

UNIVERSIDAD EAN  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADO

ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LOS RESIDUOS DE LOS  
APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA

AUTORES

ALEX FERNANDO GUTIERREZ DUARTE

JOSE NICOLAS ACOSTA PERALTA

JOSE FERNANDO MOTTA MENDEZ

TUTOR

HAMILTON DAVID CARRILLO MERIÑO

BOGOTÁ, 30 de mayo de 2023

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	9
OBJETIVOS .....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos .....	11
JUSTIFICACIÓN .....	12
MARCO CONCEPTUAL .....	14
1. CONCEPTO .....	14
1.1. AEE Y RAEE .....	14
2. CLASIFICACIÓN .....	15
2.1. AEE .....	15
2.2. RAEE .....	17
2.3. Clasificación de AEE en Colombia .....	22
MARCO TEORICO .....	24
1. IMPACTO DE LOS RAEE EN EL AMBIENTE Y LA SOCIEDAD.....	24
2. MANEJO DE LOS RAEE .....	27
2.1 Principios y conceptos de la Gestión Integral de los RAEE .....	30
3. PROYECTOS SIMILARES REALIZADOS ANTERIORMENTE.....	32
ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS .....	34
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES .....	41
1. ASPECTO LEGAL.....	41

2. ASPECTO AMBIENTAL.....	41
METODOLOGÍA .....	43
1. ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN. ....	43
2. VARIABLES .....	44
3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
4. SELECCIÓN DE MÉTODOS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	45
5. PROCEDIMIENTO .....	46
5.1. Planificación.....	47
5.2. Diseño de la solución.....	47
5.3. Implementación.....	48
5.4. Pruebas y validación.....	48
5.5. Despliegue.....	49
5.6. Mejora continua .....	49
ANÁLISIS DE COSTOS.....	51
TABLERO ANALÍTICO .....	53
1. VOLUMEN DE RESIDUOS Y KILOGRAMOS PER CÁPITA.....	54
1.1. Puntos clave a analizar:.....	57
2. VOLUMEN DE RESIDUOS Y KILOGRAMOS PER CÁPITA.....	63
3. MATRIZ DE CORRELACIÓN .....	65
CONCLUSIONES .....	67
REFERENCIAS .....	69

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Categorización AEE .....	16
<b>Figura 2.</b> Metodología de Identificación, clasificación y categorización de los AEE .....	23
<b>Figura 3.</b> Pilares de la gestión integral RAEE.....	30
<b>Figura 4.</b> Panorama global generación de RAEE.....	53
<b>Figura 5.</b> Panorama generación de RAEE en Colombia.....	54
<b>Figura 6.</b> Volumen de residuos por país.....	56
<b>Figura 7.</b> Distribución de residuos por país.....	56
<b>Figura 8.</b> Generación de residuos por año.....	61
<b>Figura 9.</b> Departamentos con mayor generación de RAEE en el 2019.....	61
<b>Figura 10.</b> Departamentos con mayor generación de RAEE en el 2020.....	62
<b>Figura 11.</b> Departamentos con mayor generación de RAEE en el 2021.....	62
<b>Figura 12.</b> Matriz de correlación .....	65

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Categorización de los AEE en la UE según la Directiva RAEE de 2002.....	18
<b>Tabla 2.</b> Categorización de los AEE en la UE según Directiva RAEE de 2012.....	20
<b>Tabla 3.</b> Clasificaciones contaminantes tóxicos .....	26
<b>Tabla 4.</b> Análisis de Costos.....	52
<b>Tabla 5.</b> Residuos por país en miles de toneladas métricas y Kg per cápita. ....	57
<b>Tabla 6.</b> Volumen de Residuos por Departamento .....	63

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Debido al mal manejo de los residuos de los dispositivos eléctricos y electrónicos, gran parte de la población mundial está expuesta a un aire que excede los límites definidos por los expertos, lo cual pone en riesgo la salud de las personas, además, otros ambientes como los ecosistemas han sufrido daños a causa de esto, causando que las especies se tengan que adaptar a vivir en condiciones peligrosas.

Por lo que, este proyecto buscó determinar los impactos ambientales de los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Colombia durante los últimos 3 años por medio de un análisis y el diseño de un tablero para identificar las problemáticas asociadas a su producción, consumo y disposición final, y proponer recomendaciones para reducir su impacto negativo.

## **ABSTRACT**

Due to the mismanagement of waste from electrical and electronic devices, a large part of the world population is exposed to air that exceeds the limits defined by experts, which puts people's health at risk, as well as other environments such as Ecosystems have suffered damage because of this, causing species to have to adapt to living in dangerous conditions.

This is why, this project aimed to determine the environmental impacts of Electrical and Electronic Equipment Waste in Colombia during the last 3 years through an analysis and the design of a dashboard to identify the problems associated with its production, consumption, disposal, and propose recommendations to reduce its negative impact.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de los desechos de los dispositivos eléctricos y electrónicos hace parte del ciclo de vida de estos, sin embargo, las empresas y los gobiernos tienden a no darle importancia, pues consideran que esto no agrega valor. Además, a medida que pasa el tiempo estos dispositivos se vuelven obsoletos cada vez más rápido, lo cual aumenta los desechos de estos, y el no tener una buena gestión hace que la población y los ecosistemas sufran al tener que vivir en un ambiente donde la calidad del aire no es buena debido a los químicos que los desechos emiten.

Con el objetivo de analizar el impacto ambiental generado por los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Colombia, se consideró importante diseñar un tablero que permita analizar la gestión de estos desechos.

Esto permitirá ver como se manejan los residuos de los RAEE en el país para poder reconocer las problemáticas principales relacionadas a la producción, consumo y disposición final de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

En función de analizar el impacto que tienen en la comunidad, ecosistemas, etc. Y proponer recomendaciones para una mejor gestión, nos ocuparemos de examinar el tablero diseñado, las leyes y regulaciones actuales para la gestión de los deseos, y la infraestructura para este proceso.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El mundo actual enfrenta un problema de grande envergadura causada por el desarrollo industrial y el ser humano, denominado contaminación ambiental. Según la Organización de Naciones Unidas (2022) cerca del 99% de la población mundial está rodeado por un aire que supera los límites establecidos por los expertos, lo que se podría considerar perjudicial para la salud. Sin embargo, no es el aire lo único que se ha venido afectando en los últimos años de forma exponencial, ecosistemas enteros han tenido que adaptarse a unas condiciones de vida que resultan desafiantes y peligrosas.

Una de estas fuentes de contaminación que se viene observando con gran detenimiento está relacionado con los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Estos residuos son dispuestos en lugares donde sus componentes causan contaminación de ecosistemas enteros y, además, llegan a presentar un riesgo para la salud humana. Parte de estos residuos no son gestionados de manera óptima debido a la falta de conciencia ambiental, mientras que en la gran mayoría se debe a falta de información sobre los peligros que estos pueden causar.

Según la Organización de Naciones Unidas (ONU) este tipo de contaminación se caracteriza por la mala gestión que se les da a estos residuos. Un ejemplo de esta situación es que en los hogares donde no se tiene conocimiento sobre los impactos negativos que causa la exposición de los componentes de los Residuos de Aparatos Eléctrico y Electrónicos se disponen en la caneca de basura dispositivos de pequeño tamaño como celulares, radios, utensilios de cocina, etc. junto con los desechos

cotidianos del hogar. Al final estos residuos son dispuestos en vertederos como el relleno sanitario o en el peor de los casos las alcantarillas de la ciudad y terminarán exponiendo sus contaminantes a la atmosfera o recursos hídricos causando riesgos para la salud humana y los ecosistemas.

Es por esto por lo que el presente trabajo de investigación se basa en la pregunta problema ¿Cuáles han sido los impactos ambientales de los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Colombia durante los últimos 3 años?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Analizar a través del uso de un tablero el impacto ambiental que ha generado los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) durante los últimos 3 años en Colombia.

### **Objetivos específicos**

- Reconocer las principales problemáticas asociadas a la producción, consumo y disposición final de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) en Colombia.
- Desarrollar un tablero analítico que permita la visualización de los impactos ambientales que generaron los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) durante los últimos 3 años en Colombia.
- Identificar el impacto ambiental que ha generado en los últimos 3 años los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Colombia por medio de las diferentes fuentes de información como el DANE, MINCIT y MINAMBIENTE.

## JUSTIFICACIÓN

Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) se han convertido en una parte esencial de nuestra vida cotidiana, ya que los usamos para comunicarnos, trabajar, entretenernos, cocinar, iluminar nuestros hogares y realizar muchas otras actividades. Sin embargo, la producción, consumo y disposición final de los AEE también tiene un impacto negativo significativo para el medio ambiente y la sociedad.

La producción y consumo de los AEE ha crecido de manera exponencial en las últimas décadas. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la cantidad de residuos electrónicos generados en el mundo aumentó en un 21% entre 2014 y 2019, llegando a un total de 53,6 millones de toneladas. Además, la producción de los AEE implica el uso de recursos naturales limitados, la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación del aire y del agua, y la generación de residuos tóxicos y peligrosos.

En este sentido, se utilizará la información asociada a la importación de los RAEE, basándose en la información suministrada por las fuentes oficiales como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MINCIT) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE), con el fin de entender mejor los efectos de su producción, consumo y disposición final en la economía, la salud humana, la biodiversidad y el cambio climático.

La razón para realizar este proyecto tiene que ver con el aumento en la rapidez en que los AEE se vuelven obsoletos, es decir, que ya no reciben actualizaciones ni servicio técnico, por lo que las personas se ven obligadas a reemplazarlos, sin embargo, muchas empresas no consideran que gestionar estos desechos también hace parte del ciclo de vida de estos productos, por lo que al no tener una buena gestión los residuos se acumulan en lugares no seguros, causando daños a los ecosistemas, por lo que se requiere el diseño para realizar un análisis de los impactos causados para así poder proponer recomendaciones que permitan reducir el impacto de los RAEE en el país para que la evolución de la tecnología sea más sostenible.

# MARCO CONCEPTUAL

## 1. CONCEPTO

### 1.1. AEE Y RAEE

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) hacen referencia a “todos los aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir dichas corrientes” (Ley 1672, 2013). Por ello, la proliferación de la demanda de aparatos electrónicos, ha ocasionado que las entidades del área admitan estrategias cada vez más atrevidas en relación al desarrollo e innovación de tecnologías de la información, en donde el ciclo de vida de dichos aparatos electrónicos se ha disminuido, provocando un incremento en volumen de desechos de estos productos catalogados como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), los cuales generan problemas al medio ambiente a causa de la toxicidad de algunos de sus componentes.(Arroyo et. al, 2014).

Los RAEE aluden a:

“Los aparatos eléctricos o electrónicos en el momento en que se desechan o descartan. Este término comprende todos aquellos componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte del producto en el momento en que se desecha, salvo que individualmente sean considerados peligrosos, caso en el cual recibirán el tratamiento previsto para tales residuos” (Ley 1672, 2013).

Del mismo modo, la designación de RAEE mencionada por González (2012), en la cual se le asigna a “tipos de aparatos que se acercan al final de su vida útil, como los computadores, televisores, videocaseteras, estéreos, fotocopiadoras, faxes, empleados en la vida diaria, aun cuando la mayoría de estos se pueden reutilizar, restaurar o reciclar, dependiendo del país que los maneje y sobre todo de las regulaciones legales en materia de su manipulación”.

## 2. CLASIFICACIÓN

### 2.1. AEE

Clasificar los AEE y sus residuos es uno de los planeamientos que deben establecer los gobiernos para respaldar su adecuada gestión, primordialmente en relación con la clasificación y categorización como base para alcanzar estadísticas sobre los

“equipos puestos en el mercado, los residuos generados, los residuos retornados a los sistemas de recolección y gestión (SRyG), en especificar las obligaciones diferenciadas de los productores de ciertas categorías, y en particular proporcionar la seguridad jurídica a los obligados para el cumplimiento de las responsabilidades que emerjan de las reglamentaciones de la materia” (Camacho y Escobar, 2021).

