitario-dona-juana>

#### **1.4 Residuos de construcción y demolición en Bogotá D.C.**

En Colombia la gestión de residuos de construcción y de demolición, usualmente como disposición final se suelen verter en escombreras que en ocasiones es controlada su gestión. No obstante, hay evidencia de que esto se realiza en sitios no permitidos, lo que resulta ser una situación tanto económica como ambientalmente no sostenible, puesto que los vertederos cada vez se están perdiendo, lo que crea la necesidad de buscar nuevos lugares para llevar a cabo este tipo de prácticas. Además de ello, se observa que no hay otra técnica eficiente que logre la remoción efectiva de estos desechos, lo que permite afirmar que no adquieren ningún valor de índole productivo (Serrano & Ferreira, 2009).

Por otra parte, se realiza una estimación aproximada de 2480 metros cúbicos anuales de desechos de construcción y demolición, lo que ocasiona una posición alarmante puesto que Cali está catalogada como la segunda ciudad con mayor generación de estos escombros (Salzar, Matthey, Silva, Burgos, & Arjona, 2015).

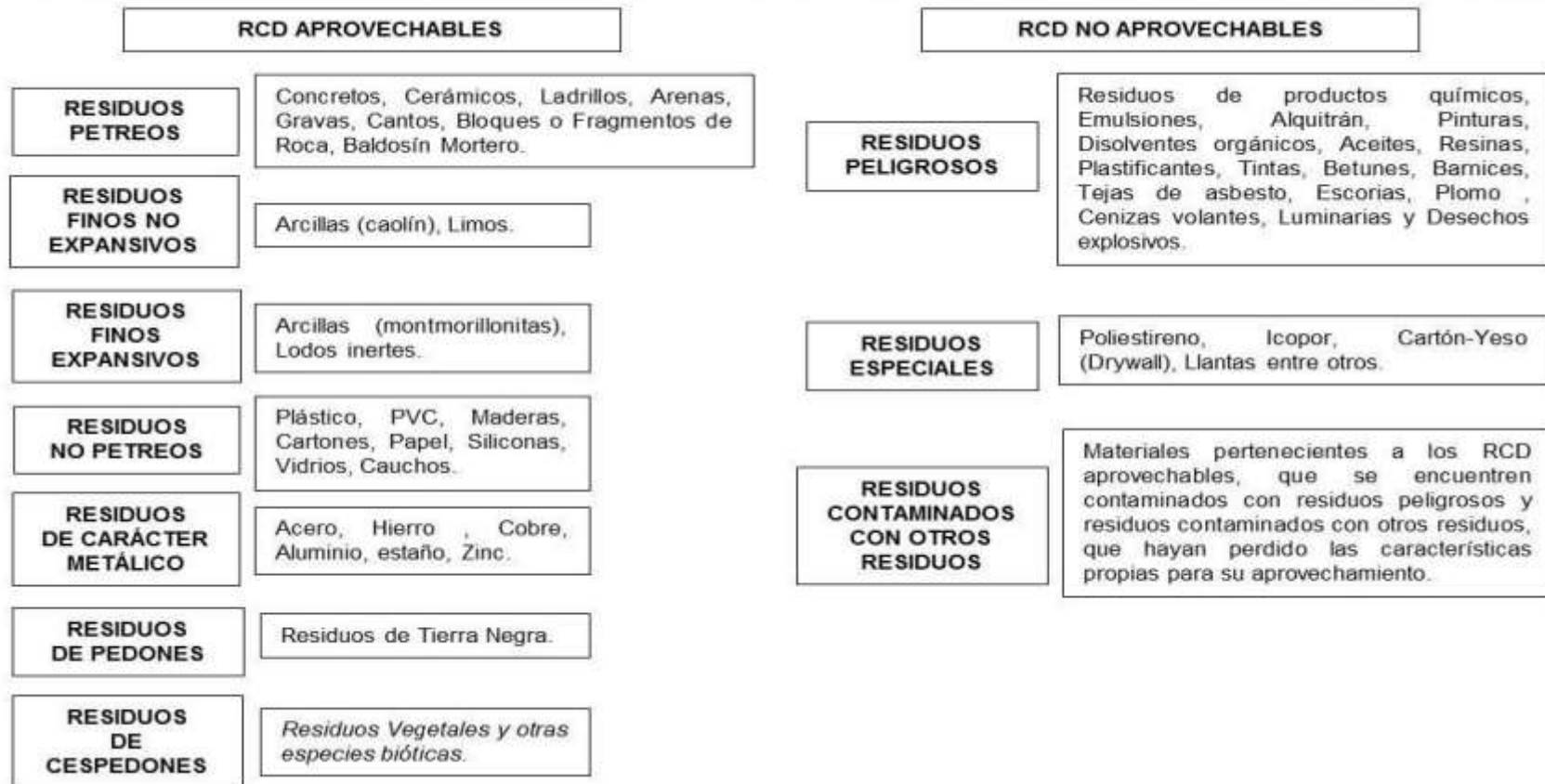
Con respecto a Bogotá, se estima una producción de 12 millones de toneladas anuales de desechos provenientes de la actividad ya mencionada, de los cuales tan sólo 330.000 toneladas poseen una gestión adecuada, esta acción se realiza gracias a la UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos). Adicionalmente, cuenta con 18 lugares que cuentan con el aval y registro como escombreras. El 70% de ellas se encuentran fuera de Bogotá. La capacidad de recepción con la cuentan estos lugares es de aproximadamente 3,8 millones de m<sup>3</sup>, lo que no suele ser muy espaciado a comparación de la producción de ellos, puesto que se estimó que se produjeron 10,6 millones de m<sup>3</sup> de residuos provenientes de la construcción y demolición, de los cuales 3,8 millones de m<sup>3</sup> corresponden al sector público y 6,8 millones de m<sup>3</sup> hacen alusión al sector privado (Marín, 2019). Ante este panorama es que Bogotá está posicionada como la principal ciudad generadora de estos escombros. Además, el restante se encuentra arrojado en 94 lugares ilegales y con una gestión deficiente (Castaño, Rodríguez, Lasso, Gómez, & Ocampo, 2013). Por esta razón se han tratado de implementar planes de acción que mitiguen la problemática naciente de la producción masiva de este tipo de residuos (Sánchez, 2019).



Las entidades que llevan a cabo el seguimiento de los residuos de construcción y demolición son la SDA, la cual tiene en cuenta los residuos que se producen durante la elaboración de obras civiles, puesto que se deben asegurar de que los escombros son transportados de forma adecuada y que su disposición final es eficiente (Marín, 2019). Además de ello, se pone a disposición la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos los cuales realizan la recolección y la deciden sobre la disposición que los escombros tendrán cuando se tienen volúmenes menores o igual o menor a un metro cúbico. Generalmente se tienen estas cantidades cuando se han realizado remodelaciones o modificaciones estructurales que no requieran de algún licenciamiento.

Dentro de su forma de control, se tienen subgrupos denominados Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelito, los cuales tienen integrantes expertos en la gestión de los escombros generados en la obra civil, poniendo en práctica el plan de desarrollo en Bogotá (escombros cero). No obstante, la gestión de ellos es ineficaz, puesto que se han encontrado distribuidos tanto en zonas urbanas como en municipios aledaños a la capital, incluso hay presencia de ellos en humedales, quebradas, ríos y canales, en los cuales no se ha ejercido ningún tipo de control (Forero, 2017). Para ello, realizan una clasificación de residuos, los cuales se pueden evidenciar en la figura 15

**Figura 15.** Clasificación de los residuos procedentes de la construcción y demolición



**Nota.** La figura representa los RCD que podrían ser o no aprovechables. Tomado de: Marín, J. (2019). *Análisis de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en un proyecto institucional: Estudio de caso.* Cali: Pontificia Universidad Javeriana.

Como acción de seguimiento, los residuos procedentes en la construcción deben ser registrados ante el SDA, el cual les brindará un PIN, el cual tiene como propósito brindar el servicio de recolección y transporte de escombros (Forero, 2017).

Una vez son llevados a los lugares en donde tendrán su disposición final, se debe tener un Plan de Gestión Ambiental. En caso tal de que se produzca un volumen mayor a un metro cúbico, la empresa debe contar con su transporte de escombros y reportar la cantidad generada ante la SDA (Forero, 2017).

En los lugares de disposición final ubicados en Cantarrana, Holcim, la Fiscala y San Antonio, registran que existen 1.961 generadores de residuos provenientes de la construcción y la cantidad de vehículos encargados de recolectarlos y transportarlos son aproximadamente 10.605. Para el año 2012 en el hotel Tequendama ubicado en Bogotá D.C, se llevó a cabo diálogos con respecto a la gestión de los residuos procedentes de la construcción, en la cual el proyecto abarcaría una red de nueve plantas en donde se buscaba el aprovechamiento, separación, clasificación y procesamiento de los escombros procedentes de esta actividad. Su nombre es Ciclomat. Actualmente, se tiene una planta móvil con este nombre, la cual no ha reportado ninguna cantidad aprovechada de ellos, ni tampoco es catalogada como un sitio oficial de tratamiento (Forero, 2017)

Hoy en día, la constitución está en busca de la preservación del entorno medio ambiental estableciendo más de 30 disposiciones. Dentro de las cuales se estipula la protección de la función ecológica como propiedad, se decretan los roles del estado en los cuales se determinan que ellos como entes públicos deben velar, manejar y tener un aprovechamiento de cada uno de los recursos naturales y así, generar el impulso legal correspondiente para que la industria y los lugares urbanos asuman posturas ante estos lineamientos (Rodríguez J. , 2020).

La importancia de los residuos provenientes de la construcción y demolición en la ciudad capitalina, inició desde el simposio realizado en el mes de mayo del 2002, en el cual se habló de métodos de construcción sustentable a partir del aprovechamiento de materiales. Por ende, se creó la necesidad de iniciar campañas de manejo de residuos procedentes de la construcción y de la demolición, esto con el fin de lograr

los principios éticos y de sustentabilidad, puesto que, al implementarlo, hay una menor explotación de recursos naturales que generarían buenas prácticas ambientales, dejando a un lado el ciclo de vida de recursos renovables y teniendo en cuenta desechos aprovechables (Forero, 2017).

La disposición final de los residuos de esta procedencia en Bogotá está tan limitada que se están impulsando más hacia el lado de ser no aprovechables, lo que es un escenario preocupante, puesto que hay una ocupación del área de suelos ocasionando que se vea afectada su fertilidad, debido a que aparecen erosiones indeseadas y en los cuerpos acuáticos se encuentra el material suspendido. Además de ello, el polvillo que se produce queda como material particulado en la atmósfera (Forero, 2017).

En Bogotá D.C, la gestión, la forma en que se transportan y la disposición final de los escombros ha ido tomando importancia ya que el DAMA ha estimado que la producción de ellos ha pasado los 35.8 millones de metros cúbicos, panorama que preocupa, puesto que ninguno de ellos está teniendo un tratamiento posterior a su uso. Ante tal cantidad, sólo están teniendo un manejo 915.318 m<sup>3</sup>. Por ende, la ciudad está proponiendo técnicas de investigación en donde se tenga en cuenta principalmente el reaprovechamiento de los escombros generados en Bogotá D.C (Forero, 2017). Para tener un contexto más claro sobre la cantidad de escombros reincorporados de una obra a un proceso productivo, es necesario ver la tabla 10.

**Tabla 10.**

Residuos procedentes de una obra en Bogotá D.C.

Cantidad de materiales empleados para la construcción (m3)	54.233,78
Cuantificación de residuos RCD aprovechados en la obra (m3)	8.896,30
Porcentaje de escombros aprovechados (%)	16,4
Origen de los escombros aprovechados	Petróleo y de la excavación

**Nota.** La tabla representa la cantidad de residuos aprovechados procedentes de la construcción en Bogotá D.C. Elaboración propia. Tomado de: Forero, D. (2017). *Residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá (2013-2014), lineamientos de gestión urbana sustentable*. Bogotá D.C.: Universidad Piloto de Colombia

En cuanto a su disposición final, los productores de escombros llevan los residuos hacia municipios aledaños a la capital. También se han evidenciado estos desechos en zonas ecológicas sin algún seguimiento. Esto se encuentra representando una seria problemática, puesto que están exponiendo varios entornos ambientales, generando inseguridad e incrementando el porcentaje de error en la cuantificación de los residuos de construcción y demolición. Esto es una situación preocupante, puesto que para el año 2020 se estima que haya una población total de 8.380.801, lo que promueve a más actividades relacionadas con obras civiles, generando cada vez más desechos de esta índole (Forero, 2017).

En un estudio realizado por las Secretarías Distritales de Ambiente, Hábitat y Planeación estimó que las construcciones realizadas en la ciudad, están generando alrededor de doce millones de toneladas de RCD anuales. Dicha cifra no es muy exacta, puesto que no hay un control del 100% de los escombros que se producen. No obstante, no se cuenta con los lugares adecuados para realizar su debido tratamiento (Forero, 2017).

