



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**“E-WASTE DESDE UN ENFOQUE ACTUAL DESDE LA GESTIÓN DE
LOS RAEE: UN MAPEO SISTEMÁTICO”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: VICTOR ISIDRO CABRERA CHAVEZ

TUTOR: JOE FRAND LLERENA IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Victor Isidro Cabrera Chávez con documento de identificación N° 0930216205 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 12 de febrero del año 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink that reads "Victor Cabrera Ch". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Victor Isidro Cabrera Chávez
0930216205

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Victor Isidro Cabrera Chávez con documento de identificación No. 0930216205, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor(a) del Artículo Académico: “E-Waste desde un enfoque actual desde la gestión de los RAEE: un mapeo sistemático”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de febrero del año 2022

Atentamente,



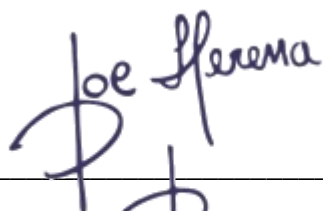
Victor Isidro Cabrera Chávez
0930216205

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: E-WASTE DESDE UN ENFOQUE ACTUAL DESDE LA GESTIÓN DE LOS RAEE: UN MAPEO SISTEMÁTICO, realizado por Victor Isidro Cabrera Chávez con documento de identificación N° 0930216205, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de febrero del año 2022

Atentamente,



Joe Frand Llerena Izquierdo

0914884879

DEDICATORIA

Dedico este artículo a todas las personas que con o sin intención fueron formando mi personalidad y la persona que soy hoy en día. Sin haber contado con su apoyo no hubiera podido llegar tan lejos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi mamá por su paciencia, guía y apoyo incondicional, a mi papá que, aunque ya no puede acompañarme siempre va a estar presente en mis pensamientos, a mis hermanas por sacarme una sonrisa en momentos de dificultad, a mi enamorada por guiarme y haber sido de vital importancia para el desarrollo de este artículo, a mis amigos y a todas las personas que me apoyaron en la culminación de esta etapa.

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en analizar la perspectiva actual del e-waste desde la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, realizando un mapeo sistemático a través de la consulta en la base de datos de revistas como Springer, Scopus, Ieee Xplore y Science Direct, las cuales fueron escogidas como fuentes de búsqueda para el desarrollo del artículo. Se procedió a escoger entre todas las referencias obtenidas, las que más se acercaban a los filtros de búsqueda seleccionados entre ellos se consideraron los que más se apegaban al tema de investigación. Se concluye que actualmente se están desarrollando más artículos orientados a las problemáticas del e-waste, el impacto que ocasiona y las posibles estrategias para tratar el problema. Entre las más reiterativas se pueden mencionar a la responsabilidad extendida al productor, productos con ciclos de vida extendidos, la concientización, registro del e-waste, proyectos de ley adecuado para que la gestión de desechos electrónicos sea eficaz, la recolección selectiva y la economía circular.

Palabras claves: e-waste, gestión de RAEE, residuos electrónicos

ABSTRACT

This paper focuses on analyzing the current perspective of e-waste from the waste management of electrical and electronic equipment, making a systematic mapping through the consultation in the database of journals like Springer, Scopus, Ieee Xplore and Science Direct, which were chosen as search sources for the development of the article. We proceeded to choose between all the references obtained, those that came closest to the search filters selected among them were considered the ones that were most attached to the research topic. It is concluded that more articles are currently being developed focused on the problems of e-waste, the impact it causes and possible strategies to address the problem. Among the most recurrent are extended producer responsibility, extended life-cycle products, awareness-raising, e-waste registration, draft legislation to make e-waste management effective, selective collection and circular economy.