La categorización de los AEE (véase **Figura 1**) que habitualmente se emplea desde la perspectiva de su comercialización se vincula con los equipos

electrodomésticos, es decir, aquellos relacionados con las tareas del hogar. Por ello, la Directiva 2002/96/CE (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2003), clasificó los AEE, en donde, las categorías de los grandes y pequeños electrodomésticos comprenderían la línea blanca, los equipos de informática y telecomunicaciones la línea gris y los aparatos electrónicos de consumo la línea marrón. Las demás categorías pertenecen a los otros tipos de equipos eléctricos y electrónicos que pueden ser empleados tanto en el hogar como en las empresas, el comercio o instituciones. En líneas generales a saber existen dos grupos: los AEE domésticos o de consumo masivo y los de uso industrial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

**Figura 1.** Categorización AEE



**Fuente.** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017)

## 2.2. RAEE

La unión europea clasifica los RAEE en 10 categorías (véase **Tabla 1**) en base a una perspectiva de la comercialización las cuáles son:

**Tabla 1.** Categorización de los AEE en la UE según la Directiva RAEE de 2002.

<b>Categorías</b>	<b>AEE considerados en la categoría</b>	<b>Clasificación común</b>
1. Grandes electrodomésticos	Lavadoras, secadoras, neveras, refrigeradores, equipos de aire acondicionado y calefacción, ventiladores, cocinas, hornos eléctricos, hornos microondas, etc.	Electrodomésticos grandes de la línea blanca
2. Pequeños electrodomésticos	Planchas, aspiradoras, cafeteras, tostadoras, cuchillos eléctricos, máquinas de afeitar, secadoras de cabello, etc.	Electrodomésticos pequeños de la línea blanca
3. Equipos de informática y telecomunicaciones	Computadores de escritorio, computadores portátiles, teléfonos fijos y celulares, agendas electrónicas, máquinas de escribir eléctricas y electrónicas, máquinas de fax, fotocopiadoras, impresoras, calculadoras, etc.	Electrodomésticos de la línea gris
4. Aparatos electrónicos de consumo y panel fotovoltaicos	Radios, televisores, reproductores de VCR/DVD/CD, cámaras de vídeo, instrumentos musicales, amplificadores de sonido, etc.	Electrónica de consumo de la línea marrón
5. Aparatos de alumbrado	Bombillas fluorescentes rectas, circulares y compactas, lámparas de sodio, y haluros metálicos luminarias (excepto las bombillas incandescentes).	
6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)	Taladros, sierras, máquinas de coser, máquinas para torner, aserrar, pulir, cortar, atornillar, soldar, rociar, cortar el césped y jardinería, etc. (excepto las grandes máquinas industriales fijas).	
7. Juguetes o equipos deportivos y de ocio	Trenes eléctricos o carros de carreras, consolas portátiles, videojuegos, máquinas tragamonedas, material deportivo, con componentes electrónicos, etc.	
8. Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados e infectados)	Equipos de laboratorio y para radioterapia; equipos de cardiología, diálisis, ventilación pulmonar, medicina nuclear, aparatos de laboratorio para diagnóstico in vitro, etc.	
9. Instrumentos de vigilancia y control	Detectores de fuego, termostatos, reguladores de calefacción, aparatos de medición, pesaje y reglaje para el hogar o laboratorios, otros instrumentos de control, etc.	
10. Máquinas expendedoras, Máquinas expendedoras de productos sólidos, bebidas frías y calientes, y dinero	Máquinas expendedoras de productos sólidos, bebidas frías y calientes, y dinero	

**Fuente.** Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2003), adaptación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017)

Aunque, esta clasificación fue modificada por la Unión Europea, desde una posición de gestión más que desde la comercialización, con el objetivo de fomentar, el entendimiento de las grandes diferencias de los tipos de AEE, la reutilización, el reciclaje y otras formas de valorización de estos residuos (Camacho y Escobar, 2021). El resultado fue pasar de 10 categorías de la Directiva de 2002 a 6 categorías (véase **Tabla 2**) en la Directiva 2012/19/UE denominadas como:

**Tabla 2.** Categorización de los AEE en la UE según Directiva RAEE de 2012

Categorías	AEE considerados en la categoría	Equivalencia con la directiva 2002
1. Aparatos de intercambio de temperatura	Neveras, congeladores, aparatos que suministran automáticamente productos fríos, aparatos de aire acondicionado, equipos de deshumidificación, bombas de calor, radiadores de aceite y otros aparatos de intercambio de temperatura que utilicen fluidos diferentes al agua	Grandes electrodomésticos (únicamente de refrigeración y calefacción).
2. Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 centímetros cuadrados	Pantallas, televisores, marcos digitales para fotos con tecnología LCD, monitores, computadores portátiles, incluidos los de tipo notebook y tabletas.	Equipos de informática y telecomunicaciones (únicamente equipos de informática con pantallas de tamaño superior a 100 centímetros cuadrados).
3. Lámparas	Lámparas fluorescentes compactas y fluorescentes; lámparas de descarga de alta intensidad	Incluidas las de sodio de presión y las de haluros metálicos; lámparas de sodio de baja presión y lámparas LED. Aparatos de alumbrado excepto las luminarias.
4. Grandes aparatos (con una dimensión exterior a 50cm)	Lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas y hornos eléctricos, hornillos eléctricos, placas de calor eléctricas, luminarias; aparatos de reproducción de sonido o imagen, equipos de música (excepto los órganos de tubo instalados en las iglesias), máquinas de hacer punto y tejer, grandes ordenadores, grandes impresoras, copiadoras, grandes máquinas tragamonedas, productos sanitarios de grandes dimensiones, grandes instrumentos de vigilancia y control, grandes aparatos que suministran productos y dinero automáticamente, papeles fotovoltaicos.	Grandes equipos (con una dimensión exterior superior a 50 cm) de todas las categorías excepto los equipos de refrigeración y calefacción y las lámparas.
5. Pequeños aparatos (sin ninguna dirección exterior superior a 50 cm)	Aspiradoras, máquinas de coser, luminarias, hornos microondas, aparatos de ventilación, planchas, tostadoras, cuchillos eléctricos, hervidores eléctricos, relojes, maquinillas de afeitar eléctricas, básculas, aparatos para el cuidado del pelo y el cuerpo, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, aparatos de grabación de vídeo, cadenas de alta fidelidad, instrumentos musicales, aparatos de reproducción de sonido o imagen, juguetes eléctricos y electrónicos, artículos deportivos, ordenadores para practicar ciclismo,	Pequeños equipos (sin una dimensión exterior superior a 50 cm) de todas las categorías excepto las lámparas.

	submarinismo, carreras, remo, etc., detectores de humo, reguladores de calefacción, termostatos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños productos sanitarios, pequeños instrumentos de vigilancia y control, pequeños aparatos que suministran productos automáticamente, pequeños aparatos con paneles fotovoltaicos.	
6. Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm)	Teléfonos móviles, GPS, calculadoras de bolsillo, encaminadores, ordenadores personales, impresoras, teléfonos.	Equipos de informática y telecomunicaciones (únicamente equipos de informática con pantalla menor a 100 centímetros cuadrados o dimensión exterior menor a 50 cm).

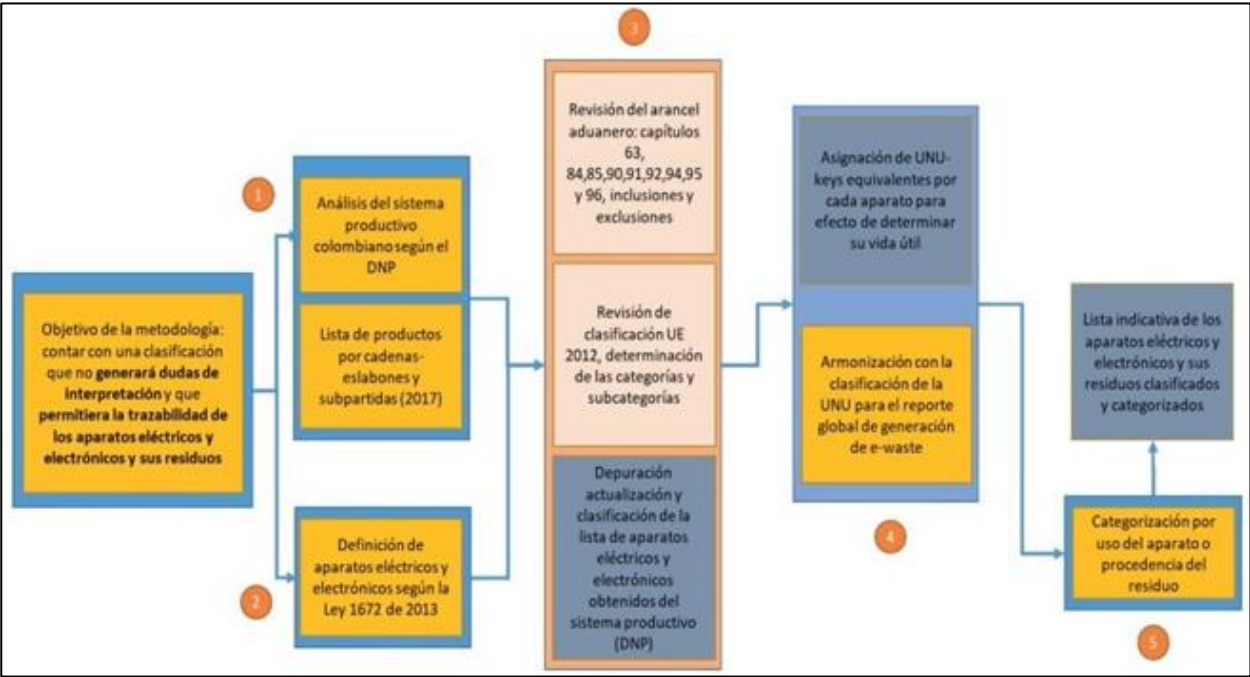
**Fuente.** Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2003), adaptación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017)

### 2.3. Clasificación de AEE en Colombia

Para la identificación, clasificación y nominación de las categorías de los AEE que se importan, fabrican o remanufacturan en el país y que posteriormente al culminar su vida útil, deben someterse a una gestión ambientalmente segura y adecuada, en la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible empleó una metodología pionera en Latinoamérica (véase **Figura 2**), en donde el punto de referencia fue la caracterización de las cadenas productivas colombianas que ha realizado el Departamento Nacional de Planeación (DNP) con fundamento en la agrupación por “eslabón y cadena productiva”. En la cual cada una de las etapas de transformación del producto puede ser percibida como un eslabón de la cadena productiva, desde la extracción o producción primaria hasta la producción de bienes de consumo final. (Camacho y Escobar, 2021)

En términos de determinar el ordenamiento de los RAEE en el país, se homologan las cadenas productivas a categorías y los eslabones de productos a subcategorías de AEE. De igual forma, desde la perspectiva de la gestión final de los AEE, se hace imprescindible clasificarlos de forma combinada por su uso y procedencia una vez se conviertan en residuos, bien sea aparatos domésticos o industriales, para tener una adecuada gestión por el consumidor mediante sistemas de recolección y gestión ambiental de RAEE. (Camacho y Escobar, 2021).

**Figura 2.** Metodología de Identificación, clasificación y categorización de los AEE



**Fuente.** Camacho, A., y Escobar, D. (2021)

## MARCO TEORICO

### 1. IMPACTO DE LOS RAEE EN EL AMBIENTE Y LA SOCIEDAD

Se estima que la generación de estos residuos al año se encuentra entre 20 a 50 millones de toneladas, tan solo en 2016 se generaron 44.7 millones de toneladas métricas, lo que significa que se generaron 6.1 kilogramos por habitante en el planeta y esta cifra continúa aumentando año tras año (Becerra et al, 2020).

Debido a que los RAEE están compuestos por “metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, retardantes de llama y otras sustancias peligrosas “(Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, s.f.) su impacto en la salud humana y el ambiente constituye un gran riesgo si estos no son dispuestos de forma inadecuada. Es necesaria una buena gestión de estos residuos teniendo en cuenta que materiales como el plomo, cadmio y mercurio hacen parte de sus constituyentes y que durante el proceso de recuperación se hace uso de sustancias como el cianuro, el cual es un elemento altamente contaminante. La extracción inapropiada de los materiales aprovechables de estos residuos puede llevar a que se dé una exposición directa de las personas que realizan la manipulación y de las comunidades cercanas a estos lugares a través de la contaminación del suelo, aire y agua (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, s.f.). La incineración de estos residuos lleva a la contaminación del aire, a su vez cuando estos residuos penetran el suelo pueden filtrarse al subsuelo y de esta forma contaminar las aguas subterráneas, agua que luego es utilizada para consumo en las comunidades aledañas (Becerra et al, 2020).

Los contaminantes tóxicos encontrados en este tipo de residuos pueden ser clasificados en dos grupos (véase **Figura 3**). El primero está constituido por éteres de bifenilos poli bromados (PBDEs) y el segundo son metales pesados. Los PBDEs están asociados a problemas de desestabilización del sistema hormonal-tiroideo, tumores y toxicidad neurológica, por otro lado, los metales pesados generan graves afectaciones al cuerpo humano como “daños al bazo, riñones, dermatitis, asma y afectaciones neurodegenerativas como el Alzheimer (aluminio) y el Parkinson (plomo)” (Grant et al, 2013).