En Bogotá, el tratamiento de los escombros provocados está en manos de las organizaciones que producen un volumen mayor a un metro cúbico. Puesto que ellos reportan a la base distrital de datos. No obstante, desde el año 2014, se evidencia que el 30,46% no contempla la producción de desechos (Forero, 2017).

En un estudio realizado sobre la cantidad de residuos tratados, se obtuvo que la localidad de Usme tiene mayor manejo junto con Fontibón. Para el caso de Usme, cuenta con un lugar de disposición final en el cual únicamente es depositado material procedente de la excavación. El sitio no ha llenado su capacidad, debido a que la cantidad de obras civiles que se efectúan allá, no tienen un número significativo. Por ende, hay una falencia en los sitios de disposición final, debido a que están ubicados en donde casi ni hay proyectos de construcción. Un ejemplo de ello es la localidad de Usaquén en la UPZ 13 Los Cedros. Por ende, se observa que la principal producción de ello es en el norte de la ciudad, encontrando que la mayoría de lugares de gestión están localizados en el sur-occidente de la capital (Forero, 2017).

#### **1.4.1 Aprovechamiento de residuos de construcción en Bogotá D.C.**

La compañía Coambiente, reportó que el 30% de los residuos son pétreos y el 70 % corresponden a escombros generados por la excavación. Lo que se propone Bogotá es implementar un sistema de aprovechamiento partiendo desde el sector privado, creando infraestructuras de las cuales contemplen que el 15% de los residuos generados tengan algún tipo de disposición, para lograr que en el 2020 se obtuviera el 60% de ellos tratados. Sin embargo, este no fue el panorama, debido a que desde el 2012 se partió desde un 15%, teniendo un incremento porcentual de un 5%, llegando hasta tener una gestión del 25% (Forero, 2017).

Ante ello, se decide implementar una unidad de trituración la cual posee una capacidad másica de 150 ton/hora, también contar con 75 chasis roll of, 350 contenedores y 50 remolques, lo que en términos de inversión, generaría un costo de 33.675 millones de pesos (Forero, 2017).

Por otra parte, se está evaluando la factibilidad de introducir molineros artesanales hechos a partir de residuos de construcción y demolición. No obstante, al estudiar si es factible, se determinó que no era una alternativa muy segura, debido a que estos serían dispuestos en lugares cercanos a ríos y humedales y no hay 100% evidencia de que sea una manera efectiva de disposición final de residuos (Forero, 2017).

El sistema de disposición final en su mayoría es mediante el vertido y del 5 al 10% tienen a llevar un tratamiento por recicladores los cuales son sometidos a procesos de reutilización. Además de ello, existen empresas que tienen certificados que permiten la comercialización de productos granulares provenientes de los RCD, puesto que hacen cumplimiento a las disposiciones legales colombianas (Forero, 2017).

En la actualidad, se están teniendo retos de revalorización que permitan generar un valor agregado a los residuos sólidos procedentes de la construcción y demolición y realizar campañas promoviendo la disposición de ellos en lugares autorizados (Forero, 2017).

## **1.5 Generalidades de la economía circular de residuos sólidos**

Se define como un proceso que pretende llevar a cabo la transformación de insumos, con el fin de llevar a cabo su reincorporación, dejando a un lado el principio de economía lineal el cual consiste en desechar el residuo debido a que ha culminado su tiempo de vida útil (Cerdá & Khalilova, 2016). La economía circular nace a partir de la problemática con respecto al cambio climático que se está presentando. Tiene como principio reutilizar constantemente los desperdicios provocados a partir de alguna actividad, para posteriormente producirlo como un producto transformado (Graziani, 2018).

Este modelo nace a partir de la escasez de los recursos naturales y el incremento masivo de la tasa poblacional. Por ende, es necesario realizar un cambio en el tipo de economía lineal que se tiene actualmente la cual se basa en la explotación del producto a partir de procesos extractivos, luego generar una producción y, por último, desechar una vez culmine su tiempo de vida útil (Graziani, 2018).

Su necesidad de implementarla se basó en que se quería brindar una sostenibilidad en términos operativos por parte de las industrias, para promulgar el equilibrio entre el consumismo y la preservación de los recursos naturales, lo que conllevó a la propuesta de pasar a un proceso a uno circular. Este término se muestra como una oportunidad y a la vez como un desafío para el crecimiento y desarrollo de una tasa económica. También se observa que al empelarla, hay cambios demográficos, puesto que promueve a la reducción de impactos que son nocivos para el planeta e impulsar la optimización y la eficiencia en cuanto al uso de recursos naturales que se encuentran en agotamiento a causa de su explotación excesiva. Para lograr esto, se comienza a partir de la planeación estratégica de las 3 R, mediante parámetros de sostenibilidad. Por otra parte, los residuos que van a involucrarse nuevamente en la cadena productiva, se pueden emplear de dos maneras: como materia prima o como catalizador (Cerdá & Khalilova, 2016).

Para la gestión de residuos se requiere de un cambio total, lo que conlleva a cambiar la forma en la que se realiza el manejo y el control de estos desechos. Puesto que actualmente sólo se tiene en cuenta la disposición final de ellos. Bajo el modelo de

economía circular se busca llevar a cabo la transformación de estos escombros en recursos que sean provechosos y que puedan brindar algún aporte energético. Esto se hace aplicable, teniendo en cuenta los entornos económicos y sociales. Una vez se realice esto, se busca que con el tiempo el término residuo se modifique y pase a ser materia prima secundaria (Graziani, 2018).

La economía circular deja como ventaja el desarrollo de forma continua, puesto que hay un aumento en la preservación y en el capital natural, para brindar un rendimiento operativo y generando concientización los impactos sobre la tierra. Por ende, es de suma importancia tener en cuenta 3 aspectos fundamentales: preservación del capital natural, control sobre el flujo renovable y optimizar el consumo de recursos naturales. Al realizar ello, se promueve a sacar el mayor provecho a un residuo tanto en procesos técnicos como biológicos. Provocando efectividad en procesos que podrían ser patentados y producir una solución viable a cada problemática que se presente de índole social, económica y ambiental con respecto al consumismo masivo (Prieto, Jaca, & Ormazabal, 2017).

Por otra parte, se define la economía circular como una solución al impacto negativo que ha generado las actividades humanas en el medio ambiente. Este modelo se encarga de elaborar otros productos, dando la oportunidad de provocar un desarrollo en la industrialización de países enfocados en la producción limpia y sustentabilidad, reduciendo riesgos potenciales en términos ambientales, optimización tanto de costos operativos como redes de integración de redes energéticas. Además, se prevé que esta técnica será cada vez más utilizada, debido a que, en estudios mercantiles, se estima que para el 2030 los consumidores aumentarán tres billones, por lo que habrá una mayor demanda (Chaves & Monzón, 2018).

En un análisis realizado por la INA se podría hablar en términos de sostenibilidad ambiental, económica y social, ambos modelos de economía: circular y lineal. Puesto que en la economía lineal se determina que luego de la extracción de recursos naturales deben ser transformados para volver a ser insertados dentro del proceso productivo. No obstante, al implementar esta técnica, se promovió al desarrollo de infraestructura, de maquinaria, reduciendo costos a partir de la generación de tratados comerciales a nivel extranjero, lo que elevó el grado de consumismo a escala mundial,



descuidando el entorno ambiental. Por ende, se dejó a un lado la gestión y reutilización de los residuos sólidos por lo que como resultado, se obtuvo que estos cada vez más se acumularan en lugares poco adecuados. Ante tal acontecimiento es que la economía circular se está logrando ir implicando en el mercado, logrando cumplir con objetivos de sostenibilidad e ir involucrando a las industrias a que sigan el patrón de reciclaje y reutilización que esta técnica se propone, mejorando la capacidad de producción teniendo en cuenta la invención de nuevas tecnologías que reduzcan impactos colaterales al medio ambiente, generando un bienestar social sin dejar a un lado la eficiencia y rendimiento operacional (INA, 2017).

Para que lo anterior se ejecute, se requiere de una transición progresiva, en donde se establezcan medidas de mitigación, reducción y eliminación de desechos sólidos, en busca de la reutilización y reciclaje de ellos. Al tenerla en cuenta como parámetro de sostenibilidad en la gestión de residuos, se puede obtener grandes beneficios como el ahorro permanente de energía, reducción de costos operativos, tanto para los productores como para los consumidores y se denota un alivio de la presión antrópica con respecto a los recursos naturales. Para lograr ello, es necesario incentivar la implementación de nuevas tecnologías, partiendo de la creatividad y competitividad. Se estima que este tipo de economía va a tener cada vez un mayor impacto en los próximos 5 años (Schwab, 2017).

Este modelo de economía circular tiene como fin impulsar el crecimiento en el entorno económico, teniendo en cuenta el cuidado ambiental, dejando a un lado la sobreexplotación de recursos naturales. Adicionalmente, promueve a las industrias a innovar en sus productos, permitiéndoles un valor agregado, encaminado hacia la sostenibilidad. Para ello, es importante identificar políticas basadas en la creación, servicios, aumento de empleos y reciclaje de residuos sólidos. También, se considera fundamental enfatizar en la materia prima empleada para la producción, asegurando que su tiempo de vida útil es prolongable y que puede tener un reciclaje o reutilización, anteponiendo la forma en la que se va a iniciar, su producción y la técnica de gestión que se va a tener en cuenta. Además de ello, la economía circular, supone como una estrategia que conlleva al mejoramiento de los sistemas de gestión ambiental, beneficiando a la compañía y a los clientes, puesto que ya no se requeriría de un

proveedor como tal y habría una reducción significativa de residuos sólidos (Ikaskuntza, 2016).

Cuando se evidencia una disminución de insumos, hay cabida a la regeneración de los ecosistemas naturales, puesto que ya no habría la misma dependencia de ellos. Un ejemplo de los recursos más empleados es: la energía y el agua. Por ende, es necesario comenzar a emplear fuentes renovables que permitan el desempeño sostenible, generando un equilibrio tanto en la demanda como en la oferta, promulgando la minimización de emisiones durante la degradación de contenga el residuo o los impacto ambientales generados desde la extracción de la materia prima, obteniendo un ciclo de producción limpia y acabando con la pérdida de los materiales o acumulación de ellos, los que generalmente son dispuestos para incineración si es que son tratado o sencillamente se desechan para provocar vertimientos de contaminación. Por tal motivo, es necesario innovar en la calidad del producto o servicio ofrecido (Ikaskuntza, 2016).

En lo mencionado, se enfatiza en los requerimientos y necesidades que supliría la implementación de la economía circular, mediante el aprovechamiento de desechos sólidos, garantizando que se dispone de los recursos necesarios para poder solventar con la demanda mundial que se presenta, pensando en las futuras generaciones (Asaff & Salazar, 2019).

En Colombia, la economía circular de los residuos sólidos se estableció desde el año 2016, en el cual se tratan temas relacionados con su aprovechamiento en un porcentaje que va alrededor del 30% (CONPES, 2016). Sin embargo, el país no cuenta con las políticas necesarias que rijan este hecho. Tampoco se establece un plan de gestión adecuado que involucre a los recicladores a manejar actividades de separación de forma efectiva (Asaff & Salazar, 2019).

### **1.5.1 Principios de la economía circular**

Existen 3 principios que son los que principalmente se destacan dentro de este modelo económico:

- Primer principio: Proteger el capital natural, mediante el control de reservas finitas, mediante el control del flujo de los recursos renovables, dando beneficios. Además, se presenta como una técnica optativa para equilibrar el consumo mediante las condiciones adecuadas para la regeneración (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).
- Segundo principio: Buscar la optimización de recursos, empleando los materiales que salen como un subproducto e incrementando su utilidad completa. Por ende, se lleva a cabo la fabricación, restauración y reciclaje para que contribuyan a la economía (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

Los procesos circulares permiten generar reservas energéticas, mediante la extensión de la vida útil reincorporándolo en el proceso productivo. Además, se busca maximizar el uso de residuos de base biológica, extrayendo los componentes bioquímicos, dándoles una función diferente a la inicial (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

Tercer principio: Mejorar la eficacia de todos los sistemas, eliminando acontecimientos externos negativos. En ello se tiene en cuenta los siguientes aspectos: Alimentación al proceso, método de transporte, educación, el grado de sanidad que cuente la empresa y control de factores de riesgo a nivel externo como el suelo, impurezas disueltas en el aire, contaminación del agua y generación de vertimientos cuya composición es de sustancias tóxicas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

**Figura 16**

. Esquema general de economía circular



**Nota.** La imagen expone el proceso de economía circular. Tomado de: EDT. (29 de Mayo de 2019). *The Conversation*. Obtenido de <https://theconversation.com/hacia-una-economia-circular-en-europa-donde-estamos-y-cuanto-nos-falta-117274>

En la tabla 11, se ven los aspectos de la EC que parten de los tres principios mencionados

**Tabla 11.** Aspectos relevantes en la economía circular

Funcionamiento de la economía circular de residuos sólidos	
Eco-concepción	Invencción de un producto que desde el primer instante es ambiental, impartiendo la eficacia y seguridad (Dicam Group, 2019).
Ecología industrial y territorial	Construcción de sociedades sostenibles, donde los desechos se convierten en insumo (Conexiónsan, 2016).
Economía de la funcionalidad	Es el pago que se realiza por un servicio, sin tener una posesión de este, evitando el consumismo desaforado (Eco Circular, 2017).
Segundo uso	Introducir nuevamente en el marco económico productos que ya no hacen parte de las necesidades primarias de los consumidores (Economía Circular, 2020).
Reutilizar	Darles un segundo uso a los residuos generados por un producto inicial, generando nuevos servicios (Economía Circular, 2020).
Reparar	Encontrar la forma de darle uso a elementos que se encuentren deteriorados o rotos (Asaff & Salazar, 2019).
Aprovechamiento	Uso de los materiales en deterioro, a partir de modificaciones estructurales (Asaff & Salazar, 2019).
Valorización	Aprovechamiento energético de residuos que sean reciclables (Economía Circular, 2020).