Por otro lado, se tienen elementos como el litio, el cual es usado en las baterías y debido a que se promueve cada vez más el uso de aparatos eléctricos como los carros, la exposición a este elemento incrementará si no se planean estrategias de gestión de este desecho. Además, la vida útil de los aparatos eléctricos es cada vez menor, lo cual genera aún más desechos, poniendo en peligro no solo a las personas que trabajan directamente, sino también al medio ambiente. Entre los impactos ambientales que tiene el litio se encuentran la “pérdida de biodiversidad, daño a los ecosistemas, contaminación del agua y aire, etc.” (OSMAN, 2020). En la siguiente tabla se encuentran algunos de los elementos que hacen parte de los RAEE y su impacto en la salud (Véase **Tabla 3**).

**Tabla 3.** Clasificaciones contaminantes tóxicos

Contaminantes orgánicos	Aplicaciones en RAEE	Impactos en la salud, puede ocasionar:
PBDEs	Plásticos para electrónicos para retardar consumo de un producto por fuego de circuitos, teclados y cables	Al arder produce vapores tóxicos que pueden ocasionar: cáncer, tumores en hígado, desestabilización del sistema hormonal tiroideo
Elementos	Aplicaciones en RAEE	Impactos en la salud, puede ocasionar:
Cadmio	Resistencias de chip de dispositivos de montaje en superficie (SMD), detectores de infrarrojos, chips semiconductores, interruptores, muelles, conectores, PCB, baterías de NiCd, fotocopiadoras de tóner, tubos de rayos catódicos	Respirar altos niveles de cadmio produce graves lesiones en los pulmones, irritación en el estómago e induce vómitos, diarrea y daños irreversibles en los riñones
Litio	Baterías	Están conformadas por plomo, cromo, cobalto, cobre, níquel y talio. Pueden provocar efectos adversos de respiración, pulmonares y neurológicos.
Mercurio	Termómetros, sensores, equipo médico, lámparas, teléfonos celulares, baterías, e interruptores de luz	Daños al cerebro e hígado, tos, dolores en el pecho, náusea, vómito, diarrea, aumentos en la presión arterial o en el ritmo cardíaco, erupciones de piel e irritaciones de los ojos
Plomo	Monitores, soldaduras en PCB, tubos de rayos catódicos, lámparas, baterías.	Daños al sistema central y periférico nervioso, al sistema sanguíneo, reproductivo y al riñón. Debilidad en los dedos, las muñecas y los tobillos

**Fuente:** Becerra et al. 2020

No obstante, en el año 2019, Colombia fue el tercer productor de RAEE en Sudamérica, con 318.000 toneladas, con respecto a ello, hay entidades como Lito, y la Fundación Puntos Verdes que trabajan con grandes entidades y población en la recolección de estos residuos, en donde existe una política nacional en relación a la gestión de los mismos, en la cual se enlaza al Estado, las empresas y la ciudadanía (WWF, 2020).

A parte, según estimaciones de GESP, para 2019 sólo fueron reciclados el 17.4% de RAEE de metales como (oro, cobre, plata, níquel y platino), siendo beneficioso la alternativa de reciclar, puesto que al ser un mínimo porcentaje da la equivalencia de dejar de emitir 15 millones de toneladas de dióxido de carbono. Asimismo, se elude la opción del uso de materia prima virgen y de la dependencia de actividades extractivas de minería. Aunque, el destino final más común de estos residuos sigue siendo el envío de forma ilegal a países de ingresos bajos o medios, en la cual son gestionados por trabajadores informales que ponen en riesgo su salud en la separación de plásticos y metales para posteriormente ser vendidos a las industrias (GREENPEACE, 2022).

## **2. MANEJO DE LOS RAEE**

La correcta disposición de los RAEE depende directamente de que cada uno de los actores involucrados sea responsable de su parte del proceso, para esto es necesario comenzar con los sistemas de recolección y gestión de RAEE, hasta llegar a generar una correcta disposición final y reciclaje mediante buenas prácticas. Para esto

sistemas como el *take back system* son esenciales, esta estructura logística y legal está constituida por cuatro componentes principales, “primero las normas que rigen el sistema, segundo las áreas operativas de la recolección y el procesamiento de los RAEE; tercero la financiación del sistema y, por último, la forma de controlar el flujo de los RAEE dentro y fuera de la jurisdicción del sistema” (Ministerio de ambiente, 2017). Al establecer este sistema es importante que sea claro quién será el responsable de este en su totalidad, esta organización debe asegurar que el sistema tenga una operación exitosa, la organización es responsable de la coordinación de diferentes actores, los cuales a su vez deben cumplir con sus respectivas responsabilidades y roles dentro del sistema. Adicional a esto debe participar una organización que en la mayoría de los casos es el gobierno que garantiza que la normatividad sea cumplida (Ministerio de ambiente, 2017).

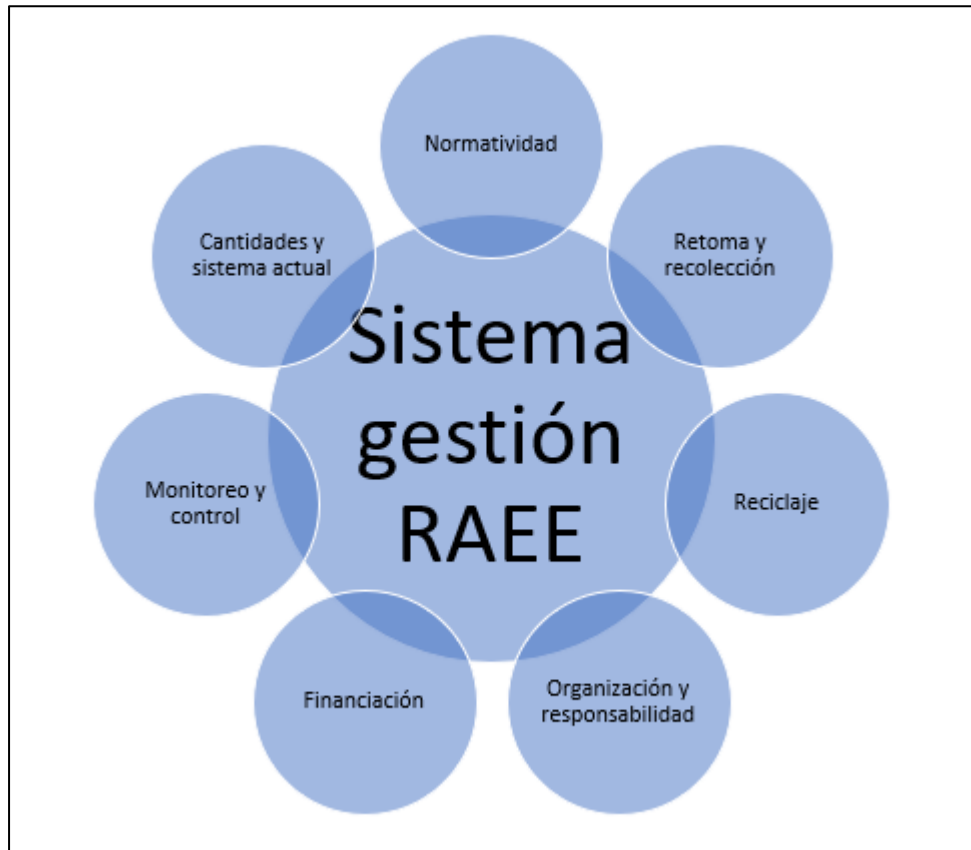
En el manejo de los RAEE la cadena de distribución y comercialización cumple un papel esencial ya que estos son los que presentan al cliente la posibilidad de devolver los RAEE por medio de puntos de recolección y acopio permanentes en el mismo lugar donde estos adquirieron estos productos, por esto es esencial que los comercializarse y distribuidores estén familiarizados con el concepto de cadena de logística inversa, la cual consiste en devolver el producto del cliente al distribuidor o proveedor y con esto generar una economía circular que permita la buena disposición de estos residuos (Ministerio de ambiente, 2017).

Para dar un correcto manejo a estos residuos es primordial generar una cadena de recolección que permita que estos residuos regresen al lugar donde fueron fabricados y dependiendo de las características de sus componentes estos puedan ser

reutilizados y manejados de la manera correcta, ya que se requiere de mano de obra calificada para realizar este proceso de manera correcta (National Geographic, 2022). Teniendo en cuenta que estos residuos están compuestos por diversos materiales su reciclaje puede ser complejo, pero también puede traer grandes beneficios para las industrias, ya que parte de sus componentes son metales de alto valor como oro, plata, cobre, platino y paladio, al igual que hierro, aluminio. Se estima que de estos residuos se puede obtener hasta 55.000 millones de euros al año en materiales, si estos residuos se disponen de forma adecuada podrían pasar de ser un gran problema, que genera un gran impacto al ambiente y las personas a ser una fuente inestimable de riqueza (Flores, 2023).

Además, para poder considerar la gestión de los RAEE como integral, es necesario tener en cuenta todos los actores involucrados en este proceso, así como los aspectos que están relacionados con sus actividades. Por lo que, factores como la retoma y recolección, el reciclaje, la organización y responsables, la financiación, el monitoreo y control se consideran como los 7 pilares del sistema. (Ávila, R. & Jaramillo, J. F. (2013) (Véase Figura 3).

**Figura 3.** Pilares de la gestión integral RAEE



Fuente: Ávila, R. & Jaramillo, J. F. (2013)

## 2.1 Principios y conceptos de la Gestión Integral de los RAEE

Es necesario definir las responsabilidades, así como la estructura que organiza un sistema de gestión integral, para ello se tienen unos principios que explican y justifican como funcionar y las competencias de los stakeholders que están involucrados.

- **Responsabilidad extendida del productor (REP):** Extiende la responsabilidad de los fabricantes de productos a todas las etapas del ciclo completo del producto, contribuyendo así a la mejora ambiental y reduciendo el impacto

ambiental de este ciclo de vida, especialmente en lo que se refiere a su recuperación, reciclaje y disposición final. Es necesario tener en cuenta los principios angulares de la REP: “enfoque de prevención de la contaminación”, “pensamiento sobre el ciclo de vida” y “el que contamina paga” (Ávila, R. & Jaramillo, J. F. 2013, como se citó en Greenpeace, 2010)

- **Quien contamina paga (QCP):** Como principio 16 en Declaración de Rio, es un instrumento de ley ambiental aplicado en algunos países, donde los costos que impiden reparar y compensan por perjuicios medioambientales deben ser pagados por el que los origina. Este principio considera las externalidades de una medida, un producto o un proyecto (Ávila, R. & Jaramillo, J. F. 2013, como se citó en [raee.org.co](http://raee.org.co), 2013).
- **Reducir, reutilizar, reciclar (3R):** Para implementar esta estrategia es necesario cumplir con su orden, es decir, primero reducir, luego reutilizar, y finalmente reciclar. Este último paso solamente se debe realizar cuando no hay más soluciones. Este concepto también tiene en cuenta el ciclo de vida de los RAEE y sus desechos, enfocándose en productos y su disposición final, así como reduciendo la generación de desechos al cambiar el diseño del producto y empaque. (Ávila, R. & Jaramillo, J. F. 2013, como se citó en [raee.org.co](http://raee.org.co), 2013)
- **Organización responsable de productores (ORP):** Con el objetivo de que los productores asuman la responsabilidad extendida del productor (REP), existen organizaciones sin fines de lucro creadas por las mismas empresas o el gobierno. Una práctica que es común es la subcontratación de recolección, el transporte, el tratamiento y el reciclaje, pues económicamente implementan

tarifas que pagan los productores y se generan ganancias por las ventas de productos y material reciclado. (Ávila, R. & Jaramillo, J. F. 2013, como se citó en Greenpeace, 2013).

- **Tasa Anticipada de Reciclaje (TAR):** El consumidor paga al momento de la compra del AEE nuevo y su valor depende de los gastos para su tratamiento cuando finaliza la vida útil. (Ávila, R. & Jaramillo, J. F. 2013, como se citó en raee.org.co, 2013)

### **3. PROYECTOS SIMILARES REALIZADOS ANTERIORMENTE**

Ricardo Ávila Soto y Juan Fernando Jaramillo en 2013 realizaron una investigación que tenía como objetivo formular recomendaciones a nivel nacional para la gestión de los RAEE en los procesos de aprovechamiento y disposición final, con el fin de minimizar la presión sobre los recursos y la afectación a la salud.

Este proyecto, así como el resto de bibliografía consultada permite evidenciar que la mala gestión de los RAEE genera impactos negativos en el medio ambiente, y en las personas. Sin embargo, no se provee un análisis que permita ver los impactos que los RAEE han generado en Colombia.

En el proyecto una de las recomendaciones dadas fue “realizar estudios sobre los impactos y afectación que tiene en Colombia la gestión informal de RAEE” (Ávila, R. & Jaramillo, J. F. 2013). El cual es uno de los objetivos que se pretenden realizar con la elaboración del tablero analítico que se desea crear en la presente investigación.

Los autores del proyecto mencionan que no hemos sido educados ni preparados por las instituciones educativas en función del cuidado que debemos tener con el ambiente. Sin embargo, esto ha ido cambiando con el paso de los años, de acuerdo con un artículo del espectador, luego de la pandemia la conciencia ambiental se volvió más fuerte, pues se evidenció la importancia de hacer crecer la economía sin sacrificar el medio ambiente. Además, instituciones como Las Acacias, Francisco José de Caldas y el Rochester están implementando la educación ambiental. Esto evidencia que se reconoció una de las problemáticas causante de la mala gestión de los RAEE y se está trabajando para solucionarla. Bibo (2021)

Otra problemática que se menciona en el proyecto y aporta al análisis es la compra de AEE sin tener en cuenta las consideraciones ambientales. Esto se debe a que, a diferencia de ciertos productos como los cigarrillos o las bebidas alcohólicas, las cuales advierten de los efectos que podrían tener en la salud, en los AEE no se advierte a los consumidores del impacto ambiental que tiene el no desecharlos bien al final de su vida útil, lo cual hace que las personas y las pequeñas empresas no tengan conciencia ambiental, eso sumado al hecho de que las empresas se encargan de promover el consumo en exceso.

## ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

En la actualidad, los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) son una parte integral de nuestra vida cotidiana, y su producción, consumo y disposición final tienen un impacto significativo en el medio ambiente y la sociedad.

En Colombia, el creciente consumo de AEE y la falta de una adecuada gestión de los RAEE han generado una gran cantidad de residuos que impactan negativamente en el medio ambiente y la salud pública. Es por eso por lo que se hace necesario un análisis detallado de los RAEE, que nos permita identificar las áreas críticas y proponer soluciones efectivas para mejorar la gestión de estos residuos en Colombia.

Este análisis de requerimientos se enfocará en la identificación de las necesidades y objetivos del análisis, la definición de los criterios de evaluación, la identificación de las fuentes de datos, la definición del enfoque metodológico y la identificación de las áreas de incertidumbre.

El objetivo es proporcionar una evaluación completa y detallada del impacto ambiental de los RAEE en Colombia durante los últimos 3 años, para poder tomar decisiones informadas sobre la gestión de los RAEE y minimizar su impacto negativo en el medio ambiente y la sociedad.

Los principales puntos para considerar un análisis de requerimientos detallado de los RAEE en Colombia son los siguientes:

1. **Definir los objetivos del análisis:** En este caso, el objetivo principal es analizar el impacto ambiental que ha generado la producción, consumo y disposición final

de los RAEE durante los últimos 3 años en Colombia; es importante definir claramente este objetivo para asegurarnos de enfocar el análisis en los aspectos más relevantes y obtener los resultados esperados.

2. **Identificar las fuentes de datos disponibles:** Para llevar a cabo el análisis, es necesario contar con información relevante y confiable sobre los RAEE en Colombia. Algunas fuentes de datos que podrían ser útiles son los registros de importaciones y exportaciones de AEE, los datos de producción y ventas de fabricantes y distribuidores de AEE, y los registros de gestión de residuos electrónicos por parte de empresas autorizadas, las estadísticas de consumo, entre otros.
3. **Definir los indicadores de impacto ambiental:** Es importante identificar los indicadores clave que nos permitirán evaluar el impacto ambiental de los RAEE. Algunos indicadores que podrían considerarse son la cantidad de residuos electrónicos generados, la tasa de reciclaje de RAEE, la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción y disposición de AEE, y la cantidad de recursos naturales utilizados en la producción de AEE.
4. **Seleccionar las herramientas de análisis adecuadas:** Una vez que se han definido los objetivos, fuentes de datos y los indicadores de impacto ambiental, es necesario seleccionar las herramientas de análisis adecuadas para llevar a cabo el análisis. Algunas herramientas que podrían ser útiles son las herramientas de análisis de datos, los sistemas de información geográfica y los dashboards para visualizar los resultados.

5. **Identificar a los usuarios y sus necesidades:** Al identificar a los usuarios del análisis y sus necesidades específicas asegura la presentación de la información de manera clara y relevante para ellos. Los usuarios pueden ser, por ejemplo, entidades y funcionarios públicos encargados de la gestión de residuos, empresas productoras o distribuidoras de AEE, o la sociedad en general.
6. **Identificar los factores externos que pueden influir en el impacto ambiental de los RAEE:** Aquí identificamos cambios en la política pública, fluctuaciones en los precios de los materiales, cambios en los patrones de consumo, entre otros.
7. **Definir los límites del análisis:** Estos permiten asegurarnos de que se incluyan todos los aspectos relevantes y que no se analicen aspectos que están fuera del alcance del proyecto.
8. **Identificar las barreras para la gestión adecuada de los RAEE:** Identificar las barreras para una gestión adecuada de los RAEE, como la falta de regulación, la falta de incentivos económicos para el reciclaje de RAEE, la falta de infraestructura adecuada para la gestión de residuos, entre otros.
9. **Identificar las oportunidades de mejora en la gestión de los RAEE:** Como la implementación de incentivos para el reciclaje, la mejora de la infraestructura para la gestión de residuos, la promoción del consumo responsable, entre otros.
10. **Definir los requisitos técnicos y de recursos:** Para llevar a cabo el análisis, como la necesidad de personal especializado, la necesidad de software o hardware específico, la necesidad de acceso a datos relevantes, entre otros.
11. **Identificar los posibles impactos negativos y positivos del análisis:** Identificar los posibles impactos, como la posible divulgación de información

confidencial, la posible generación de soluciones a los problemas identificados, entre otros.

**12. Definir el formato y la frecuencia de los informes:** Definir el formato y la frecuencia de los informes que se generarán como resultado del análisis, para asegurarnos de que la información sea presentada de manera clara y relevante para los usuarios.

**13. Identificar los requerimientos legales y regulatorios:** Es significativo identificar los requerimientos legales y regulatorios relacionados con la gestión de los RAEE, para asegurarnos de que el análisis cumpla con todas las regulaciones y requisitos legales.

**14. Definir los plazos y cronograma del proyecto:** Definir los plazos y el cronograma del proyecto para asegurarnos de que el análisis se lleve a cabo dentro del tiempo disponible y se cumplan los objetivos del proyecto.

**15. Identificar las limitaciones del análisis:** Relacionar las limitaciones del análisis, como la falta de acceso a información relevante o la falta de recursos para llevar a cabo el análisis, para asegurarnos de que se presenten los resultados de manera clara y confiable.

**16. Identificar las partes interesadas:** Identificar las partes interesadas en el análisis, como los consumidores, las empresas productoras de AEE, los recicladores, las autoridades gubernamentales, entre otros, para asegurarnos de que se tomen en cuenta todas las perspectivas relevantes.

**17. Definir el enfoque metodológico:** Se plantea el enfoque metodológico para llevar a cabo el análisis, como el enfoque de ciclo de vida, el análisis de riesgo

ambiental, el análisis de costo-beneficio, entre otros. Una posible metodología que se podría utilizar es la siguiente:

- a. **Identificación de los interesados:** Se debe identificar a todas las partes interesadas en el análisis, como los productores y distribuidores de AEE, las autoridades gubernamentales, las organizaciones ambientales y los grupos de la sociedad civil. Esto permitirá tener una visión completa de las necesidades y perspectivas de los diferentes grupos.
- b. **Definición de los objetivos y criterios de evaluación:** Es necesario definir claramente los objetivos del análisis y los criterios que se utilizarán para evaluar el impacto ambiental de los RAEE en Colombia. Esto permitirá establecer las métricas y parámetros para el análisis de datos.
- c. **Recopilación de datos:** Se deben identificar y recopilar los datos relevantes para el análisis, como la cantidad y tipo de RAEE generados en Colombia, los métodos de disposición final utilizados y su impacto ambiental, y las políticas y regulaciones existentes en Colombia relacionadas con los RAEE.
- d. **Análisis de datos:** Una vez que se han recopilado los datos, se debe realizar un análisis detallado para identificar los patrones y tendencias en la generación y disposición final de los RAEE en Colombia. Esto permitirá identificar las áreas críticas y establecer prioridades para la gestión de los RAEE.
- e. **Presentación de los resultados:** Finalmente, se deben presentar los resultados del análisis de manera clara y accesible para los interesados.

Esto puede incluir la elaboración de informes técnicos, la realización de presentaciones públicas y la difusión de los resultados a través de los medios de comunicación.

**18. Identificar las áreas de incertidumbre:** Es necesario identificar las áreas de incertidumbre en el análisis, como la falta de datos precisos, la falta de conocimiento científico sobre los impactos ambientales, la falta de información sobre las políticas públicas futuras, entre otros.

Habiendo dicho lo anterior, se plantearon los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales del tablero con el fin de dar cumplimiento a los objetivos:

#### **Requerimientos funcionales.**

- El tablero debe presentar la información de manera clara y concisa al usuario.
- El tablero debe permitir al usuario ver el impacto ambiental que ha generado la producción, consumo y disposición final de los RAEE durante los últimos 3 años en Colombia.
- El tablero debe permitir al usuario identificar las áreas críticas para establecer prioridades para la gestión de los RAEE.

#### **Requerimientos no funcionales**

- El tablero debe proteger la información confidencial de los análisis.
- El tablero debe ser fácil de mantener y actualizar.

- El tablero debe ser fácil de usar y comprender.
- El tablero debe cumplir con las leyes y reglamentos aplicables para presentar la información.
- El tablero debe estar disponible para el usuario cuando sea necesario.

# **ANÁLISIS DE RESTRICCIONES**

## **1. ASPECTO LEGAL.**

La normativa existente alrededor de los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) es bastante joven en Colombia. Sus inicios datan del 2010 cuando se reglamentaron el uso de bombillas (Resolución 1511 de 2010), pilas y/o acumuladores (Resolución 1297 de 2010) y computadores (Resolución 1512 de 2010). Sin embargo, solo fue hasta mediados del 2013 cuando se establecieron lineamientos para una política pública de gestión integral a este tipo de residuos (Ley 1672 del 19 de julio de 2013) y se empezó a monitorear frecuentemente por los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MINCIT) en el año 2020 mediante las Resoluciones 0480 del 17 de abril de 2020 y 0768 del 29 de julio de 2020.

Lo anterior representa una limitación para el presente proyecto de investigación puesto que, aunque su normativa tiene más de 10 años, fue desde el año 2020 donde se ha monitoreado los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos y, por ende, la cantidad de datos que se analizarán estarán representando un reducido espectro del tiempo, lo que podría estar subestimando o sobreestimando los resultados finales de esta investigación.

## **2. ASPECTO AMBIENTAL.**

Como se mencionó anteriormente, el monitoreo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos por parte de los Ministerios de Ambiente y Desarrollo

Sostenible (MADS) y Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MINCIT) comenzó a realizarse con frecuencia en el año 2020, año en el cual el mundo se vio envuelto en la pandemia del COVID-19 y que trajo como consecuencia las siguientes situaciones relacionadas con los AEE.

- Menor fabricación de aparatos eléctricos y electrónicos por escasez de chips para su elaboración, lo que conlleva a una menor estadística en los residuos generados.
- Menor cantidad de desechos de AEE debido al alargamiento de la vida útil de los aparatos debido a la escasez de stock en el mercado.
- Menor poder adquisitivo para renovar o adquirir aparatos eléctricos y electrónicos por pérdidas de empleo.

Estos aspectos influirán con la estimación de las consecuencias que representan los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Colombia, lo que llevará a una subestimación de los registros y una desviación con respecto a un panorama sin alteraciones como la del COVID-19.

## METODOLOGÍA

### 1. ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

En el presente trabajo de investigación se utilizará una metodología cuantitativa de tipo descriptivo, la cual hace referencia al describir la naturaleza de un suceso o evento sin determinar las causas por la que ocurre el fenómeno. En otras palabras, se define como la descripción del tema de investigación sin tener en cuenta el “por qué” lo produce. Por medio de esta metodología, se realizará una recopilación y análisis de la información encontrada en sitios gubernamentales como los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MINCIT) y que se encuentran abiertos al público (Cauas, s.f.).

En cuanto al enfoque y alcance que se llevará a cabo en el desarrollo del presente estudio, estará fundamentado en el análisis de las partidas arancelarias que tienen los residuos que se generan en el país y los cuales estarán determinados bajo la siguiente fórmula.

$$ReTe = ProImp - ProExp - ProFab$$

Donde,

*ReTe* = Residuos teóricos.