En la EC es necesario reutilizar materiales desechados como punto central, generándoles un valor agregado mediante su comercialización, puesto que ellos pueden ser empleados como fuente de entrada de un proceso productivo, se reducen costos operativos. Además, permite otorgar un ingreso extra, debido a que puede servir como materia prima en otros procesos operativos (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

Por otra parte, se puede afirmar que esta técnica es funcional, debido a que se evidencia una reducción en la explotación de recursos finitos, involucrando eco-

diseños productivos, generando una disminución del consumo de agua, gas y energía (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

Por otra instancia, permite la reutilización de sus desechos, separándolos desde la fuente y llevarlos a un reciclaje, impartiendo la modalidad en la que el consumidor una vez haya empleado el producto, puede regresarlo a la industria y así, sacar el mayor provecho de este (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

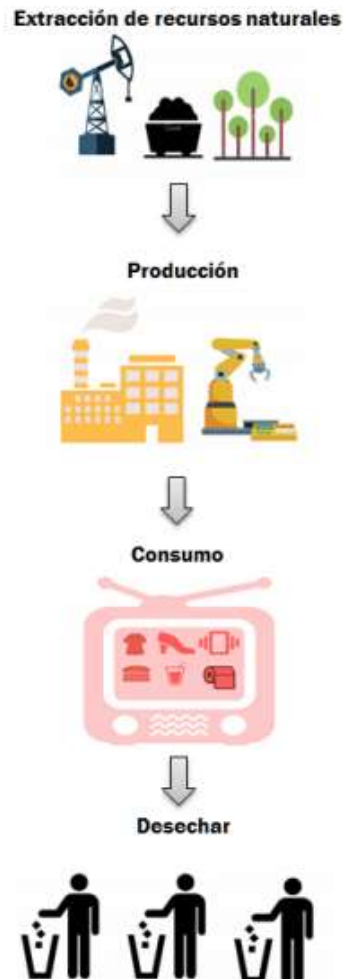
Al llevar a cabo la modificación de residuos, se toma como punto de partida para el desarrollo de la economía circular, puesto que no sólo es amigable con el medio ambiente, sino que también genera la necesidad de ejecutar construcciones de nuevas plantas productivas que se enfoquen en la reutilización y reciclaje de productos, aportando en la generación de empleos y haciendo que los desechos sólidos tomen un rol importante en el PIB (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

Mediante la implementación de la economía circular se establece una relación estrecha entre la sociedad y la industria, puesto que hay interacciones que se llevan cabo durante el proceso de recolección de estos residuos. Para ello se requiere la colaboración de la sociedad. Por ende, es necesario tener encuenra cadenas de intermediación que puedan mantener esta técnica como un acontecimiento competitivo y duradero. Adicionalmente, se denota la solidificación industrial, debido a que es necesario una industrialización avanzada que permita la adecuada transformación de productos residuales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019). En cuanto a las relaciones que se mantienen con los proveedores, se debe cambiar la tendencia lineal que está siendo aplicada actualmente y consista en iniciar con los proveedores de la materia prima que fue extraída de algún recurso natural, luego se comete a transformaciones de tipo físico y químico para poder brindar un producto y, por último, se pone a disposición del cliente y el cual genera el residuo. Este principio no ha sido muy eficiente en la gestión de residuos, por lo que la EC propone que se mantenga ese mismo proceso a excepción de la producción del residuo, pues este podría establecer una comunicación con el proveedor y convertir el residuo en materia prima en alguna parte del proceso. Mediante ello, habría comportamientos dinámicos entre productores, proveedores y consumidores, puesto que da cabida a la generación de

nuevos productos los cuales pueden ser incorporados dentro de la cadena operativa (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

**Figura 17.**

*Representación esquemática del proceso de economía circular*



**Nota.** La figura demuestra el proceso de economía circular de los residuos sólidos. Tomado de: INA. (2017). *Informe Nacional de aprovechamiento*. Bogotá D.C.: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Su aparición es fundamental para generar cambios mundiales con respecto al medio ambiente y sostenibilidad económica, pues esto no sólo busca la reducción de costos operativos, sino que se presenta como un panorama ventajoso desde el punto de vista ambiental puesto que hay una optimización en la producción de desechos y se

maximiza el aprovechamiento de aquellos materiales cuyo tiempo de vida útil ha caducado (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

En Colombia se observa un avance en la transformación de las cadenas de producción a través de la optimización de recursos como lo son: los residuos, el agua, los materiales empleados y la energía requerida en procesos operativos. Con esta iniciativa, el gobierno promulga la innovación y la creación de nuevos sistemas en líneas de producción basándose en principios de optimizar, compartir, realizar el intercambio de tecnologías, el reciclaje y la regeneración de materiales y demás recursos (Ambiente M. d., 2018).

En caso de ser un hecho, habría un mayor emprendimiento laboral, incremento en el valor agregado del producto y el promover el uso de nuevas tecnologías para poder establecer diversas técnicas de producción, a partir del aprovechamiento de productos. Esto alivianaría la carga sobre los rellenos sanitarios. Esto sería beneficioso, puesto que, mediante estudios medioambientales realizados por el Departamento Nacional de Planeación, se estima que en Colombia habrá 321 municipios que se someterán a la pérdida de rellenos sanitarios en los próximos cinco años (Ambiente M. d., 2018). Por ende, es necesario reducir la extracción de materia prima y darles un mayor valor agregado a los residuos generados.

En una estimación económica, se determina que al emplear este modelo habría un ahorro en materia prima de aproximadamente un trillón de dólares y habría la generación de más de 100.000 empleos y así lograr la reducción de 100 millones de toneladas de residuos (Graziani, 2018).

Aunque las estrategias ya implementadas como lo son el reciclaje son primordiales para la economía circular, es necesario limitar la cantidad y capacidad de recirculación de estos recursos. Debido a que en un proceso productivo siempre habrá pérdidas de material ya sea porque la materia prima a reutilizar se encuentra muy desgastado o ha sido víctima de la corrosión (Graziani, 2018).



## 2. CAPÍTULO II. CASOS DE ESTUDIO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA EN RESIDUOS SÓLIDOS

En la tabla 12 se puede evidenciar la revisión documental realizada para llevar a cabo la redacción de los casos de estudio presentados en relación al aprovechamiento de residuos sólidos.

**Tabla 12.**

Revisión bibliográfica de casos de estudio de economía circular de residuos

ítulo	Objetivo	Fuente
El Día de Holanda se centrará en la economía circular de la horticultura	Aplicar el principio de economía, reutilizando materiales residuales para obtener materias primas, dejando a un lado el uso de recursos fósiles, para implementar el uso de la biomasa.	Lozano, A. (23 de Septiembre de 2017). Revistamercados. Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <a href="https://revistamercados.com/dia-holanda-se-centrara-la-economia-circular-la-horticultura/">https://revistamercados.com/dia-holanda-se-centrara-la-economia-circular-la-horticultura/</a>
La transición de Dinamarca: De la incineración al residuo cero	Buscar la independización del uso de combustibles fósiles, empezando por eliminar el proceso de incineración de basuras, promoviendo la generación de biogas, usando residuos orgánicos.	Simon, J. M. (6 de Febrero de 2014). Residuos Profesional. Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <a href="https://www.residuosprofesional.com/la-transicion-de-dinamarca-de-la-incineracion-al-residuo-cero/">https://www.residuosprofesional.com/la-transicion-de-dinamarca-de-la-incineracion-al-residuo-cero/</a>
Basura cero: San Francisco, un modelo a seguir	Implementar un modelo de economía circular, partiendo de la recuperación del 80% de los residuos generados y la generación de nuevas políticas en pro de la sostenibilidad	Redacción perfil. (14 de Julio de 2021). Perfil. Obtenido de <a href="https://www.perfil.com/noticias/sociedad/basura-cero-san-francisco-un-modelo-a-seguir-20140531-0015.phtml">https://www.perfil.com/noticias/sociedad/basura-cero-san-francisco-un-modelo-a-seguir-20140531-0015.phtml</a>
Finding and utilising 'waste' materials for construction purposes	Realizar la construcción de una casa a partir de materiales reciclables, siendo un proyecto amigable con el medio ambiente.	Wermers, C. (2017). Finding and utilising 'waste' materials for construction purposes. Ellen Macarthur Foundation. Recuperado el 17 de Julio de 2021, de <a href="https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/finding-and-utilising-waste-materials-for-construction-purposes">https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/finding-and-utilising-waste-materials-for-construction-purposes</a>

Tabla 12.

(Continuación)

Título	Objetivo	Fuente
The Circular Economy and the promise of glass in concrete	Producir concreto no convencional a partir de los residuos de la industria del vidrio.	Ellen Macarthur Foundation. (2016). The Circular Economy and the promise of glass in concrete. California: Ellen Macarthur Foundation. Recuperado el 17 de Julio de 2021, de <a href="https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/circular-economy/The-Circular-Economy-and-the-Promise-of-Glass-in-Concrete.pdf">https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/circular-economy/The-Circular-Economy-and-the-Promise-of-Glass-in-Concrete.pdf</a>

**Nota.** La tabla ilustra la revisión bibliográfica realizada para obtener los casos de economía circular de residuos. Tomado de: Elaboración propia.

Todas las ventajas que se presentan en la economía circular, fueron estudiadas inicialmente en países como: Holanda, Dinamarca y Estados Unidos. Su impacto ha sido de tal grado que en las ciudades de estos países que más se ha aplicado, se les denominan ciudades circulares (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019). A continuación, se exponen los siguientes casos:

**HOLANDA – AMSTERDAM:** En los últimos años en Holanda se ha tenido un enfoque hacia la sostenibilidad mediante prácticas ambientales, en donde se estableció una estrategia política gubernamental denominada Una Economía Circular en Holanda para el año 2050 (Lozano, 2017). En dicho planteamiento se proponen dos cosas:

- Implementación de proyectos verdes que se enfocan en el uso de insumos, teniendo como prioridad la sostenibilidad (Lozano, 2017).
- Desarrollo de materiales fósiles hacia la biomasa como insumos de materia prima, llamándola bioeconomía. Esta opción tiene en cuenta 5 sectores de la producción industrial: biomasa, elaboración de polímeros, construcción, manufactura y servicios y bienes consumibles (Lozano, 2017).

Holanda es catalogado como uno de los principales países europeos los cuales con el transcurso del tiempo han logrado llevar a cabo labores de alrededor del 80% de los residuos, generándoles un alto valor agregado. A partir de ello, es que han ido elaborando hallazgos sobre implementar una economía circular de insumos partiendo de tecnologías inteligentes. En ello, se ha logrado demostrar mediante la EC, se puede tener un crecimiento para el año 2023 de la economía holandesa en casi 7 billones de euros y generar 54.000 empleos nuevos (Lozano, 2017).

**Figura 18.**

Economía circular en Holanda



**Nota:** La figura representa la economía circular implementada en Holanda. Tomado de: Lozano, A. (23 de Septiembre de 2017). *Revistamercados*. Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <https://revistamercados.com/dia-holanda-se-centrara-la-economia-circular-la-horticultura/>

**DINAMARCA-KALUNDBORG:** En este país se establecieron políticas que regían técnicas de reciclaje que partieran por procesos de separación en la fuente. Esto con el propósito de ir disminuyendo la cantidad de residuos sólidos incinerados e ir dejando de provocar emisiones de gases de efecto invernadero. Por ende, ellos proponen llevar a cabo la categorización de estos desechos, con el fin de aprovechar los recursos y denotar mejoras en los aspectos ambientales, mediante la minimización de la huella de carbono (Simon, 2014).

La problemática de Dinamarca es que es uno de los países promotores en la mayor generación de residuos. Además, es considerado como el principal protagonista en llevar a cabo procesos de incineración de ellos, logrando quemar el 80% de ellos, haciendo que las prácticas de reciclaje tan sólo abarquen el 22% (Simon, 2014).

Mediante nuevas disposiciones impuestas por la Unión Europea, se genera una presión en la mejora de la gestión de indicadores ambientales, por lo que Dinamarca está implementando estrategias las cuales consisten en dejar a un lado el uso de combustibles. Esto se estima estar completado en su totalidad para el año 2050. El plan de acción tiene como nombre Dinamarca sin residuos – Reciclar más, Incinerar menos. Dentro de ello se propone la recolección selectiva de desechos orgánicos para la producción de biogás y compost. A partir de esta iniciativa, se tiene como objetivo a reducir los materiales incinerados a 820.000 toneladas/año. Esto se evidenciará para el año 2022 (Simon, 2014).

La ciudad de Kalundborg es catalogada como la zona costera de Dinamarca, esta se encuentra localizada a 100 km de Copenhague. Este lugar se caracteriza por poseer un Parque Eco-Industrial el cual posee varias empresas las cuales han generado relaciones estrechas entre ellas, relacionando convenios para poder brindar una gestión adecuada de residuos sólidos, reaprovechándolos y convirtiéndolos en materiales fructíferos para servir como materia prima, en donde claramente se evidencia un ejemplo de economía circular (Simon, 2014).

**Figura 19.**

Basura cero en Dinamarca



**Nota.** La imagen representa un modelo de incineración con menos emisiones. Tomado de: Simon, J. M. (6 de Febrero de 2014). *Residuos Profesional*. Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <https://www.residuosprofesional.com/la-transicion-de-dinamarca-de-la-incineracion-al-residuo-cero/>.

**ESTADOS UNIDOS – SAN FRANCISCO:** En esta locación también se evidencia el uso de la economía circular. Esta estrategia fue denominada Zero Waste. El plan de acción consiste en llevar a cabo la clasificación de los desechos sólidos en 3 categorías: residuos orgánicos, desperdicios rechazados y material reciclable. La materia orgánica recolectada se realiza un compost el cual es vendido a los agricultores que poseen viñedos ubicados en California. Gracias a esta iniciativa, la ciudad de San Francisco ha logrado obtener un porcentaje del 60% en la recolección de basuras selectivas en los lugares domésticos y en cuanto a establecimientos comerciales, se ha logrado realizar esto en un 80% (Redacción perfil, 2021).

La ciudad alcanzó metas a partir de la realización de campañas de concientización e implementación de políticas reglamentarias, las cuales al ser incumplidas tendrán multas y penalidades consideradas como severas (Redacción perfil, 2021).

Una de las normas establecidas fue la eliminación del uso de bolsas plásticas en zonas comerciales y en el empaquetamiento de alimentos. Además de ello, se crearon campañas de concientización, las cuales se encargaban de contratar personas especializadas en la gestión de residuos sólidos para que tocaran puerta a puerta para hablar sobre la obligación de separar los residuos según su origen. Por ende, en cada residencia se cuenta con tres contenedores de desechos cuya capacidad volumétrica es de 120 litros. La idea es separar lo reciclable (papel, cartón, botella, aluminio, etc.), en los desechos orgánicos se deben depositar los sobrantes de la comida. Para obtener un acceso a su debida recolección, cada casa debe aportar con 30 dólares mensuales (Redacción perfil, 2021).

Las organizaciones encargadas del reciclaje suelen recuperar entre el 80 a 90% de lo que ingresa. Su separación se realiza inicialmente con máquinas, para luego hacerlo de forma manual. Además de ello, las plantas disponen de lectores ópticos que permiten llevar a cabo la distinción entre el plástico y el vidrio, a partir de un sistema de imanes que tienen la capacidad de eliminar la presencia de algún tipo de metal. Dentro de ello se encontraron del 30 al 50% de residuos compostables. Luego, adquieren un tratamiento de setenta días para ser transformados en humus de calidad que es funcional para poder rellenar terrenos y añadir los nutrientes que se requieren en sitios de cultivos (Redacción perfil, 2021).

**Figura 20.**

Economía circular en San Francisco



**Nota.** La imagen representa el manejo de residuos sólidos en San Francisco. Tomado de: Redacción perfil. (14 de Julio de 2021). *Perfil*. Obtenido de <https://www.perfil.com/noticias/sociedad/basura-cero-san-francisco-un-modelo-a-seguir-20140531-0015.phtml>

**PAÍSES BAJOS – ENSECHEDÉ:** En esta ciudad se encuentra una casa denominada Villa Welpeloo, la cual fue construida en el año 2005 por la Organización de construcción Superuse Studios. Lo característico de esta edificación es que el 60% de la casa está hecha a partir de residuos sólidos provenientes de zonas urbanas. Dentro de esta recolección, se pudo obtener insumos de una calidad aceptable. La casa está compuesta de acero el cual fue obtenido desde una maquinaria empleada para la elaboración de textiles. En cuanto a la madera utilizada en la fachada, se obtuvo a partir de 200 carretes de cables dañados los cuales iban a pasar por un proceso de incineración, para evitar ello se incorporó en la construcción dando uniformidad a la casa. (Wermers, 2017)

Para poder realizar la obra civil, fue necesario tener el conocimiento suficiente en cuanto a la disponibilidad de desechos aprovechables en la ciudad, logrando encontrar una estrategia eficaz para poder realizar la construcción.

Los integrantes del proyecto buscaron mejorar el rendimiento de los recursos adaptándolos lo menos posible. Como ejemplo, se expone la madera que utilizaron no era apta para emplear hasta dentro 35 años. No obstante, emplearon el método denominado Platón, el cual usa tres tipos de calor y volver más maleable este recurso. Cabe aclarar que no se realizó ningún tratamiento químico (Wermers, 2017).

Gracias a este proyecto, se ha logrado establecer un mercado de recicladores, los cuales quieran generar un mayor valor agregado a los residuos que se producen, involucrándolos en este tipo de proyectos en donde se evidencia un claro ejemplo de economía circular (Wermers, 2017).

**Figura 21.**

Villa Welpeloo y la economía circular



**Nota.** En la figura muestran la villa hecha a partir de residuos procedentes de distintos sectores.

Tomado de: Wermers, C. (2017). *Finding and utilising 'waste' materials for construction purposes*. Ellen Macarthur Foundation.

**ESTADOS UNIDOS – CALIFORNIA:** El concreto es un material importante en la construcción de edificaciones y demás obras civiles. La composición de ello es a base de grava, arena, agua y cemento. El inconveniente de este último compuesto es que genera grandes cantidades de dióxido de carbono, puesto que contiene arsénico, cadmio, cromo, mercurio y otros contaminantes altamente tóxicos (Ellen Macarthur Foundation, 2016).



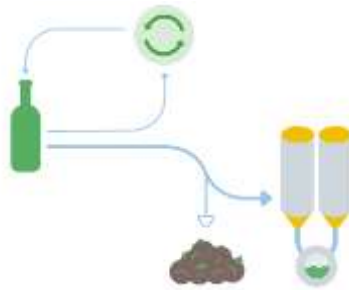
Por otra parte, el vidrio que considerado como un objeto 100% reciclado, se evidencian hallazgos de ellos en calles, dejando a un lado el principio de reciclaje. Por ende, se está llevando a cabo la recolección del vidrio desechado con el fin de utilizarlo como material sustituto para producir el concreto, minimizando la exposición de materiales tóxicos, aportando en actividades de construcción (Ellen Macarthur Foundation, 2016). Las ventajas que el implementar el modelo de economía circular son:

- Reaprovechar ocho millones de toneladas de vidrio que se producen cada año en la ciudad de California (Ellen Macarthur Foundation, 2016).
- Reducción de la demanda de 90 millones de toneladas de cemento y con ello, la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> que equivalen a 20 millones de carros (Ellen Macarthur Foundation, 2016).
- Disminución en la producción de metales pesados tóxicos tanto para la salud como para el medio ambiente (Ellen Macarthur Foundation, 2016).

El descubrimiento inicialmente se realizó en Montreal y en Nueva York, en donde evidenciaron que al sustituir el cemento por vidrio, habría una reducción de emisiones entre el 20 al 40%. Esto es debido a que el vidrio tan sólo requiere 18 kg de CO<sub>2</sub> por cada tonelada de vidrio que a comparación del cemento, se requieren aproximadamente 201 kg de CO<sub>2</sub> por una tonelada de cemento. No obstante, este modelo incrementaría el precio del concreto en un 3%, pero habría una reducción significativa y habría edificaciones sostenibles, lo que evidenciaría que los principios de la economía circular están siendo aplicados (Ellen Macarthur Foundation, 2016). Al utilizar vidrio reciclado para producir concreto, permite a las compañías que desarrollan construcciones a emplear un recurso no tóxico, mayor movimiento en la economía del país.

**Figura 22.**

Economía circular en la industria del concreto



**Nota.** La imagen ilustra la economía circular aplicada a la industria del concreto, Tomado de: Ellen Macarthur Foundation. (2016). *The Circular Economy and the promise of glass in concrete*. California: Ellen Macarthur Foundation. Recuperado el 17 de Julio de 2021, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/circular-economy/The-Circular-Economy-and-the-Promise-of-Glass-in-Concrete.pdf>

### 3. CAPÍTULO III. ESTRATEGÍAS DE ECONOMÍA CIRCULAR IMPLEMENTANDO RESIDUOS DENTRO DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En la tabla 13 puede evidenciar la revisión bibliográfica enfocada en estrategias de economía circular, partiendo de residuos provenientes de otros sectores industriales para la obtención de materiales de construcción.

**Tabla 13.**

*Revisión bibliográfica de estrategias de economía circular de residuos*

Título	Objetivo	Fuente
Toward Green Concrete for Better Sustainable Environment	Identificar las ventajas de implementar el cemento verde para reducir emisiones de dióxido de carbono.	Suhendro, B. (2014). Toward Green Concrete for Better Sustainable Environment. <i>Procedia Engineering</i> , 95, 305-320. doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.190">https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.190</a>
Repair of Deteriorating Pavement Using Recycle Concrete Materials	Establecer la obtención de cemento a partir de materiales residuales provenientes del plástico, desechos de goma.	Rao, R., Krishta, T., & Azman, N. (2016). Repair of Deteriorating Pavement Using Recycle Concrete Materials. <i>Procedia Engineering</i> , 142, 371-382. doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.064">https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.064</a>
Utilization of Plastic Waste in Construction of Roads	Implementar estrategias de obtención de materiales de construcción a partir de residuos plásticos.	Pandi, P., Raghav, S., Selvam, T., & Kumar, U. (2017). Utilization of Plastic Waste in Construction of Roads. <i>IJESC</i> , 7(3), 1-3.
A Review Literature On The Use Of Waste Plastics And Waste Rubber Tyres In Pavement Waste Rubber Tyres In Pavement	Evaluar la forma de producción convencional con respecto a materiales de construcción, empleando residuos sólidos.	Singh, R., & Marik, S. (Abril de 2014). A Review Literature On The Use Of Waste Plastics And Waste Rubber Tyres In Pavement. <i>IJCEM</i> , 1(1), 1-5

Tabla 13.

(Continuación)

Título	Objetivo	Fuente
Binder Design for Asphalt Mixes with Reduced Temperature: EVA Modified Bitumen and its Emulsions	Tener en cuenta el uso de copolímeros, dejando a un lado el uso de mezclas a base de asfalto empleado como material de construcción	Yuliestyan, A., Abad, A., García, M., & Partal, P. (2016). Binder Design for Asphalt Mixes with Reduced Temperature: EVA Modified Bitumen and its Emulsions. <i>Transportation Research Procedia</i> , 3512-3518. doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.319">https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.319</a>
Uso de Residuos Agroindustriales para la Estabilización de Adobes	Utilizar como alternativa el bagazo de agave y poliestireno para la fabricación de materiales empleados en obras civiles	amírez, J., García, J., Carrillo, H., Navarrete, J., Bosco, J., & López, T. (2015). Uso de Residuos Agroindustriales para la Estabilización de Adobes. <i>OmniaScience</i> , 11-30. doi: <a href="http://dx.doi.org/10.3926/oms.241">http://dx.doi.org/10.3926/oms.241</a>
Uso de Materiales Reciclados para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas y Electroquímicas de Concreto Reforzado	Implementar elementos inhibidores de la corrosión a partir de materiales reciclables, permitiendo reducir la contaminación ambiental	Viveros, S., Rivera, I., Alvarez, A., & Menchaca, C. (Marzo de 2015). Uso de materiales reciclados para el mejoramiento de las propiedades mecánicas y electroquímicas de concreto reforzado. <i>Materiales sustentables en la construcción</i> , 61-71. doi:10.3926/oms.244
Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular	Adoptar un modelo de economía circular que permita la producción de materiales de construcción, a partir de materia prima no convencional	Sarabia, A., Sánchez, J., & Leyva, J. (2017). Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular. <i>Respuestas</i> , 6-16. doi: <a href="https://doi.org/10.22463/0122820X.815">https://doi.org/10.22463/0122820X.815</a>

Tabla 13.