*ProImp* = Productos importados.

*ProExp* = Productos exportados.

*ProFab* = Productos fabricados.

Además, para efectos de la presente investigación se tomarán 5 tipos de productos entre los que se encuentran los Componentes Electrónicos, los Computadores y Equipos, la Electrónica de Consumo, los Equipos de Telecomunicaciones y los Periféricos, Partes y Tarjetas para Computadores e Impresoras que se encuentran reportados en las fuentes de datos mencionadas anteriormente con una antigüedad de 3 años.

## **2. VARIABLES**

La investigación emplea el enfoque cuantitativo en la que tiene en cuenta la cantidad de productos fabricados, importados y exportados, así como su peso neto. Con lo anterior, se podrá determinar la cantidad de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos que se producen en el país (determinado por la fórmula mencionada), clasificados por región y servirá de análisis para establecer lineamientos que puedan reducir esta cantidad y así contribuir con el impacto negativo al medio ambiente (Abreu, 2012).

## **3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La presente investigación tiene como ubicación Colombia y los residuos de AEE que se producen en el país. Es por esto por lo que la población a tratar serán los Aparatos Eléctricos y Electrónicos que se producen en el país, así como los que se importan de diferentes países alrededor del mundo.

Del mismo modo, como muestra se definieron 5 tipo de productos, los cuales se caracterizan por tener la mayor cantidad de registros arancelarios y se encuentren en el día a día de las personas en común. La muestra se definió de manera que fuera representativa al total de productos que se reportan y se monitorean por parte de los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MINCIT).

#### **4. SELECCIÓN DE MÉTODOS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Las fuentes de información, como principal mecanismo para la recolección de datos y manipulación de estos, sirve para obtener estamentos y dar un panorama de que tan bien se realizan los procedimientos o que tanto deben mejorarse. Por este motivo, las fuentes de información deben ser claras, consistentes y veraces con el fin de garantizar que los datos sean consistentes y precisos en la evaluación de las hipótesis, dando valor al producto de investigación (Narváez, s.f.)

En la investigación se emplean fuentes primarias, las cuales son documentos que tienen como contenido información original sin edición, traducción o reestructuración, lo que permite tener de primera mano datos confiables que pueden ser utilizados y procesados para dar acercamientos claros a la realidad presente. Por ende, en el presente estudio se emplean fuentes gubernamentales que se encuentran abiertos al público y están alojados en los distintos sitios de los Ministerios de

Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MINCIT).

A partir de los datos encontrados en las fuentes primarias mencionadas, se reestructuran los datos y se visualizarán al público por medio de un tablero que permita analizar el impacto ambiental que han generado los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) durante los últimos 3 años en Colombia.

## **5. PROCEDIMIENTO**

Para llevar a cabo este proyecto de análisis de datos del impacto ambiental de los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Colombia, se seguirá un proceso metodológico estructurado en diferentes etapas.

En primer lugar, se definirán los objetivos y alcance del proyecto, identificando los requisitos de análisis de datos y las fuentes de información necesarias. Se realizará una planificación del proyecto, donde se definirán los recursos necesarios, el cronograma de actividades, los riesgos asociados y las medidas de mitigación correspondientes.

Posteriormente, se diseñará la arquitectura de la solución de análisis de datos, se identificarán las herramientas y tecnologías necesarias y se definirán los modelos de análisis y algoritmos a utilizar. Se programará el código fuente de la solución, se realizarán pruebas de integración y validación y se ajustará el diseño de visualización de los resultados.

Una vez se tengan resultados precisos y exactos, se procederá a integrar las fuentes de datos en la solución y se capacitará al personal encargado de utilizar la solución. Además, se realizará una configuración y ajuste de la solución en el entorno de producción.

Las etapas para considerar en el desarrollo del presente proyecto son:

#### 5.1. Planificación

En la etapa de planificación de este proyecto de análisis de datos para medir el impacto ambiental de los RAEE en Colombia, se definirán los objetivos, alcance, requisitos, recursos y plazos del proyecto, así como la identificación y mitigación de riesgos y la definición de los entregables e hitos. Además, se determinarán las herramientas y tecnologías necesarias para la solución, se diseñará la arquitectura y los modelos de análisis de datos y algoritmos, y se establecerá el proceso de validación y pruebas para asegurar la precisión y exactitud de los resultados.

#### 5.2. Diseño de la solución.

Durante la etapa de diseño de la solución, se establecerán las herramientas y tecnologías necesarias para el análisis de datos y se definirán los modelos y algoritmos a utilizar. Se diseñará la arquitectura de la solución y se desarrollará la visualización de los resultados de análisis de datos. También se realizará la integración de las fuentes de datos en la solución y se identificarán los requisitos de personal capacitado para utilizar la solución. Todo esto se hará

de manera coherente con los objetivos y alcance definidos en la etapa de planificación del proyecto.

### 5.3. Implementación.

Durante la etapa de implementación del proyecto, se procederá a la configuración y ajuste de la solución de análisis de datos en el entorno de producción. Esto incluirá la integración de las fuentes de datos necesarias, la implementación de los modelos de análisis de datos y algoritmos diseñados previamente, y la implementación de la visualización de los resultados. Se llevarán a cabo pruebas de integración y validación para asegurar que la solución funcione correctamente y se realizarán ajustes necesarios antes de la puesta en marcha definitiva. Además, se asegurará de que el personal esté capacitado para utilizar la solución de manera eficiente y efectiva.

### 5.4. Pruebas y validación.

Durante la etapa de pruebas y validación se realizarán diversas pruebas para validar la precisión y exactitud de los resultados obtenidos en la solución de análisis de datos. Esto incluirá pruebas de integración y validación de la solución, pruebas de los modelos de análisis de datos y algoritmos, así como pruebas de la visualización de los resultados implementados. Todos estos procesos son fundamentales para garantizar la calidad de la solución de análisis de datos y asegurar que cumpla con los requisitos del proyecto.

#### 5.5. Despliegue.

Durante la etapa de despliegue, se publicará la solución de análisis de datos en el entorno de producción. Se configurarán las herramientas y tecnologías necesarias para asegurar su correcto funcionamiento y se realizarán pruebas finales para validar la precisión y exactitud de los resultados. También se capacitará al personal encargado de utilizar la solución y se establecerá un plan de mantenimiento y mejora continua para garantizar su eficacia a largo plazo. Una vez que la solución esté en pleno funcionamiento, se proporcionará soporte y asistencia técnica para cualquier problema que pueda surgir.

#### 5.6. Mejora continua.

Durante la etapa de mantenimiento y mejora continua de la solución de análisis de datos, se realizarán revisiones periódicas para asegurarse de que la solución sigue cumpliendo con los requisitos del proyecto y que está actualizada con las últimas tecnologías y tendencias en análisis de datos. También se implementarán mejoras y correcciones para asegurar que la solución continúe brindando resultados precisos y confiables. El personal capacitado para utilizar la solución recibirá formación continua y se proporcionará soporte técnico para garantizar un uso eficiente y efectivo de la solución.

Para obtener más información sobre el procedimiento que se realizará en la presente investigación por favor dirigirse al enlace que se presenta a continuación donde se

estableció el cronograma en la herramienta Open Project, así como la asignación de las tareas a desarrollar.

<https://openproject.alares.org/projects/analisis-del-impacto-ambiental-raee/>

## ANÁLISIS DE COSTOS

En la presente sección se realizará un análisis de los costos que se presentaron en el desarrollo de la presente investigación. Para ello se evaluaron los costos directos fijos en los que se ve afectado el proyecto de investigación y entre los que se detallan la mano de obra, los equipos de cómputo, el licenciamiento pertinente y el costo por uso de electricidad. El análisis de costos se presenta en la **Tabla 4**.

Para la obra de mano se emplearon los integrantes de este proyecto distribuidos en 2 investigadores que serán los encargados de la búsqueda de información así como el levantamiento de requerimientos y, 1 diseñador que será el encargado de la construcción del tablero analítico. Además de esto, se tiene en cuenta dentro del presupuesto el alquiler del equipo de cómputo necesario para el desarrollo de la presente investigación, así como las licencias Microsoft requeridas.

Por último, se tuvo en cuenta un costo aproximado de consumo de energía, así como su costo con el fin de evaluar completamente los costos asociados al proyecto.

**Tabla 4.** Análisis de Costos.

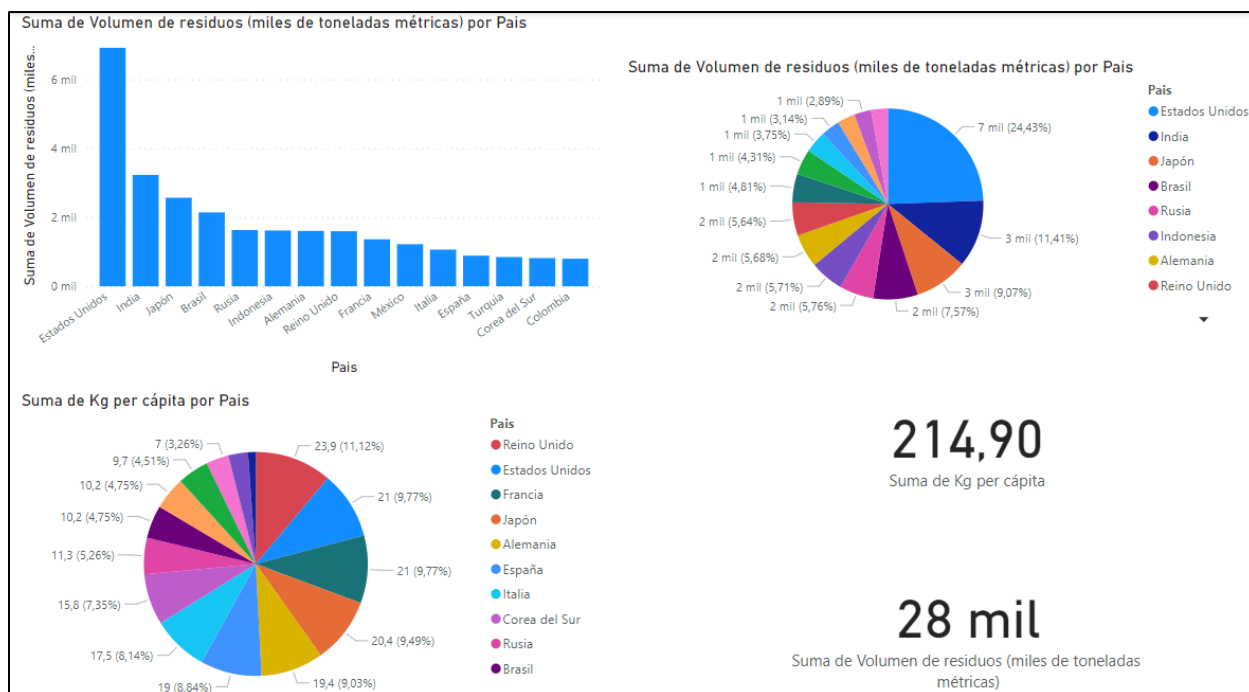
<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>		VERSIÓN	1.0
		FECHA	17-may-23
ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LOS RESIDUOS DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA			
<b>DATOS ESPECÍFICOS</b>			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.0	EJECUCIÓN DEL PROYECTO	UND	1.00
<b>I. EQUIPO Y MANO DE OBRA --- COSTOS DIRECTOS FIJOS</b>			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	Vr. UNITARIO
Salario Investigador	2	\$ 400,000	\$ 800,000.00
Salario Diseñador	1	\$ 600,000	\$ 600,000.00
Alquiler pc x6 meses	3	\$ 600,000	\$ 1,800,000.00
Electricidad pc x6 meses	3	\$ 300,000	\$ 900,000.00
Licencia Microsoft	3	\$ 120,000	\$ 360,000.00
<b>SUBTOTAL \$</b>			<b>\$ 4,460,000.00</b>
<b>II. MATERIALES --- COSTOS VARIABLES</b>			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	Vr. UNITARIO
<b>SUBTOTAL \$</b>			<b>\$ 0.00</b>
<b>III. MATERIALES --- COSTOS INDIRECTOS</b>			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA	Vr. UNITARIO
<b>SUBTOTAL \$</b>			<b>\$ 0.00</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>			<b>\$ 4,460,000.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## TABLERO ANALÍTICO