(Continuación)

Título	Objetivo	Fuente
Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar	Establecer la factibilidad de producir energía para un mortero a partir de las cenizas procedentes del bagazo de la caña de azúcar	Camargo, P., Pereira, A., Akasaki, J., Fioriti, C., Payá, J., & Melges, J. (2014). Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar. <i>Ingeniería de Construcción</i> , 29(2). doi: <a href="http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000200005">http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000200005</a>
Physical-mechanical Properties and Structure of Wall Ceramics with Composite Additives Modifications	Describir el cambio en las propiedades físicas y mecánicas de la cerámica utilizada para construir paredes, implementando aditivos provenientes de material residual	Zhigulina, A., Montaeov, S., & Sabit. (2015). Physical-mechanical Properties and Structure of Wall Ceramics with Composite Additives Modifications. <i>Procedia Engineering</i> , 896-901. doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.165">https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.165</a>
Evaluation of Different Steel Wastes and its Influence in Ceramic Bricks Shaping by Extrusion	Uso del acero residual en el proceso productivo para la obtención de cerámica en materiales de construcción	Quaranta, N., Pelozo, G., & Díaz, O. (2015). Evaluation of Different Steel Wastes and its Influence in Ceramic Bricks Shaping by Extrusion. <i>Procedia Materials Science</i> , 8, 236-244. doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.069">https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.069</a>
Replacement of the mixing fresh water by wastewater olive oil extraction in the extrusion of ceramic bricks	Producir cerámica a partir del agua residual procedente del proceso de extracción de aceite de oliva	Quesada, E., Iglesias, F., Pérez, L., & Corpas, F. (15 de October de 2014). Replacement of the mixing fresh water by wastewater olive oil extraction in the extrusion of ceramic bricks. <i>Construction and Building Materials</i> , 68, 659-666. doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.017">https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.017</a>

Tabla 13.

(Continuación)

Título	Objetivo	Fuente
Alternative technological approach for synthesis of ceramic pigments by waste materials recycling	Implementar el aprovechamiento de materias primas residuales provenientes de los reactores de las refinerías de petróleo	Doynov, M., Dimitrov, T., & Kozhukharov, S. (abril de 2016). Alternative technological approach for synthesis of ceramic pigments by waste materials recycling. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 55(2), 63-70. doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2016.01.002">https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2016.01.002</a>
A circular economy model of economic growth	Demostrar cómo la economía circular se puede convertir en un modelo ambiental, teniendo en cuenta desechos contaminantes y reaprovechables	George, D., Lin, B., & Chen, Y. (2015). A circular economy model of economic growth. Environmental Modelling and Software, 73, 60-63. doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.06.014">https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.06.014</a>

**Nota.** En la tabla se muestra la revisión bibliográfica realizada para el presente capítulo. Tomado de: Elaboración propia.

Dentro de la revisión, se lograron identificar las siguientes estrategias:

- **Reaprovechamiento de la ceniza volante y puzolanas para la obtención de cemento y hormigón:**

Para el caso de los productos hechos de hormigón y cemento, se tiene que son los encargados de emitir entre el 8 y 10% de dióxido de carbono. Para ello, se han ido generando estrategias que permitan la reducción de costos energéticos. Un ejemplo de ello es la búsqueda de materiales que sustituyan una gran cantidad de cemento. Los materiales óptimos para ello, sería la ceniza volante y puzolanas de origen natural (Suhendro, 2014).

- **Uso de nanotecnología para realizar construcciones eco-eficientes:**

En cuanto al hormigón, se han ido llevando cabo avances de ello, empleando desechos de materiales y nanoconcreto. No obstante, se ha ido desarrollando estrategias que van más allá de los retos de la economía circular y es a partir del uso de la nanotecnología para realizar construcciones que sean eco-eficientes. Principalmente se han ido enfocando en zonas donde hay una alta rentabilidad (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017).

- **Producción de cemento a partir de neumáticos y botellas de plástico, mejorando propiedades mecánicas:**

En la actualidad, se ha logrado producir cemento a partir de desechos de neumáticos y botellas de plástico, reemplazando la adición de la mezcla entre la arena y el grueso, logrando establecer que mediante estas modificaciones, también se obtiene una buena resistencia a la tracción (Rao, Krishta, & Azman, 2016), dando mejoras en el proceso de pavimentación de carreteras en las que se transporta el tráfico liviano (Pandi, Raghav, Selvam, & Kumar, 2017). Además de ello, brinda una reducción significativa a los impactos ambientales que se tienen hoy en día, mediante la generación de grueso convencional (Singh & Marik, 2014).

- **Implementación de polímeros para elaborar bloques de hormigón, denotando mejoras energéticas:**

Se establece la adición de polímeros como lo es el EVA, residuos provenientes de las suelas de los zapatos como una adición de un agente ligero para la elaboración de bloques a base de hormigón. Es una buena estrategia, puesto que brindan una eficiencia energética alta debido a que aseguran el aislamiento térmico en paredes, alejan la contaminación auditiva y disminuyen la temperatura del asfalto (Yuliestyan, Abad, García, & Partal, 2016).

- **Mejoras en las propiedades físicas, químicas y mecánicas, empleando residuos procedentes la piña y polímeros:**

Al realizar la molienda de la piña, se genera un bagazo, el cual junto con el poliestireno y el aserrín se emplean como refuerzo durante la estabilización de adobes (Ramírez, y otros, 2015), haciendo que se obtenga un ascenso en propiedades de origen

químico, físico y mecánico. Además, permite tener una rentabilidad con respecto a los costos del material (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017). Principalmente se utiliza en mayor cantidad el poliestireno, debido a que es un material con una alta ligereza, capacidad de absorber choques y es uno de los mejores aislantes térmicos, por lo que también genera resistencia a los rayos UV (Viveros, Rivera, Alvarez, & Menchaca, 2015). A pesar de haber identificado todas las ventajas que brinda el material, no ha sido muy implementado en las obras civiles, debido a que no se ha estimado el tiempo de vida útil que este nuevo material tiene (Muller, Breiner, Moffatt, & Haist, 2014).

- **Uso de cenizas residuales mejorando propiedades térmicas y mitigando el impacto ambiental:**

Si se llega a utilizar el cemento mezclado con las cenizas volantes y de cenicero, se obtiene una mayor actividad puzolánica, puesto que se cumplen con los parámetros de resistencia y flexibilidad establecidas en la normatividad (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017). Adicionalmente, se están empleando cenizas provenientes de las cañas de azúcar las cuales se consideran como un material alternativo al cemento, debido a que tienen las mismas propiedades y minimiza impactos ambientales (Camargo, y otros, 2014).

Por otra parte, también se han realizado análisis con el uso de las cascarillas de arroz, se puede utilizar como un aditivo que no requiere ningún pretratamiento para la elaboración de morteros ligeros, lo que permite la producción de materiales de construcción, brindándoles propiedades de aislamiento térmico y acústico (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017).

- **Aprovechamiento de residuos procedentes de varios sectores industriales para la obtención de cerámicas, mejorando propiedades mecánicas:**

En el caso de productos hechos de cerámica, se ha logrado establecer como modelo de economía circular, emplear los lodos de aguas residuales urbanas, residuos de la industria cervecera, bagazo de caña, residuos de café, los cuales, al ser mezclados con la arcilla, se pueden producir ladrillos, utensilios de loza y otros productos cerámicos. Este aprovechamiento tiene características mecánicas y térmicas,



manteniendo la contracción lineal. Adicionando estos materiales, se pueden fabricar materiales aligerados. No obstante, la desventaja de emplear aguas residuales, residuos de la cervecería y el bagazo de caña es que, al realizar procesos de combustión de desechos orgánico, baja notoriamente la resistencia a la compresión, lo que altera sus propiedades térmicas. Sin embargo, este no es el caso de los desechos del café, ya que antes aumenta la resistencia térmica y a la compresión (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017).

Al emplear el lodo procedente del agua residual, se emplea como sustituto de la arcilla y la ventaja que brindan es que no se evidencia algún desgaste u alteración en las propiedades mecánicas del ladrillo (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017). Por otra parte, al analizar qué propiedades tienen las cerámicas que son empleadas para construir paredes, se observa que se pueden mejorar si se componen de vidrio en polvo diluido en aceite de petróleo. Esto brinda una optimización energética, puesto que, en la producción de cerámica, la temperatura de cocción oscila entre los 1050 - 1100 °C, esto se vería reducido, teniendo rangos térmicos que van de 100 – 140 °C. Adicionalmente, se logra obtener una mayor resistencia al frío y en cuanto a la densidad y resistencia a la compresión, no se presentaron modificaciones significativas (Zhigulina, Montaeov, & Sabit, 2015).

En la producción de aluminio, hay una generación de materia residual denominada lodo rojo, el cual se ha ido estudiando para ser incorporado como materia prima en la producción de ladrillos de cerámica (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017). Se evidencia que es un material funcional, debido a que al adicionar un 50% en proporción de este material, hay un aumento en la resistencia a la compresión, reduciendo la absorción del agua, debido a que en su fase líquida tiene la capacidad de llenar los poros que se generan (Quaranta, Pelozo, & Díaz, 2015).

La tierra diatomácea generada como residuo en la industria cervecera, puede ser aprovechado junto con los lodos de cal para llevar a cabo la fabricación de bloques de mampostería, los cuales se emplean como muros que dividen una estructura y otra. Emplear estos materiales brinda la ventaja de no evidenciar alabeos, ni laminaciones y mejora la resistencia a la compresión como propiedad mecánica (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017).

Para el caso del agua dulce empleada en la mezcla de ladrillos, se establece que se puede realizar utilizando el agua residual obtenida de la extracción del aceite de oliva (Quesada, Iglesias, Pérez, & Corpas, 2014). Adicionalmente, se ha investigado el cambio del feldespato por cenizas provenientes del arroz, obteniendo una menor porosidad y logrando sustituirse hasta en un 75% (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017).

- **Reutilización de residuos provenientes de la industria petrolera para obtener impulsar la producción más limpia:**

Para llevar a cabo una producción de pigmentos cerámicos, se ha involucrado en el proceso productivo residuos procedentes de reactores en refinerías petroleras, puesto que se tienen elementos como:  $MgO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  y  $HNO_3$ . Estos reactivos fueron mezclados a temperaturas de  $800\text{ }^{\circ}C$  por un tiempo de una hora y se lograron obtener conservando sus propiedades (Doynov, Dimitrov, & Kozhukharov, 2016).

En relación a la economía circular, se observa que la modificación de los procesos operativos en donde se busca que haya mejorías como lo es la producción más limpia, implementando un nuevo sistema económico. Para ello, se realizan bosquejos de campañas de concientización ambiental desde el punto de vista sociocultural. Esto con el fin de obtener una reducción significativa en cuanto a la contaminación, promoviendo estrategias de aprovechamiento de desechos (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017). En caso tal de que no se aplique ello, se van a agotar las reservas naturales, los cuales hacen que decaigan la valorización de residuos (George, Lin, & Chen, 2015), promoviendo la gestión de los insumos y el control de residuos generados (Sarabia, Sánchez, & Leyva, 2017)

#### 4. CONCLUSIONES

- Los residuos sólidos procedentes de la construcción y demolición tienden a generar una acumulación volumétrica significativa, afectando sustancialmente los entornos existentes. Debido a que al realizar el análisis de la gestión que estos reciben, se puede concluir que no es eficiente, por lo que está generando una seria problemática en ámbitos ambientales, sociales y económicos.
- Lo anterior es evidente al determinar que las ciudades más grandes de Colombia son las principales generadoras de residuos sólidos, evidenciando que gracias a ellas hay un incremento anual del 5,5% de desechos. Cabe resaltar que dichos datos pueden tener variaciones, debido a que el DANE no tiene en cuenta la cantidad de escombros que se encuentran en sitios de disposición ilegales.
- Bajo la implementación de una economía circular, no sólo se busca promover una concientización ambiental, sino también generar valor agregado a través de la industria de los residuos, estableciendo estrategias que permitan el reaprovechamiento e incorporación de ellos como insumos dentro de un proceso productivo, haciendo cumplimiento al Objetivo de Desarrollo Sostenible 11.6, el cual se enfoca en ejecutar mecanismos de gestión que permitan la reducción de los desechos de cualquier procedencia.
- En la ciudad de Bogotá el modelo de economía circular se ha visto reflejado mediante la aplicación del principio de las tres R (reducir, reciclar y reutilizar). A pesar de que estas acciones mitigan mínimamente el problema, es necesario incluirlo mediante tecnologías que aporten a su rendimiento, y generar el conocimiento necesario, a partir de capacitaciones a las comunidades sobre la importancia que tiene el buen manejo de residuos sólidos y su ciclo de gestión que va desde la fuente generadora hasta su disposición final.

## BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía de Popayán. (2016). *Servicio ordinario de recolección y transporte de residuos sólidos*. Popayán: Alcaldía de Popayán. Obtenido de <http://www.popayan.gov.co/funcionarios/sites/default/files/files/P-GI-SP-01%20SERVICIO%20RECOLECC%20Y%20TRANS%20DE%20RES%20SO L.pdf>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2013). *Resolución 472 de 2013*. Bogotá D.C.: Unidad Administrativa Especial de Servicios Especiales. Obtenido de [http://www.uaesp.gov.co/uaesp\\_jo/images/resoluciones2013/Resolucion472de2013.pdf](http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/resoluciones2013/Resolucion472de2013.pdf)
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (10 de Agosto de 2019). *Observatorio de Desarrollo Económico*. Recuperado el 12 de Julio de 2021, de <http://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/dinamica-economica-industria/principios-de-economia-circular>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2016). *Plan de Gestión de Residuos Sólidos*. Bogotá D.C.: Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. Obtenido de [https://www.uaesp.gov.co/images/Actualizacion\\_PGIRS\\_20161018\\_Completo .pdf](https://www.uaesp.gov.co/images/Actualizacion_PGIRS_20161018_Completo.pdf)
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2017). *Instrucción para la gestión integral de residuos peligrosos y manejo de sustancias peligrosas*. Bogotá D.C.: Secretaría de Gobierno. Obtenido de <http://gaia.gobiernobogota.gov.co/sites/default/files/sig/instructivo/ple-pin-in002.pdf>
- Alemán, L., Escaltante, A., Vázquez, F., Martínez, M., & Demoss, M. (2016). *Los residuos electrónicos un problema mundial del siglo XXI*. Juárez: CULCyT. Obtenido de [erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1492/1322](http://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1492/1322)
- Alvarado, G. (2018). *Modelo de gestión de residuos sólidos peligrosos generados en la facultad de ciencias médicas de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. HUARAZ- ANCASH: UNASAM. Obtenido de [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3347/T033\\_46424697\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3347/T033_46424697_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Ambiente, M. d. (2018). *Economía Circular en Colombia*. Vitalogic RSU. Obtenido de <https://vitalogicrsu.com/economia-circular-en-colombia/#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20es%20un,m%C3%ADnimo%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20residuos.>
- Ambiente, S. D. (2015). *Decreto 586 de 2015*. Bogotá D.C.: GOV.CO. Obtenido de <http://www.ambientebogota.gov.co/es/web/escombros/conceptos-basicos>
- Arriols, E. (2 de Noviembre de 2019). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/residuos-peligrosos-clasificacion-ejemplos-y-manejo-1782.html>
- Asaff, V., & Salazar, O. (2019). Economía circular: una estrategia aplicable a la gestión integral de los residuos sólidos. *Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial*, 1-14. Obtenido de <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4520/ECONOM%C3%8DA%20CIRCULAR.pdf?sequence=3&isAllowed=y#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20es%20una,a%20partir%20de%20la%20necesidad>
- Báez, A., Martínez, I., & Pérez, D. (2020). *Auditoria ambiental del manejo de los residuos sólidos biológicos infecciosos en el hospital escuela Antonio Lennin Fonseca Martínez, Managua 2019*. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/14018/1/Junior%20Antonio%20B%C3%A1ez%20Rosales.pdf>
- Baquero, C. (2018). GUÍA PRÁCTICA DE MANEJO Y TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CASEROS, EN LA COMUNIDAD DEL BARRIO BELLA FLOR - LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR BOGOTÁ. *Univerisdad Católica de Colombia*, 1-87. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16142/1/GU%C3%8DA%20PR%C3%81CTICA%20DE%20MANEJO%20Y%20TRANSFORMACI%C3%93N%20DE%20RESIDUOS%20S%C3%93LIDOS%20CASEROS%2C%20EN%20LA%20COMUNIDAD%20DEL%20BARRIO%20BELLA%20FLOR%20-%20LOCALIDAD%20CIUDAD%20BOLIVA>
- Bogotá, A. M. (2011). *Resolución 2397 de 2011*. Bogotá: Secretaria Distrital de Ambiente. Obtenido de

- <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/0/RESOLUCI%C3%93N+2397+DE+2011.pdf>
- Calderón, A., Vásquez, B., Vásquez, C., Moreno, D., Ordoñez, M., Rojas, N., . . . Ponce, R. (2018). *Vigilancia de Residuos Sólidos*. Lima: Ministerio de Salud. Obtenido de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4519.pdf>
- Camargo, F. (Diciembre de 2019). El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: la producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019. *Historia Crítica*(7). doi:<https://doi.org/10.7440/histcrit74.2019.06>
- Camargo, P., Pereira, A., Akasaki, J., Fioriti, C., Payá, J., & Melges, J. (2014). Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar. *Ingeniería de Construcción*, 29(2). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000200005>
- Carbajal, M. (2018). *Situación de la gestión y manejo de los residuos sólidos de las actividades de construcción civil del sector vivienda en la ciudad de Lima y Callao*. Lima: Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3215/carbajal-silva-marcia-andrea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castaño, J., Rodríguez, R., Lasso, L., Gómez, A., & Ocampo, M. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes. *Revista Tecnura*, 17(38), 121-129. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v17n38/v17n38a10.pdf>
- CCA. (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte*. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental. Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD003593.pdf>
- CEPAL. (4 de Abril de 2012). *Naciones Unidas*. Recuperado el 27 de Junio de 2021, de <https://www.cepal.org/es/documentos/sistema-de-contabilidad-ambiental-y-economico-2012-marco-central>
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). *Economía Circular*. Barcelona: Economía circular, estrategia y competitividad empresarial. Obtenido de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>

- Cero Grados. (19 de Diciembre de 2014). *Cero Grados Celsius*. Obtenido de <https://0grados.com.mx/cuatro-puntos-clave/>
- Chaves, R., & Monzón, L. (Agosto de 2018). La economía social ante los paradigmas económicos emergentes: innovación social, economía colaborativa, economía circular, responsabilidad social empresarial, economía del bien común, empresa social y economía solidaria. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*(93), 5-50. Obtenido de <https://ojs.uv.es/index.php/ciriecespana/article/view/12901/12078>
- Colombia Presidencia de la República. (2005). *Resolución 1390 de 2005*. Normatividad Colombiana. Obtenido de [https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema\\_Gestion\\_de\\_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad\\_Gnl/Resolucion%201390%20de%202005-Sep-27.pdf](https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Resolucion%201390%20de%202005-Sep-27.pdf)
- Colombia, C. d. (2008). *Ley 1259 de 2008*. Congreso de Colombia. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=34388>
- Conexiónesan. (20 de Abril de 2016). *Esan*. Recuperado el 12 de Julio de 2021, de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/04/la-ecologia-industrial-que-es-y-para-que-sirve/>
- CONPES. (2016). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
- Consorcio NCU - UAESP,. (2018). *Contrato No. 443 de 2017*. Bogotá D.C.: NCU-UAESP. Obtenido de [http://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/Anexo%201.%20Resumen%20ejecutivo%20NCU\\_0.pdf](http://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/Anexo%201.%20Resumen%20ejecutivo%20NCU_0.pdf)
- Constitución Política de Colombia. (2021). *Constitución Política de Colombia Artículo 79 Colombia*. Colombia: Leyes.co. Obtenido de <https://leyes.co/constitucion/79.htm>
- Corrales, L., Antolinez, D., Bohórquez, J., & Vargas, A. (8 de Junio de 2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *Nova*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702015000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702015000200007)

- Cortés, C. (2018). *Estudio de los residuos sólidos en Colombia*. Bogotá D.C.: Casa del libro. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=H99hDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=residuos+s%C3%B3lidos+y+su+problematica&ots=Ovk-VhJrty&sig=3okywmbNmdQZfGIXe8miZ\\_n\\_AyE#v=onepage&q=residuos%20s%C3%B3lidos%20y%20su%20problematica&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=H99hDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=residuos+s%C3%B3lidos+y+su+problematica&ots=Ovk-VhJrty&sig=3okywmbNmdQZfGIXe8miZ_n_AyE#v=onepage&q=residuos%20s%C3%B3lidos%20y%20su%20problematica&f=false)
- Cortés, J. (9 de Septiembre de 2020). *Empresas prestadoras de aseo reabren sus centros de atención al usuario*. Recuperado el 3 de Julio de 2021, de <https://bogota.gov.co/servicios/prestadoras-de-aseo-reabren-sus-centros-de-atencion-al-usuario>
- DANE. (2019). *Cuenta ambiental y económica de flujo de materiales*. Bogotá D.C.: Coletín Técnico. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas\\_ambientales/cuentas-residuos/Bt-Cuenta-residuos-2017p.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuentas-residuos/Bt-Cuenta-residuos-2017p.pdf)
- DANE. (2020). *Cuenta ambiental y económica de las actividades ambientales y transacciones asociadas*. Bogotá D.C.: Boletín Técnico. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas\\_ambientales/cuenta-gasto-actividades-e-impuestos-medio-ambiente/Boletin-cuentas-e-indicadores-de-actividades-ambientales-y-otras-transacciones-conexas-2018-2019pr.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuenta-gasto-actividades-e-impuestos-medio-ambiente/Boletin-cuentas-e-indicadores-de-actividades-ambientales-y-otras-transacciones-conexas-2018-2019pr.pdf)
- Dicam Group. (6 de Junio de 2019). *¿Qué Es La Eco-Concepción?* Recuperado el 12 de Junio de 2021, de <https://dicamgroup.com/2019/06/06/que-es-la-eco-concepcion/>
- Doynov, M., Dimitrov, T., & Kozhukharov, S. (Abril de 2016). Alternative technological approach for synthesis of ceramic pigments by waste materials recycling. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 55(2), 63-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2016.01.002>
- Eco Circular. (3 de 11 de 2017). *El portal de noticias de Economía Circular*. Recuperado el 12 de Julio de 2021, de <https://eco-circular.com/2017/11/03/economia-de-la-funcionalidad-parte-1/>
- Economía Circular. (2020). *Economía Circular*. Recuperado el 12 de Julio de 2021, de <https://economiecircular.org/economia-circular/>



- EDT. (29 de Mayo de 2019). *The Conversation*. Obtenido de <https://theconversation.com/hacia-una-economia-circular-en-europa-donde-estamos-y-cuanto-nos-falta-117274>
- Ellen Macarthur Foundation. (2016). *The Circular Economy and the promise of glass in concrete*. California: Ellen Macarthur Foundation. Recuperado el 17 de Julio de 2021, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/circular-economy/The-Circular-Economy-and-the-Promise-of-Glass-in-Concrete.pdf>
- Eurofins. (14 de Febrero de 2019). *Envira Ingenieros Asesores*. Obtenido de <https://envira.es/es/clasificacion-residuos-tipos-y-caracteristicas/>
- Fernández, L. (2019). *Aplicación de la técnica de reducir, reciclar y reutilizar (3R's) para el desarrollo de los valores de responsabilidad con el medio ambiente de los pobladores de la Banda de Shilcayo, 2017*. Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3622/ING.%20AMBIENTAL%20-%20Lyanne%20Milagros%20Fern%C3%A1ndez%20Pinchi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernandez, R. (2020). *Propuesta de un plan de manejo de residuos hospitalarios en el Centro de Salud Miguel Custodio Pisfil - Monsefu*. Chiclayo: Universidad de Lambayeque. Obtenido de [https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/397/3/Fern%c3%a1ndez%20Pisfil\\_Tesis%20IA.pdf](https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/397/3/Fern%c3%a1ndez%20Pisfil_Tesis%20IA.pdf)
- Forero, D. (2017). *Residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá (2013-2014), lineamientos de gestión urbana sustentable*. Bogotá D.C.: Universidad Piloto de Colombia. Recuperado el 17 de Julio de 2021, de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/3304/00003519.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, J. (2015). *Caracterización de los residuos sólidos ordinarios presentes en el área de interés paisajístico Alonso Vera (Girardot, Cundinamarca) y sus posibles implicaciones ambientales*. Caldas: Luna Azul. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a14.pdf>
- García, M., & Amaya, Ó. (01 de Enero de 2015). Lecturas sobre derecho del medio ambiente. *Universidad Externado de Colombia, XV*. Obtenido de

<https://medioambiente.uexternado.edu.co/lecturas-sobre-derecho-del-medio-ambiente-tomo-xv/>

- Gaviria, C. (2020). *Plan de gestión de residuos sólidos PGRIS de Bogotá: Recomendaciones para adopción y modificación*. Bogotá D.C.: Veeduría Distrital. Obtenido de <https://www.veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/files/Publicaciones%202020/Plan%20de%20Gestion%20de%20Residuos%20Solidos%20Recomendaciones%20para%20modificacion%20y%20adopcion.pdf>
- George, D., Lin, B., & Chen, Y. (2015). A circular economy model of economic growth. *Environmental Modelling and Software*, 73, 60-63. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.06.014>
- Geotecnia. (20 de Mayo de 2020). *Geotecnia*. Obtenido de <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/contraccion-lineal/>
- Gobierno de Aragon. (26 de Marzo de 2021). *Unión Europea*. Obtenido de <https://www.aragon.es/-/residuos-domesticos-y-comerciales>
- Gonzalez, D., & Rico, J. (2018). *Residuo sólidos urbanos como fuente de generación de energía*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18194/91473677.pdf?squence=3&isAllowed=y>
- Graziani, P. (2018). *Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina*. Corporación Andina de Fomento. Obtenido de <http://cdi.mecon.gov.ar/bases/docelec/az4041.pdf>
- Grupo Vento. (6 de Marzo de 2018). Obtenido de Diseño y fabricación de maquinaria industrial: <https://evaporadoresindustriales.grupovento.com/que-son-los-lixiviados/>
- Guerra, E. (2014). Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili , Timor Leste. *Revista Cuabana de Higiene y Epidemiología*, 52(2). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000200011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000200011)
- Gutiérrez, M., & Batallán, C. R. (2012). *Residuos biosanitarios*. CONAMA2012. Obtenido de <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1896707563.pdf>