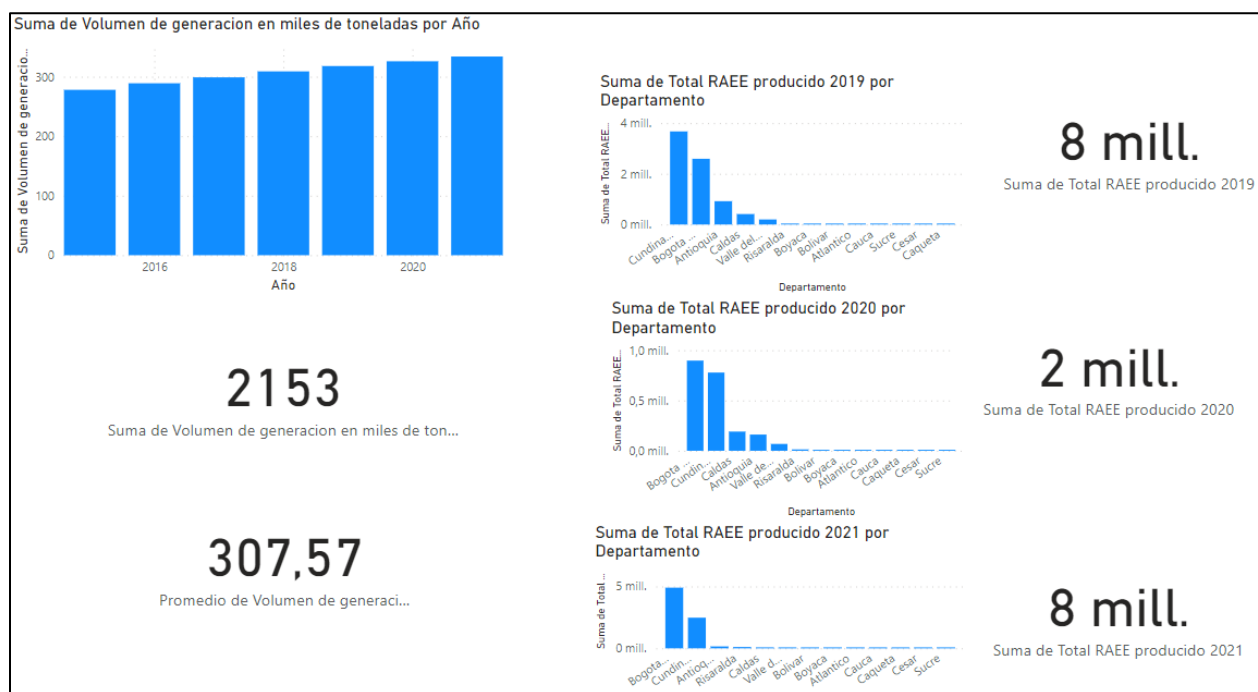
El presente apartado tiene como finalidad analizar los resultados que se obtuvieron del diseño y desarrollo del tablero analítico y cuyos resultados generales se muestran en la **Figura 4** y **Figura 5**.

**Figura 4.** Panorama global generación de RAEE.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 5. Panorama generación de RAEE en Colombia.**



Fuente: elaboración propia.

## 1. VOLUMEN DE RESIDUOS Y KILOGRAMOS PER CÁPITA.

Para interpretar los resultados del presente documento es necesario explicar algunos términos como son:

- Kg per cápita.** Los kilogramos per cápita, abreviados como kg per cápita, es una medida utilizada para cuantificar la cantidad de un determinado parámetro o variable dividido por la población de un país. En el contexto de los datos proporcionados sobre los residuos, los kg per cápita representan la cantidad promedio de residuos generados por cada persona en un determinado país.

Además, los kg per cápita son una métrica útil para comprender el impacto individual de una población en la generación de residuos. Cuanto mayor sea el valor de los kg per cápita, mayor será la cantidad de residuos generados por cada habitante en promedio. Esto puede estar relacionado con el

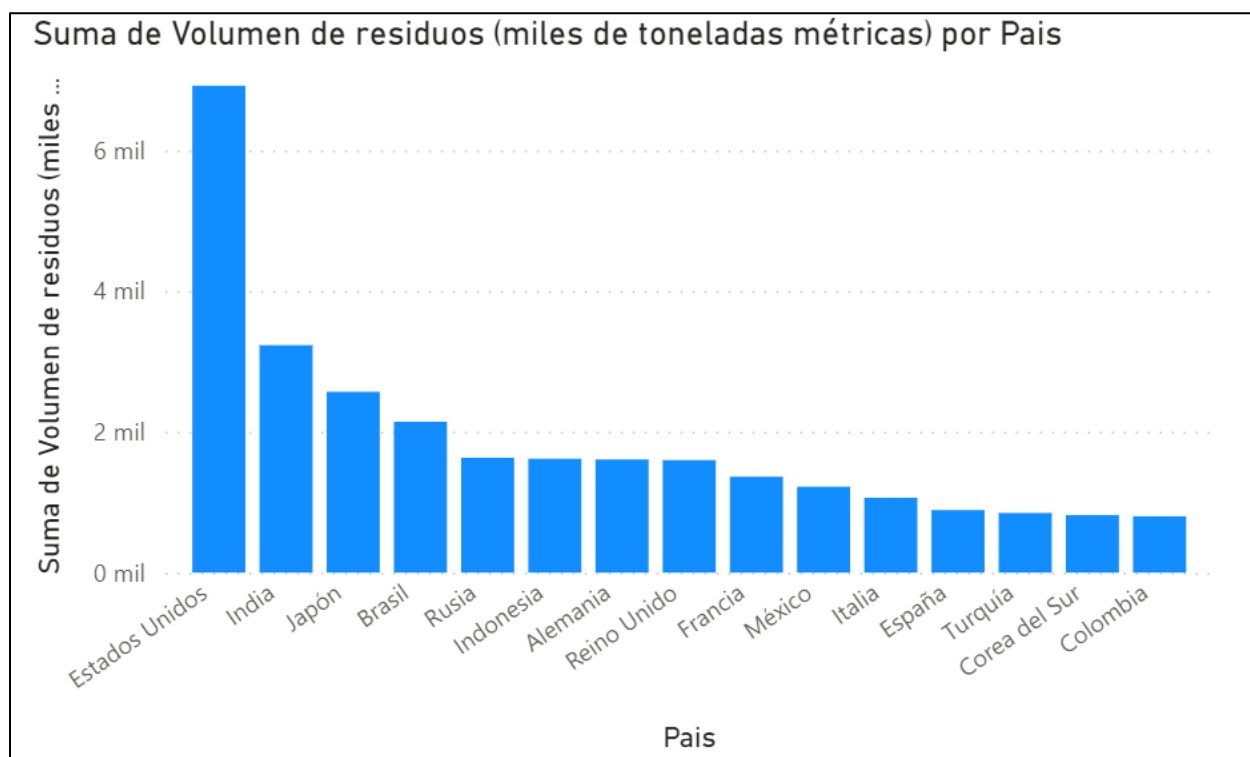
nivel de consumo, el estilo de vida y las prácticas de gestión de residuos de una población en particular.

- **El volumen de residuos.** Se refiere a la cantidad total de residuos generados en un determinado período de tiempo o en una ubicación específica. Es una medida que cuantifica la magnitud o la cantidad física de los residuos. En el contexto del presente análisis, el volumen de residuos generalmente se expresa en unidades de medida como toneladas métricas, kilogramos o metros cúbicos. Puede referirse tanto a residuos sólidos como a otros tipos de residuos, como líquidos o gaseosos, dependiendo del contexto específico.

El volumen de residuos es una métrica importante para evaluar la magnitud del problema de los residuos en una determinada área geográfica o a nivel global. También se utiliza para monitorear y comparar la generación de residuos entre diferentes regiones, países o períodos de tiempo.

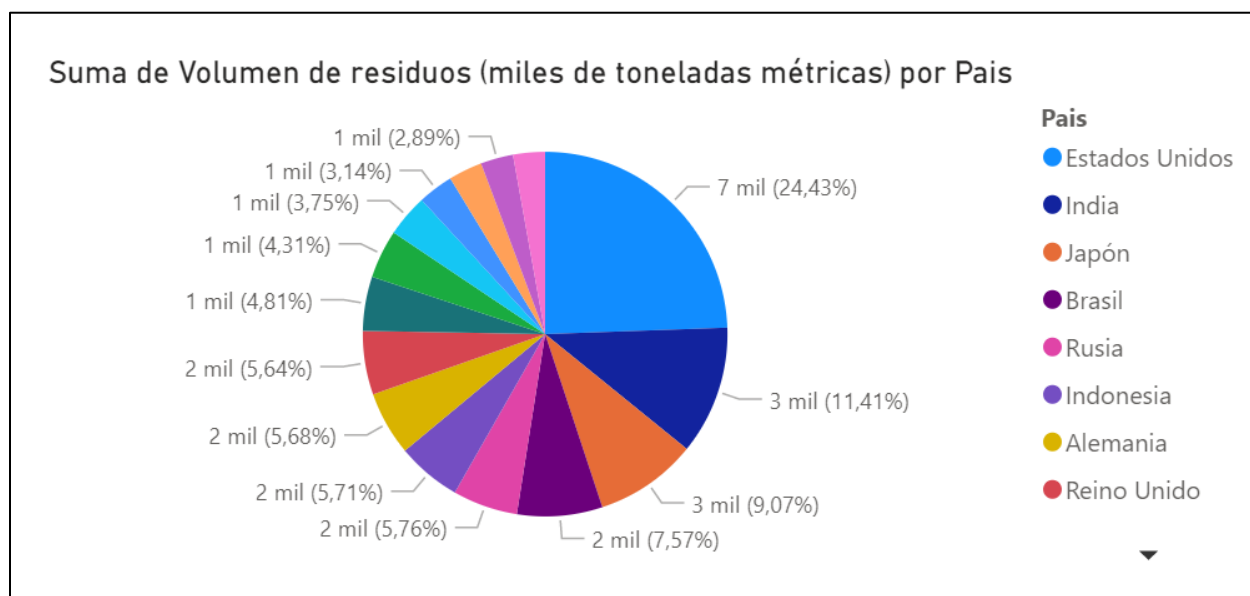
Según la data conseguida en el desarrollo de la investigación y su posterior publicación en el tablero analítico (Ver **Figura 6** y **Figura 7**) se puede resumir las anteriores variables en la **Tabla 5**.

**Figura 6.** Volumen de residuos por país.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 7.** Distribución de residuos por país.



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 5.** Residuos por país en miles de toneladas métricas y Kg per cápita.

<b>País</b>	<b>Volumen de residuos (miles de toneladas métricas)</b>	<b>Kg per cápita</b>
Estados Unidos	6918	21
India	3230	2.4
Japón	2569	20.4
Brasil	2143	10.2
Rusia	1631	11.3
Indonesia	1618	6.1
Alemania	1607	19.4
Reino Unido	1598	23.9
Francia	1362	21
México	1220	9.7
Italia	1063	17.5
España	888	19
Turquía	847	10.2
Corea del Sur	818	15.8
Colombia	800	7

**Fuente:** elaboración propia.

1.1. Puntos clave a analizar:

- **Visualización de los datos:** Se realizará una representación de los datos en forma de gráficos para obtener una mejor comprensión de las tendencias. Gráfico de barras y gráfico circular que permiten comparar los volúmenes de residuos entre los países.
- **Análisis del volumen de residuos:** Se calculará el total de volumen de residuos generados por cada país y compararlos. También, se calculará la media y la mediana del volumen de residuos para tener una idea de la distribución general.
- **Análisis per cápita:** Se podrá calcular la cantidad de residuos generados por persona (en kilogramos per cápita) para cada país. Esto

permitirá comparar el impacto relativo de los residuos generados por cada ciudadano en diferentes países.

- **Relación entre volumen de residuos y kg per cápita:** Se podrá analizar la relación entre el volumen total de residuos y los kilogramos per cápita. Esto puede ayudar a comprender si existe una correlación entre la población de un país y la cantidad de residuos generados.
- **Análisis comparativo:** Se podrá comparar los datos de diferentes países y resaltar las diferencias significativas. Por ejemplo, comparar los volúmenes de residuos entre países desarrollados y en desarrollo, o analizar los países con altas tasas de generación de residuos per cápita.
- **Posibles conclusiones:** Basándose en los resultados del análisis, se podrá identificar patrones, tendencias y características destacadas en los datos. Esto puede ayudar a obtener conclusiones significativas sobre la generación de residuos y las diferencias entre los países.

#### **Comparación del volumen de residuos:**

- ✓ Estados Unidos encabeza la lista con un volumen de residuos de 6,918 miles de toneladas métricas. Este alto volumen puede atribuirse a la gran población y al estilo de vida consumista del país.
- ✓ Le siguen India y Japón, con volúmenes de residuos de 3,230 y 2,569 miles de toneladas métricas, respectivamente. India, a pesar de tener una población mucho mayor, genera menos residuos en términos absolutos que Estados Unidos debido a su menor nivel de consumo per cápita.

- ✓ Otros países con volúmenes significativos de residuos incluyen Brasil (2,143 miles de toneladas métricas) y Rusia (1,631 miles de toneladas métricas).

#### **Análisis per cápita:**

- ✓ El Reino Unido lidera la lista en términos de kg per cápita con 23.9 kg de residuos generados por persona. Esto puede indicar un alto nivel de consumo y una necesidad de mejorar la gestión de residuos en el país.
- ✓ Francia y Estados Unidos ocupan el segundo lugar con 21 kg per cápita, lo que refleja un alto consumo y una gran cantidad de residuos generados por habitante.
- ✓ En contraste, India tiene una generación de residuos per cápita mucho menor, con solo 2.4 kg por persona. Esto puede atribuirse a una población muy grande y un menor nivel de consumo comparado con otros países.

#### **Relación entre volumen de residuos y kg per cápita:**

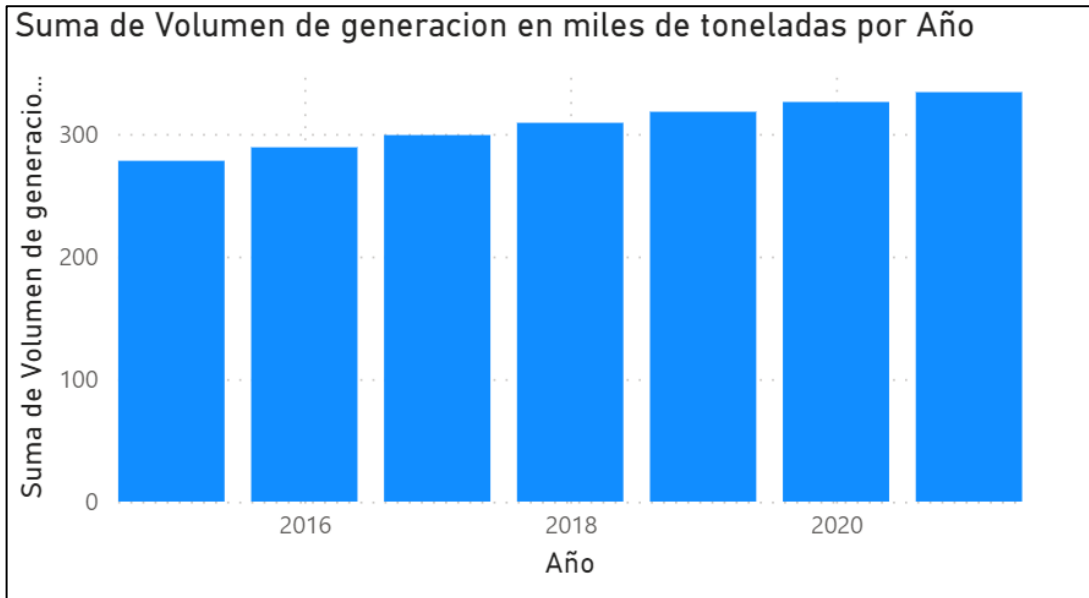
- ✓ Al analizar la relación entre el volumen total de residuos y los kg per cápita, se puede observar que los países con una gran población, como India e Indonesia, tienen volúmenes totales de residuos altos debido a su gran cantidad de habitantes, pero presentan valores bajos de kg per cápita.
- ✓ Por otro lado, países como Estados Unidos y el Reino Unido tienen una alta generación de residuos tanto en términos absolutos como per cápita, lo que indica un alto nivel de consumo y un impacto ambiental significativo.

### **Análisis comparativo:**

- ✓ Los países desarrollados, como Estados Unidos, el Reino Unido, Japón y Alemania, tienen volúmenes de residuos significativos y altos valores per cápita. Esto puede indicar una mayor conciencia y acceso a tecnología y productos electrónicos, lo que lleva a una mayor generación de residuos.
- ✓ Los países en desarrollo, como India e Indonesia, tienen volúmenes de residuos relativamente altos debido a su gran población, pero presentan valores per cápita más bajos. Esto puede deberse a un menor nivel de consumo y acceso a productos electrónicos en comparación con los países desarrollados.

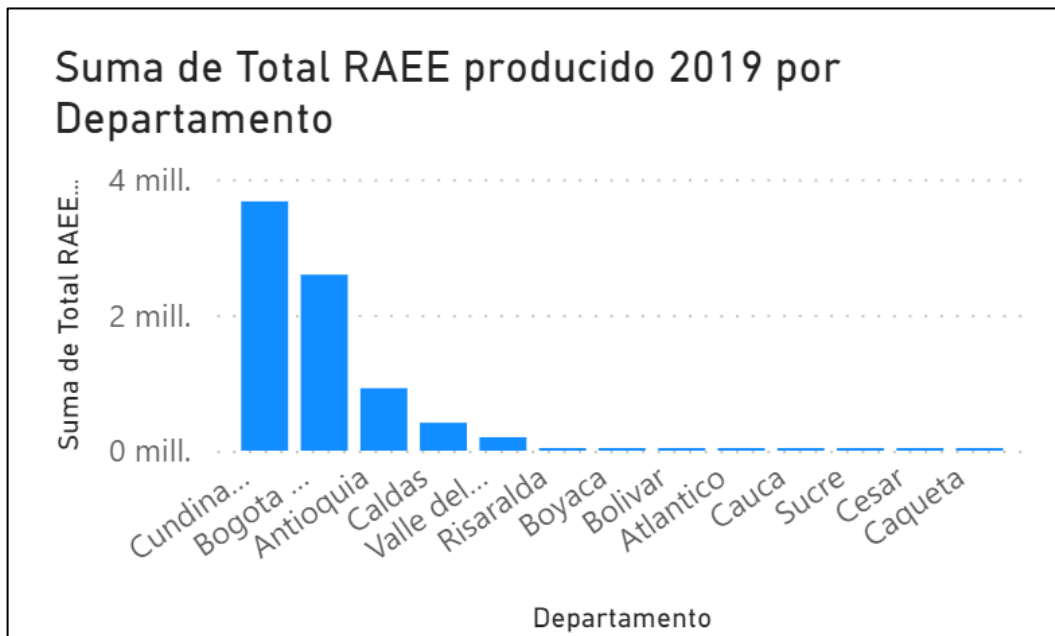
Teniendo claro el panorama global de generación de residuos y su respectivo análisis, se puede realizar el análisis para Colombia. Para esto, se analizaron los RAEE por departamento con la finalidad de sectorizar la población que más genera residuos, así como brindar información para que se creen políticas gubernamentales que permitan enfocar los esfuerzos en las regiones que más contaminan. Los resultados de esta búsqueda de información se encuentran en las **Figura 8** a la **Figura 11**.

**Figura 8.** Generación de residuos por año.



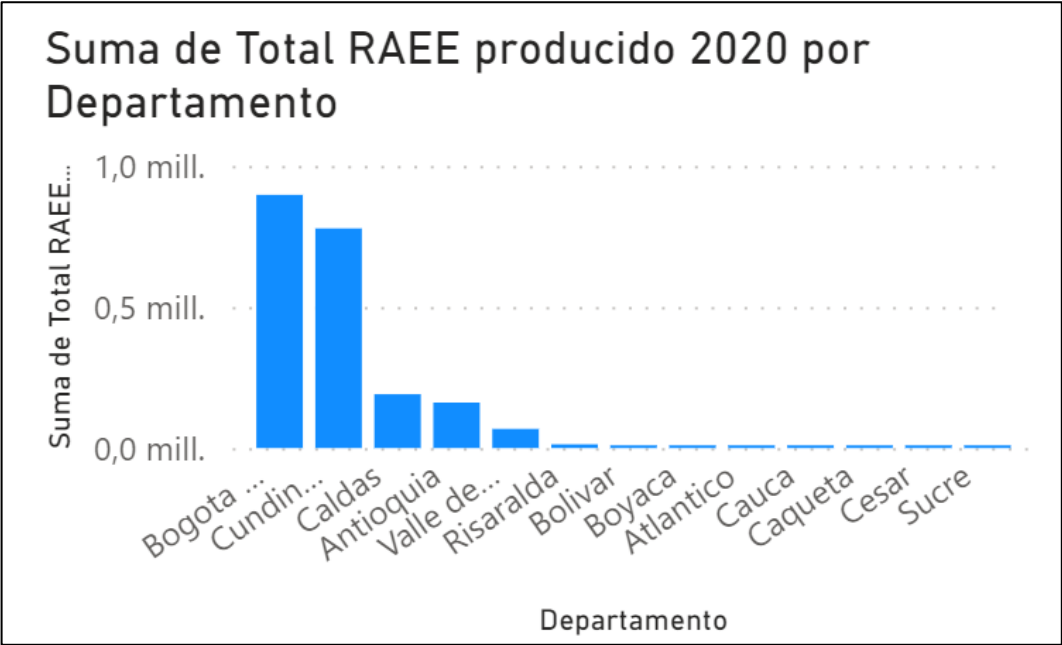
Fuente: elaboración propia.

**Figura 9.** Departamentos con mayor generación de RAEE en el 2019.



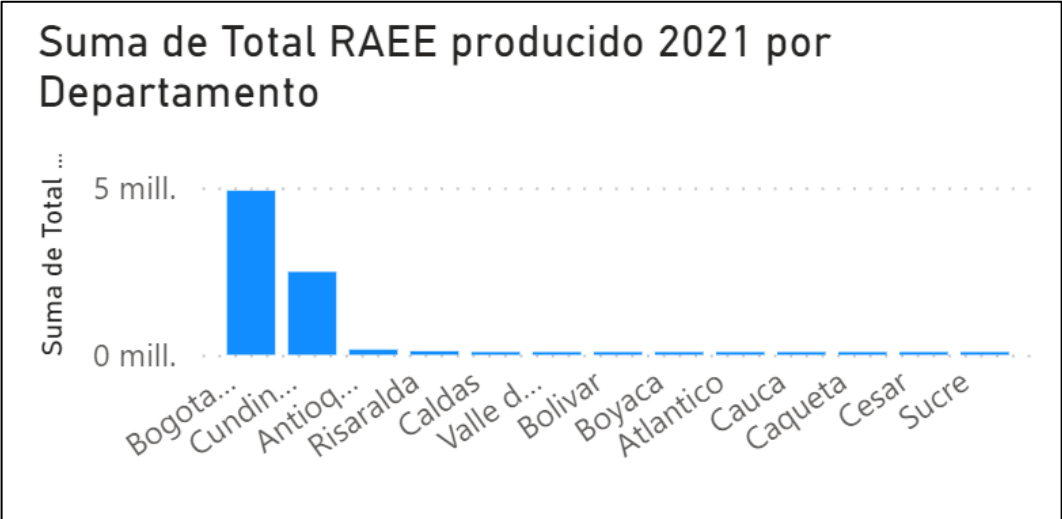
Fuente: elaboración propia.

**Figura 10.** Departamentos con mayor generación de RAEE en el 2020.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 11.** Departamentos con mayor generación de RAEE en el 2021.



Fuente: elaboración propia.

## 2. VOLUMEN DE RESIDUOS Y KILOGRAMOS PER CÁPITA

**Tabla 6.** Volumen de Residuos por Departamento

Departamento	Total RAEE producido 2019	Total RAEE producido 2020	Total RAEE producido 2021
Antioquia	920036	161245	152912
Atlántico	7730	7800	4886
Bogotá D.C	2593321	897014	4904443
Bolívar	8730	8900	8600
Boyacá	8900	8800	8400
Caldas	411925	190869	80026
Caquetá	2300	2600	2300
Cauca	5000	5200	4800
Cesar	2333	2500	2000
Cundinamarca	3672458	778061	2477667
Risaralda	14509	13200	105868
Sucre	2454	2500	2000
Valle del Cauca	198298	67906	76547

**Fuente:** elaboración propia.

La tabla 6. Muestra la generación de residuos clasificada por departamento para los años 2019, 2020 y 2021. Con esta información se pudo analizar lo siguiente:

- Visualización de la producción total de RAEE por año y departamento.

El gráfico de barras muestra la producción total de RAEE para cada departamento en los años 2019, 2020 y 2021. La altura total de cada barra representa el total de RAEE producido en ese año, y cada segmento dentro de la barra representa la contribución de cada departamento a ese total.

- Producción promedio de RAEE por departamento (ordenado de mayor a menor):

La producción promedio de RAEE se calcula sumando los valores de producción de cada departamento en los tres años y dividiendo entre tres. Los resultados se presentan en orden descendente, mostrando los departamentos con la mayor producción promedio de RAEE en la parte superior de la lista.