- Hernández, C., Osiris, N., Vaca, R., Mñarquez, L., & Lugo, J. (2012). Determinación de metales pesados en residuos sólidos y lixiviados en biorreactores a diferentes tasas de recirculación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000500011#:~:text=Los%20metales%20pesados%20\(MP\)%20son,causar%20severos%20problemas%20al%20ambiente.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000500011#:~:text=Los%20metales%20pesados%20(MP)%20son,causar%20severos%20problemas%20al%20ambiente.)
- Hernández, M. (15 de Octubre de 2019). *universitas Miguel Hernández*. Recuperado el 24 de Junio de 2021, de <http://masterresiduos.edu.umh.es/2019/10/15/que-es-la-valorizacion-de-residuos-y-para-que-sirve/>
- Hormigos, F. (2014). *Riesgos en manejo de residuos*. EMT- CBPRL - UCM. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2014-12-17-Tema%207.%20Residuos.pdf>
- Ikaskuntza, E. (2016). *Las Transiciones hacia otras economías*. Eusko Ikaskuntza. Obtenido de <http://base.socioeco.org/docs/la-transiciones-hacia-otras-economias.pdf>
- INA. (2017). *Informe Nacional de aprovechamiento*. Bogotá D.C.: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Obtenido de <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Noticia/Noticias%20de%20interes/2018/Sep/187302.pdf>
- Incinerox. (12 de Abril de 2018). *Incinerox*. Obtenido de <https://incinerox.com.ec/cuales-el-proceso-adecuado-para-el-manejo-de-residuos-solidos/>
- Instituto de Salud Pública. (2017). *Protocolo de manejo de citostáticos en hospitales*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile y Ministerio de Salud. Obtenido de [https://www.ssmc.cl/wrdprss\\_minsal/wp-content/uploads/2017/12/MINSAL\\_ISP\\_MANEJO\\_DE\\_CITOSTATICOS.pdf](https://www.ssmc.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2017/12/MINSAL_ISP_MANEJO_DE_CITOSTATICOS.pdf)
- Jiménez, A., García, E., & Giraldo, a. (2016). *Identificación y formulación de estrategias de divulgación para afianzar la bolsa de residuos sólidos y subproductos industriales (borsi) en el Nodo del Oriente Antioqueño*. Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista. Obtenido de [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1772/1/Divulgacion\\_afianzar\\_BolsaDeResiduosSolidos.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1772/1/Divulgacion_afianzar_BolsaDeResiduosSolidos.pdf)

- LA FM,. (14 de Mayo de 2020). *LA FM*. Recuperado el 8 de Julio de 2021, de <https://www.lafm.com.co/bogota/dura-multa-debera-pagar-el-operador-del-relleno-sanitario-dona-juana>
- León, K. (2018). *Análisis de los diferentes sistemas de certificación en construcción sostenible a nivel mundial y sus perspectivas de aplicación y cumplimiento en Colombia*. Bogotá D.E.: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20417/Le%C3%B3nAr%C3%A9valoKatherineYamile2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20Certificaciones%20de%20sostenibilidad%20son,bajo%20impacto%20ambiental%20%5B4%5D>.
- Lozano, A. (23 de Septiembre de 2017). *Revistamercados*. Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <https://revistamercados.com/dia-holanda-se-centrara-la-economia-circular-la-horticultura/>
- Marín, J. (2019). *Análisis de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en un proyecto institucional: Estudio de caso*. Cali: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el 17 de Julio de 2021, de [http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/12383/Analisis\\_generaci%C3%B3n\\_residuos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/12383/Analisis_generaci%C3%B3n_residuos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Méndez, D. (30 de Enero de 2020). *Numdea*. Obtenido de <https://numdea.com/valor-agregado.html>
- Minambiente. (1995). *Decreto 948 de 1995*. Bogotá D.C.: Constitución Política de Colombia. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec\\_0948\\_1995.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec_0948_1995.pdf)
- Minambiente. (1 de Enero de 2021). *Gobierno de Colombia*. Recuperado el 7 de Julio de 2021, de [https://www.minambiente.gov.co/images/CODIGO\\_COLORES\\_VFF.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/CODIGO_COLORES_VFF.pdf)
- Ministerio de Ambiente. (2018). *Piensa un momento antes de actuar: Gestión Integral de los Residuos Sólidos*. MINAMBIENTE. Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución No 00748*. Bogotá D.C.: ANLA. Obtenido de

[http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/res\\_0748\\_17052018\\_ct\\_1535\\_ct\\_5227.pdf](http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/res_0748_17052018_ct_1535_ct_5227.pdf)

- Minjusticia. (2013). *Decreto 2981 de 2013*. Bogotá D.C.: Sistema único de Información Normativa. Obtenido de <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1505864>
- Minvivienda. (7 de Diciembre de 2020). *Desde el primero de enero del 2021 empezará a regir el nuevo código de colores para la separación de residuos*. Recuperado el 7 de Julio de 2021, de <https://www.minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/desde-el-primero-de-enero-del-2021-empezara-regir-el-nuevo-codigo-de-colores-para-la-separacion-de-residuos>
- Minvivienda. (5 de Octubre de 2020). GOV.CO. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/gestion-de-residuos-solidos/tratamiento-y-disposicion-final>
- Muller, H., Breiner, R., Moffatt, J., & Haist, M. (2014). Design and Properties of Sustainable Concrete. *Procedia Engineering*, 95, 290-304. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.189>
- MYCSA. (8 de Junio de 2020). Tipos de residuos industriales: peligrosos y no peligrosos. *RETEMA*. Obtenido de <https://www.retema.es/noticia/tipos-de-residuos-industriales-peligrosos-y-no-peligrosos-1aqkb>
- Olvera, S. (2014). Operaciones para la gestión de residuos industriales. SEAG0108. En *UF0289. Operaciones para la gestión de residuos industriales*. Málaga: IC Editorial. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uVYpEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=residuos+industriales+s%C3%B3lidos&ots=u6kEyeJwtf&sig=jzJXEnZEA2AaPc3qAsmZR-pT2oc#v=onepage&q&f=false>
- ONU. (2020). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992)*. ONU. Obtenido de <https://research.un.org/es/docs/environment/conferences>
- Orozco, D., Barros, R., Melo, A., & Lora, E. (2017). *Generación de energía a partir de los residuos sólidos urbanos*. ResearchGate. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/312536541\\_Generacion\\_de\\_energia\\_a\\_partir\\_de\\_los\\_residuos\\_solidos\\_urbanos](https://www.researchgate.net/publication/312536541_Generacion_de_energia_a_partir_de_los_residuos_solidos_urbanos)

- Pacto Mundial Red España. (28 de Octubre de 2019). *Empresas y organizaciones ante el ODS 11*. Recuperado el 27 de Junio de 2021, de Pacto Mundial Red España: <https://www.pactomundial.org/2019/10/sector-privado-ante-ods-11/>
- Padilla, B., Jara, J., & Romero, E. (2020). *Caracterización de los residuos sólidos generados en la Universidad Cooperativa de Colombia sede ciencias de la salud Villavicencio - Meta*. Meta. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17750/1/2020\\_caracterizacion\\_residuos\\_solidos.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17750/1/2020_caracterizacion_residuos_solidos.pdf)
- Pandi, P., Raghav, S., Selvam, T., & Kumar, U. (2017). Utilization of Plastic Waste in Construction of Roads. *IJESC*, 7(3), 1-3. Obtenido de <https://ijesc.org/upload/969f5ae45ab9d40c9577024b949482a5.Utilization%20of%20Plastic%20Waste%20in%20Construction%20of%20Roads.pdf>
- Piña, A., Nieto, D., & Robles, F. (2016). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible SETA. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 141-151. doi: 10.20937/RICA.2016.32.05.10
- Ponce, G., & Bonilla, K. (2016). *Manejo de desechos cortopunzantes por parte del personal de salud en un centro de salud pública de Guayaquil*. Santiago de Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6469/1/T-UCSG-PRE-MED-ENF-306.pdf>
- Prado, J. (2018). *Manejo de desechos anátomo patológicos por parte de centros de salud en Quito, ¿vacío legal o normativa sin aplicación?* Universidad Internacional SEK Ser Mejores. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2901/2/TesisJPRADOpp t.pdf>
- Presidencia de la República. (5 de Junio de 2021). *Gub.uy*. Obtenido de <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/node/725>
- Presidente de la República. (2004). *Aprueban el Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos*. Constitución Política de Colombia. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2819.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2819.pdf)
- Presidente de la República. (2020). *Decreto 1713 de 2002*. Bogotá D.C.: Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Obtenido de

- <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/decretos/decreto-1713-de-2002.aspx>
- Prieto, V., Jaca, M. C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Mmeoria Investigaciones en Ingeniería*(15), 85-95. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6296083>
- Quaranta, N., Pelozo, G., & Díaz, O. (2015). Evaluation of Different Steel Wastes and its Influence in Ceramic Bricks Shaping by Extrusion. *Procedia Materials Science*, 8, 236-244. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.069>
- Quesada, E., Iglesias, F., Pérez, L., & Corpas, F. (15 de October de 2014). Replacement of the mixing fresh water by wastewater olive oil extraction in the extrusion of ceramic bricks. *Construction and Building Materials*, 68, 659-666. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.017>
- RAE. (Julio de 23 de 2021). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/bauxita>
- Ramírez, J., García, J., Carrillo, H., Navarrete, J., Bosco, J., & López, T. (2015). Uso de Residuos Agroindustriales para la Estabilización de Adobes. *OmniaScience*, 11-30. doi:<http://dx.doi.org/10.3926/oms.241>
- Rao, R., Krishta, T., & Azman, N. (2016). Repair of Deteriorating Pavement Using Recycle Concrete Materials. *Procedia Engineering*, 142, 371-382. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.064>
- Redacción perfil. (14 de Julio de 2021). *Perfil*. Obtenido de <https://www.perfil.com/noticias/sociedad/basura-cero-san-francisco-un-modelo-a-seguir-20140531-0015.phtml>
- RESPEL. (12 de Febrero de 2018). *Aspectos a considerar en la gestión de los residuos no peligrosos*. Recuperado el 24 de Junio de 2021, de <https://www.respel.cl/ResiduosPeligrosos/2018/02/12/residuos-no-peligrosos-en-chile/>
- Rodríguez, J. (2020). *Algunas disposiciones sobre el manejo de residuos de construcción y demolición en Colombia*. Universidad Externado de Colombia. Bolg: Departamento de Derecho del Medio Ambiente. Obtenido de <https://medioambiente.uexternado.edu.co/algunas-disposiciones-sobre-el-manejo-de-residuos-de-construccion-y-demolicion-en-colombia/>

- Rodríguez, M. (2004). *El Código de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente: el conservacionismo utilitarista y el ambientalismo*. Bogotá D.C.: Universidad Externado de Colombia. Obtenido de <http://manuelrodriguezbecerra.com/bajar/codigo.pdf>
- Rondón, E. (Julio de 2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. CEPAL, 1-211. Obtenido de [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/40407/S1500804\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/40407/S1500804_es.pdf)
- Ropero, S. (27 de Mayo de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/vertederos-que-son-tipos-y-consecuencias-2788.html>
- RSS. (15 de Abril de 2018). *Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad*. Obtenido de <https://www.responsabilidadsocial.net/residuos-que-son-definicion-clasificacion-manejo-y-ejemplos/>
- RSS. (18 de Julio de 2019). *Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad*. Obtenido de <https://www.responsabilidadsocial.net/medio-ambiente-que-es-definicion-caracteristicas-cuidado-y-carteles/>
- RSS. (17 de Agosto de 2019). *Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad*. Obtenido de <https://www.responsabilidadsocial.net/basura-que-es-definicion-clasificacion-manejo-y-ejemplos/>
- RSU. (2021). *Red Provicional de Intercambio de Residuos*. RSU. Recuperado el 27 de Junio de 2021, de <http://www.consorciorsumalaga.com/intercambio/pagina.asp?cod=16>
- Salzar, R., Matthey, P., Silva, Y., Burgos, D., & Arjona, S. (2015). Los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de Cali: un análisis hacia su gestión, manejo y aprovechamiento. *Revista Tecnura*, 19(44), 157-170. doi:doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.2.a12>
- San Juan Reciclados y Demoliciones. (28 de Enero de 2016). *San Juan RD*. Obtenido de <https://www.rdsanjuan.com/residuos-solidos-toxicos-como-identificarlos/>
- Sánchez, R. (2019). *Aprovechamiento y Gestión de Residuos de Demolición y Construcción en la ciudad de Santiago de Cali*. Cali: Universidad Santiago de Cali. Obtenido de <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/625/APROVECHAMIENTO%20Y%20GESTI%C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Sarabia, A., Sánchez, J., & Leyva, J. (2017). Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular . *Respuestas*, 6-16. doi:<https://doi.org/10.22463/0122820X.815>
- Schwab, K. (2017). *Annual Report 2016 - 2017*. World Economic Forum. Obtenido de [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Annual\\_Report\\_2016\\_17.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Annual_Report_2016_17.pdf)
- Secretaria Distrital de Ambiente. (23 de Mayo de 2018). *Ambientebogota*. Obtenido de <http://www.ambientebogota.gov.co/es/web/escombros/conceptos-basicos>
- SEDEMA. (2020). *Tiradero a Cielo Abierto Vs Relleno Sanitario*. Veracruz: Veracruz Gobierno del Estado. Obtenido de <http://repositorio.veracruz.gob.mx/medioambiente/wp-content/uploads/sites/9/2020/03/TiraderoVSRellenoSanitarioP.pdf>
- Serrano, M., & Ferreira, S. (2009). *Aprovechamiento de los escombros para la producción de concreto*. Barranquilla: Red de ingeniería en saneamiento ambiental. Obtenido de <http://www.redisa.net/doc/artSim2009/GestionYPoliticaAmbiental/Aprovechamiento%20de%20los%20escombros%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20concreto.pdf>
- Simon, J. M. (6 de Febrero de 2014). *Residuos Profesional*. Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <https://www.residuosprofesional.com/la-transicion-de-dinamarca-de-la-incineracion-al-residuo-cero/>
- Singh, R., & Marik, S. (Abril de 2014). A Review Literature On The Use Of Waste Plastics And Waste Rubber Tyres In Pavement. *IJCEM*, 1(1), 1-5. Obtenido de <http://ijcem.in/wp-content/uploads/2014/04/A-Review-Literature-On-The-Use-Of-Waste-Plastics-And-Waste-Rubber-Tyres-In-Pavement1.pdf>
- SMV. (6 de Noviembre de 2019). *Servicios Medioambientales de Valencia, S.L.* Obtenido de <https://www.smv.es/residuos-explosivos-que-debes-saber-gestion/>
- Sostenible, M. d. (2017). *Decreto No 1682 de 2017*. Constitución Política. Obtenido de <https://test-www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2020/09/DECRETO-1682-DE-2017-MADS.pdf>
- Sostenible, M. y. (2017). *Resolución No. 472 del 2017*. Colombia: República de Colombia. Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/3a-RESOLUCION-472-DE-2017.pdf>