- Departamento con la mayor producción de RAEE en cada año:

Se identifica el departamento con la mayor producción de RAEE en cada año. En 2019, el departamento con la mayor producción fue Cundinamarca. En 2020 y 2021, Bogotá D.C. tuvo la mayor producción de RAEE.

Además de los análisis anteriores, se pueden realizar otras investigaciones y exploraciones de los datos para obtener más información detallada. Sin embargo, debido a la poca información consistente encontrada no fue posible realizar los siguientes:

- Comparar el crecimiento porcentual de la producción de RAEE en cada departamento de un año a otro para identificar las variaciones y tendencias a lo largo del tiempo.
- Analizar la relación entre la producción de RAEE y la población de cada departamento para evaluar si existen correlaciones o disparidades significativas.
- Realizar un análisis de regresión para evaluar si hay factores adicionales (como el nivel de desarrollo, la industrialización, etc.) que pueden influir en la producción de RAEE en los departamentos.

### 3. MATRIZ DE CORRELACIÓN

Figura 12. Matriz de correlación

	Total RAEE producido 2019	Total RAEE producido 2020	Total RAEE producido 2021
Total RAEE producido 2019	1.000		
Total RAEE producido 2020	.958	1.000	
Total RAEE producido 2021	.841	.949	1.000

13 sample size

± .553	critical value of r .05 (two-tail)
± .684	critical value of r .01 (two-tail)

Fuente: elaboración propia.

La matriz de correlación muestra las correlaciones entre las variables "Total RAEE producido" para los años 2019, 2020 y 2021. Cada celda de la matriz muestra el coeficiente de correlación entre dos variables.

Interpretación de la matriz de correlación:

- ✓ La correlación entre "Total RAEE producido 2019" y "Total RAEE producido 2019" es de 1.000, lo cual es evidente porque es la misma variable comparada consigo misma.
- ✓ La correlación entre "Total RAEE producido 2019" y "Total RAEE producido 2020" es de 0.958. Esto indica una correlación positiva alta entre la producción de RAEE en 2019 y 2020. Es probable que haya una fuerte relación entre la cantidad de RAEE producido en ambos años.
- ✓ La correlación entre "Total RAEE producido 2019" y "Total RAEE producido 2021" es de 0.841. Esta correlación también es positiva, pero un poco más débil

que la anterior. Aun así, sugiere que existe una relación significativa entre la producción de RAEE en 2019 y 2021.

- ✓ La correlación entre "Total RAEE producido 2020" y "Total RAEE producido 2021" es de 0.949. Esta correlación es alta y positiva, lo que indica una relación estrecha entre la producción de RAEE en 2020 y 2021.

Los valores críticos de  $r$  indican los umbrales a partir de los cuales se considera una correlación como estadísticamente significativa. En este caso, se muestran dos valores críticos:  $\pm 0.553$  para un nivel de significancia del 5% y  $\pm 0.684$  para un nivel de significancia del 1%. Si los coeficientes de correlación son mayores o menores que estos valores críticos, se puede afirmar que las correlaciones observadas son estadísticamente significativas.

En resumen, la matriz de correlación muestra las relaciones entre las variables de producción de RAEE en diferentes años. Las correlaciones son en su mayoría positivas y relativamente altas, lo que sugiere una fuerte asociación entre los niveles de producción de RAEE en los años analizados.

## CONCLUSIONES

- Al analizar los datos, se observó que la producción de RAEE varió considerablemente entre los departamentos de Colombia. Algunos departamentos, como Bogotá D.C., Cundinamarca y Antioquia, tuvieron una producción notablemente mayor en comparación con otros. Esta variabilidad sugiere que puede haber factores socioeconómicos, demográficos o industriales que influyen en la generación de residuos electrónicos y eléctricos en cada región.
- Es fundamental realizar un análisis más detallado para comprender las causas subyacentes y adaptar las estrategias de gestión de RAEE a las características específicas de cada departamento.
- La producción total de RAEE en Colombia durante los últimos tres años fue significativa en general. Este hecho subraya la importancia de implementar un enfoque integral para abordar el impacto ambiental de estos residuos en el país. Además de implementar programas de reciclaje y gestión adecuada de RAEE.
- Es fundamental promover la conciencia ambiental entre la población, fomentar la reutilización de dispositivos electrónicos y eléctricos, impulsar la investigación y desarrollo de tecnologías más sostenibles, y establecer políticas y regulaciones sólidas para la gestión de RAEE. Un enfoque coordinado ayudará a reducir el impacto ambiental negativo de los RAEE y promover la transición hacia una economía circular más sostenible en Colombia.
- La importancia de considerar la variabilidad entre los departamentos y adoptar un enfoque integral para abordar el impacto ambiental de los RAEE en

Colombia. Con un enfoque estratégico y acciones adecuadas, es posible reducir la generación de residuos electrónicos y eléctricos, promover la reutilización y el reciclaje, y mitigar el impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública

## REFERENCIAS

- Abreu, J. (2012). Hipótesis, Método y Diseño de Investigación.  
<http://www.spentamexico.org/v7-n2/7%282%29187-197.pdf>
- Arroyo, P., Villanueva, M., Gaytán, J., García, M. (2014). *Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos. Un modelo de dinámica de sistemas para una red de logística inversa*. Elsevier. 59(1).  
[https://doi.org/bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/S0186-1042\(14\)71242-2](https://doi.org/bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/S0186-1042(14)71242-2)
- A Ávila, R. & Jaramillo, J. F. (2013). *Recomendaciones para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE en Colombia el caso Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla*. Recuperado de:  
<http://hdl.handle.net/10554/12387>.
- Becerra, D. K., Hernández, A., Díaz, E.B., Cedano, K.G., Martínez, H. (2020). *Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE): impacto social, ambiental, gestión y metodologías sobre su manejo*. EnerLAC revista de energía de Latinoamérica y el caribe, vol. 4. ISSN: 2631-2522
- B Bibo, R. (2021, July 21). Colegios y universidades que fomentan la educación ambiental. *ELESPECTADOR.COM*.  
<https://www.elespectador.com/ambiente/colegios-y-universidades-que-fomentan-la-educacion-ambiental>
- Camacho, A., y Escobar, D. (2021). *Metodología para la identificación y clasificación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Colombia*.  
<https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/MetodologiaClasificacion-de-RAEE-Colombia.pdf>

Cauas, D. (s.f.). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación.  
Recuperado el 27 de marzo de  
<https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24762w/Definiciondelasvariables,enfoqueytipodeinvestigacion.pdf>

Congreso de la República. (2013). *Lineamientos para la Adopción de una Política Pública de Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)*. [https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/ley\\_1672\\_2013-1.pdf](https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/ley_1672_2013-1.pdf)

CORANTIOQUIA. (s.f.). *Concientízate-Campaña de Recolección de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Recuperado el 24 de febrero de 2023 de <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Carriila-RAEE.pdf>

ECOLEC. (s.f.). *Sobre los RAEE*. Recuperado el 24 de febrero de 2023 de [https://ecolec.es/informacion-y-recursos/sobre-losraee/#:~:text=Los%20RAEE%20o%20basura%20electr%C3%B3nica,\)%2C%20hidrofluorocarbonos%20\(HFC\)%2C](https://ecolec.es/informacion-y-recursos/sobre-losraee/#:~:text=Los%20RAEE%20o%20basura%20electr%C3%B3nica,)%2C%20hidrofluorocarbonos%20(HFC)%2C)

Flores, J. (2023). *La basura electrónica y su peligro para el medio ambiente*. National Geographic. [https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/peligros-basuraelectronica\\_13239](https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/peligros-basuraelectronica_13239)

González Ávila, M. E. (2012). *Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: propuestas y alternativas para una gestión sostenible*. El Colegio de la Frontera Norte.

Grant, K., Goldizen, F. C., Sly, P. D., Brune, M. N., Neira, M., van den Berg, M. and Norman, R. E. (2013). *Health consequences of exposure to e-waste: A systematic review*. *The Lancet Global Health*, 1(6), e350–e361.  
[https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70101-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70101-3)

GREENPEACE ARGENTINA. (n.d.). *Residuos Electrónicos*.  
<https://www.greenpeace.org/argentina/tag/residuoselectronicos/>

GREENPEACE. (2022). *El destino final de tu celular: antes de cambiar de modelo tienes que saber esto*.  
<https://www.greenpeace.org/colombia/blog/issues/contaminacion/el-destino-finalde-tu-celular-antes-de-cambiar-de-modelo-tienes-que-saber-esto/>

Ley 1672. (2013). “*Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones*”. El Congreso de la República.  
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1672-2013.pdf>

Lito. (s.f.). *Recolección de RAEE*. Recuperado el 24 de febrero de 2023 de  
<https://lito.com.co/>

MINEDUCACIÓN-MINTIC. (s.f.). *Evaluación de impacto y de la sostenibilidad de computadores para educar en la calidad de la educación en las sedes educativas beneficiadas-componente ambiental*. Recuperado el 19 de febrero de 2023

<https://www.computadoresparaeducar.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=descargar&idFile=103>

Ministerio de Ambiente. (2017). *Política nacional, Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.

<https://quimicos.minambiente.gov.co/wpcontent/uploads/2021/06/Politica-Nacional-para-la-Gestion-Integral-de-losRAEE.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Política Nacional. Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.

[https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica\\_RAEE.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica_RAEE.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos-RAEE*. Recuperado el 24 de febrero de 2023 de

[https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-yurbana/residuos-de-aparato-electricos-y-electronicosraee/#:~:text=Hasta%20el%20momento%20se%20han,port%C3%A1tiles%20\(R esoluci%C3%B3n%201297%20de%202010\)](https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-yurbana/residuos-de-aparato-electricos-y-electronicosraee/#:~:text=Hasta%20el%20momento%20se%20han,port%C3%A1tiles%20(R esoluci%C3%B3n%201297%20de%202010))

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Viceministerio de Ambiente.

[https://www.minambiente.gov.co/wpcontent/uploads/2021/10/Guia\\_RAEE\\_MADS\\_2011-reducida.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wpcontent/uploads/2021/10/Guia_RAEE_MADS_2011-reducida.pdf)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas*.

Viceministerio de Ambiente. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-1511-de-2010.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o acumuladores*. Viceministerio de Ambiente.

<https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-1297-de-2010.aspx>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos*. Viceministerio de Ambiente.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-1512-de-2010.pdf>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2020). *Registro de Productores y Comercializadores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos — RPCAEE*. Ministro de Comercio, Industria y Turismo.

<https://www.mincit.gov.co/getattachment/8bd4d677-6c48-43e6-acea-e21ead0b73f0/Resolucion-0480-del-17-de-abril-de-2020-por-la-cua.aspx>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2020). *Registro de Productores y Comercializadores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos — RPCAEE. Ministro de Comercio, Industria y Turismo.*

<https://www.mincit.gov.co/getattachment/afe5853d-fc4a-4c1e-b8ef-9199511a63a9/Resolucion-0768-del-29-de-julio-de-2020-por-la-cua.aspx>

Naciones Unidas. (s.f.). *Desechos electrónicos*. Recuperado el 19 de febrero de 2023 de <https://news.un.org/es/tags/desechos-electronicos>

National Geographic. (2022). *¿Por qué el reciclaje de aparatos electrónicos es tan importante para el planeta?*

<https://www.nationalgeographicla.com/medioambiente/2022/05/por-que-el-reciclaje-de-aparatos-electronicos-es-tanimportante-para-el-planeta>

Narváez, M. (s.f.). *¿Qué es la validez y la confiabilidad en la investigación?*

QuestionPro. Recuperado el 27 de marzo de

<https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-validez-y-confiabilidad-en-la-investigacion>

N OSMAN. (2020, March 5). *Impacto medioambiental y en salud por la extracción de litio - Observatorio de Salud y Medioambiente de Andalucía: OSMAN.*

<https://www.osman.es/impacto-medioambiental-y-en-salud-por-la-extraccion-de-litio/>

Pérez, O. (2021). *¿Qué hacer con los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE?*

UPB.

<https://www.upb.edu.co/es/central-blogs/sostenibilidad/reciclarresiduos-electronicos-y-electricos-raee>

<https://www.upb.edu.co/es/central-blogs/sostenibilidad/reciclarresiduos-electronicos-y-electricos-raee>

RECOENERGY. (2022). *Resolución 0851 de 2022 “Clasificación Nacional de AEE Y sus Residuos”*. <https://recoenergy.com.co/resolucion-0851-de-2022-clasificacionnacional-de-ae-y-sus-residuos/>

WWF. (2020). *Aunque no lo creas, los aparatos “inservibles” de tu casa son una mina*. <https://www.wwf.org.co/?365451/Aunque-no-lo-creas-los-aparatos-inserviblesde-tu-casa-son-una-mina>