- Suhendro, B. (2014). Toward Green Concrete for Better Sustainable Environment. *Procedia Engineering*, 95, 305-320. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.190>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2020). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos*. Superservicios. Obtenido de [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2021/Jun/informe\\_df\\_2019\\_final\\_22-12-2020.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2021/Jun/informe_df_2019_final_22-12-2020.pdf)
- Tabares, C. (2017). *Estudio de alternativa al proceso de reciclaje del plástico PET en la Universidad Católica de Colombia*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.
- Togal, P., Cabeza, L., & Magalhães, A. d. (2014). *Eco-efficient construction and building materials*. Woodhead Publishing Limited. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/B9780857097675500285?token=35664D2266FC8C4954158C216F47E2E591A11B061617E886D048097ECE87BD92C88957286F09813C1BB18D7079511EDA&originRegion=us-east-1&originCreation=20210424174528>
- UAESP. (18 de Mayo de 2020). *BOGOTÁ*. Recuperado el Julio de 7 de 2021, de <https://guiatramitesyservicios.bogota.gov.co/tramite-servicio/limpieza/>
- UNAC. (2015). *Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost*. Costa Rica: Universidad Nacional Costa Rica. Obtenido de <https://www.documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNED. (Septiembre de 2020). *Semana de la ciencia*. Recuperado el 8 de Julio de 2021, de <https://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina4.htm>
- Universidad de Concepción. (14 de Julio de 2015). *Clasificación de los residuos químicos*. Obtenido de <http://www2.udec.cl/matpel/wmat/wp-content/uploads/Clasificaci%C3%B3n-Residuos-Qu%C3%ADmicos.pdf>
- Valor Compartido,. (7 de Julio de 2020). *Valor Compartido*. Obtenido de <https://valor-compartido.com/la-importancia-de-los-sistemas-de-gestion-integral-de-residuos-en-las-empresas/>

- Viveros, S., Rivera, I., Alvarez, A., & Menchaca, C. (Marzo de 2015). Uso de materiales reciclados para el mejoramiento de las propiedades mecánicas y electroquímicas de concreto reforzado. *Materiales sustentables en la construcción*, 61-71. doi:10.3926/oms.244
- Wermers, C. (2017). *Finding and utilising 'waste' materials for construction purposes*. Ellen Macarthur Foundation. Recuperado el 17 de Julio de 2021, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/finding-and-utilising-waste-materials-for-construction-purposes>
- Yuliestyan, A., Abad, A., García, M., & Partal, P. (2016). Binder Design for Asphalt Mixes with Reduced Temperature: EVA Modified Bitumen and its Emulsions. *Transportation Research Procedia*, 3512-3518. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.319>
- Zhigue, G. S., & Alaña, T. (2017). El reciclaje: Un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. *Universidad y Sociedad*, 8(3), 1-5. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus05117.pdf>
- Zhigulina, A., Montaeov, S., & Sabit. (2015). Physical-mechanical Properties and Structure of Wall Ceramics with Composite Additives Modifications. *Procedia Engineering*, 896-901. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.165>

## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Aprovechamiento:** Método que se propone a recuperar elementos cuyo origen se da partir de cualquier sector. Para ello, los involucra nuevamente dentro del modelo económico, brindando ventajas amigables con el medio ambiente, empleando técnicas de reciclaje y reutilización (Ambiente S. D., 2015).

**CONTAMINACIÓN:** Se denomina como la acumulación de sustancias de cualquier tipo en todos los entornos ecosistémicos, los cuales causan serias afectaciones a la salud de todas las especies vivientes en el planeta (Minambiente, 1995).

**DISPOSICIÓN FINAL:** Es aquella acción la cual se encarga de la forma en la que se gestionan los residuos generados por distintas industrias (Minvivienda, 2020).

**ESCOMBROS:** Es un residuo procedente de actividades de obras civiles, con una gran variedad de materiales, los cuales se provocan a partir de su deterioro (Secretaria Distrital de Ambiente, 2018).

**GENERADOR:** Es aquella persona que al prestar un servicio relacionado a la elaboración de obras civiles genera desperdicios los cuales deben obtener una disposición final (Secretaria Distrital de Ambiente, 2018).

**GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS:** Hace alusión a la forma en la que se gestionan los desperdicios, en donde lo que se busca es reducirlos para asegurar la calidad de vida y la protección ambiental (Valor Compartido,, 2020).

**LAVADO DE ÁREAS PÚBLICAS:** Eliminación de basura en lugares públicos, mediante la inyección de flujos de agua a alta presión (Presidente de la República, 2020).

**LIMPIEZA DE ÁREAS PÚBLICAS:** Minimización de residuos sólidos, empleando técnicas tanto manuales como mecánicas, sin tener en cuenta el barrido generador de material particulado (Presidente de la República, 2020).

**LIXIVIADO:** Son líquidos producidos por el aglomeramiento de basuras. Este fluido es capaz de pasar por materiales que posean una alta porosidad. Generalmente contienen materia orgánica (Grupo Vento, 2018).

**MANEJO:** Es la manera en la que se gestionan los residuos sólidos provocados por alguna actividad industrial. Este tipo de acciones no incluye desecharlos, sino tratarlos bajo los parámetros establecidos en las normativas existentes (Incinerox, 2018).

**MEDIO AMBIENTE:** Es un entorno que comprende aspectos sociales, culturales y naturales, en donde se contemplan propiedades de carácter físico, químico y biológico (RSS, 2019).

**RECICLAJE:** Es una actividad que consiste en volver a darle uso a aquellos residuos generados, para obtener de ellos algún valor agregado, permitiendo el ofrecimiento de nuevos productos y generar prácticas ambientales adecuadas (Zhigue & Alaña, 2017).

**RECOLECCIÓN:** Es un método de separación en donde se diferencian los residuos ordinarios de los especiales (Alcaldía de Popayán, 2016).

**RECUPERACIÓN:** Eliminación de residuos sólidos, a partir de su reutilización y modificación estructural, para ser insumo dentro de un proceso productivo (Presidente de la República, 2020).

**REDUCIR:** Se trata en minimizar impactos de toda índole, dejando a un lado el principio de consumismo masivo, pensando principalmente en protección y preservación medioambiental (Fernández, 2019).

**RELLENO SANITARIO:** Es un método de tratamiento de residuos sólidos en el cual se gestionan mediante un proceso de compactación, en donde se reduce el volumen de ellos para disponerlos en botaderos (SEDEMA, 2020).

**RESIDUO SÓLIDO APROVECHABLE:** Material u elemento que, al encontrarse en forma de desecho, brinda propiedades de reincorporación dentro de un proceso (Presidente de la República, 2020).

**RESIDUO SÓLIDO NO APROVECHABLE:** Cualquier desecho cuya procedencia puede ser de cualquier sector, el cual no puede volver a introducirse en algún proceso, puesto que no puede ser modificado para brindarle nuevas propiedades (Presidente de la República, 2020).

**RESIDUO SÓLIDO:** Es un elemento que puede estar en fase sólidas o semisólidas, los son producidos en cualquier entorno. No obstante, debe ser dispuesto bajo los requerimientos legislativos vigentes (Calderón, y otros, 2018).

**RESIDUO:** Es cualquier material el cual se cataloga como un producto que no posee algún valor económico, por ende, es desechado en vertederos o enterrados, llevando a cabo procesos de desintegración o degradación natural (RSS, Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad, 2018).

**REUTILIZAR**: Acción que busca sacar el mayor provecho que tenga un producto, sin necesidad de llevar a cabo prácticas de deterioro, vertido o destrucción (Fernández, 2019).

**SERVICIO DE ASEO**: Prestación de un servicio público el cual ofrece servicios de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos generados (Presidente de la República, 2020).

**TIRADERO A CIELO ABIERTO**: Es catalogado como un método de disposición final de residuos, el cual consiste en depositarlos en un lugar que no tenga ningún contacto con la sociedad y están expuesto al aire atmosférico mientras que se va realizando el proceso de descomposición (SEDEMA, 2020).

**TRATAMIENTO**: Son procesos que permiten la modificación de las propiedades de los residuos provocados para obtener un tratamiento adecuado (Presidente de la República, 2020).

**VALOR AGREGADO**: Se cataloga como una ventaja adicional que posee un producto, cuando es sometido a modificaciones estructurales, que le brinda funciones de total aprovechamiento (Méndez, 2020).

**PUNTO DE IGNICIÓN**: Es cuando una sustancia arde y al entrar en contacto con la flama sigue ardiendo durante aproximadamente cinco segundos (Cero Grados, 2014).

**CONDICIONES ANAERÓBICAS**: Son condiciones en las que un organismo genera su propia energía en ausencia de oxígeno (Corrales, Antolinez, Bohórquez, & Vargas, 2015).

**VERTEDERO**: Es un lugar en donde se almacenan los residuos, los cuales pueden ser dispuestos tanto de manera superficial como subterránea, en donde se busca prevenir la contaminación de cuerpos acuáticos y del suelo (Roper, 2020).

**BASURA**: Es cualquier material catalogado como desperdicio que debe eliminarse (RSS, 2019).

**BAUXITA**: Es conocido como el óxido de aluminio que se encuentra de forma hidratada, el cual se encuentra mezclado con el óxido férrico, presentándose en dos colores: gris y rojo (RAE, 2021).

**CONTRACCIÓN LÍNEAL**: Es la medida en cuanto longitud y peso de un prisma hasta el punto de que no haya ninguna variación en ella (Geotecnia, 2020).

## DEFINICIÓN DE SIGLAS

**RP**: Residuos peligrosos.

**ENRESA**: Empresa Nacional de Residuos Radioactivos, Sociedad Anónima.

**RD**: Residuos domésticos.

**RC&D**: Residuos de Construcción y Demolición.

**RAEE**: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

**CONPES**: Consejo Nacional de Política Económica y Social.

**DANE**: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

**OCDE**: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos.

**P**: Provisional.

**Pr**: Preliminar.

**ODS**: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

**SSPD**: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

**Kg**: Kilogramo.

**PGIR**: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

**RME**: Residuos de Manejo Especial.

**ASE**: Áreas de Servicio Exclusivo.

**LIME**: Limpieza Metropolitana.

**S.A**: Sociedad Anónima.

**S.A.S**: Sociedad por Acciones Simplificada.

**CGR**: Centro de Gerenciamiento de Residuos.

**PPC**: Producción Per Cápita.

**UAESP**: Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.

**ECAs**: Escuela de Campo de Agricultores.

**MPA**: Materiales Potencialmente Aprovechables.

**MP**: Material Particulado.

**PET**: Politereftalato de Etileno.

**m<sup>2</sup>**: Metros cuadrados.

**SDA**: Secretaría Distrital de Ambiente.

**PIN**: Número Único de Inscripción.

**DAMA**: Departamento Administrativo del Medio Ambiente.

**INA**: Informe Nacional de Aprovechamiento.

**EC**: Economía Circular.

**PIB**: Producto Interno Bruto.

**EVA**: Etileno Acetato de Vinilo.

**UV**: Ultravioleta.