Key words: e-waste, WEEE management, electronic waste.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	12
3. METODOLOGÍA	14
3.1. Métodos y técnicas de Recopilación de datos empleadas	14
3.2. Métodos y técnicas de Análisis de datos	14
4. RESULTADOS.....	16
4.1 Resultados de preguntas de Investigación.....	19
5. DISCUSIÓN	23
6. CONCLUSIÓN.....	25
7. REFERENCIAS.....	27

1. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico se ha vuelto significativo e indispensable en la vida cotidiana del ser humano, ocasionando una fuerte demanda de dispositivos y servicios englobados en la utilización de equipos eléctricos y electrónicos (Pazmiño Sánchez, 2021)(de la Nube Toral Sarmiento et al., 2018). En las últimas décadas el desarrollo tecnológico ha incrementado de una manera relativamente notoria a tal punto de dejar estragos a su paso, como la acumulación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE (Izquierdo, 2019). Lo que ha conllevado en cierto grado a generar preocupación en las organizaciones ambientales por el peligro que representa tanto en las personas como el medioambiente, el no saber cómo realizar una correcta gestión de la basura electrónica, también conocida como e-waste (Ayala Carabajo et al., 2016).

Los e-waste lo conforman los dispositivos eléctricos o electrónicos que han sido desechados por haber finalizado su vida útil, haber sido reemplazado por otro equipo más actualizado o con características equivalentes. Estos requieren de un manejo especial y de un adecuado tratamiento, por la peligrosidad que pueden llegar a generar sus componentes.

El poco conocimiento sobre el óptimo manejo de los RAEE ha llevado a que casi un 80% de estos residuos terminen en quebradas y ríos, afectando al medio ambiente y a la salud misma del ser humano de mediano a largo plazo.

A medida que la tecnología va evolucionando, cada año se generan cerca de cincuenta millones de toneladas de desechos electrónicos y la mayoría no pasan por un sistema de reciclaje apropiado (Liu et al., 2022), como consecuencia surge esta problemática del e-waste que se considera como la plaga del siglo.

Un informe realizado por The Global E-waste Monitor 2020, reveló que en 2019 se generaron 53,6 millones de toneladas métricas de residuos en todo el mundo, teniendo a China y Estados Unidos como los países en generar más cantidad de residuos, representando un tercio de la estadística mundial. Sólo en el continente asiático se producen unos 12 millones de toneladas cada año y debido al avance de la tecnología, se estima que los países en vías de desarrollo aumentarán exponencialmente su generación de desechos electrónicos en los próximos años si no se toma medidas a tiempo para frenar el incremento o gestionar de manera óptima el e-waste.

La pregunta de hipótesis es ¿Por qué realizar un mapeo sistemático con un enfoque actual sobre el e-waste, desde la gestión de los RAEE?

Si bien se ha mencionado anteriormente que el mal manejo de los e-waste es una problemática latente que requiere ser revisada constantemente para darle seguimiento al impacto que está ocasionando y cuáles son las medidas que se están tomando para una mejor gestión.

El objetivo del presente artículo es describir la situación del E-waste para determinar la gestión de los RAEE mediante un mapeo sistemático. Para el desarrollo se plantean los siguientes parámetros: Identificar la situación del manejo de los RAEE desde un contexto actual para determinar factores asociados a la gestión; Categorizar los modelos de gestión utilizados en el manejo de los RAEE para un análisis mediante la revisión de la literatura; Contrastar los resultados obtenidos para proponer acciones que mejoren la gestión de los RAEE mediante una tabla comparativa de factibilidad; Clasificar las acciones desarrolladas por empresas públicas y privadas y; Evaluar la metodología utilizada que permita establecer posibles mejoras del impacto del E-waste que inciden en el medio ambiente local.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En la presente investigación se muestran artículos que se enfocan en los e-waste y la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos desde una perspectiva actual a través de la revisión literaria del mapeo sistemático (J. F. Llerena Izquierdo, 2019).

Para la selección de artículos se escogió dentro de una amplia base de datos correspondiente a las revistas Springer, Scopus, IEEEExplore y Sciencedirect. El primer filtro seleccionado fue relacionado con el tema del presente artículo, comenzando con el término “Electronic Waste” arrojando un resultado total entre todas las revistas de 578.157; teniendo como resultado 179.795 publicaciones de Springer, 15.823 de Scopus, 5260 de Sciencedirect, 204.883 IEEEExplore.

En el siguiente filtro que corresponde al tipo de documento (artículos) proporcionado por las distintas plataformas arrojando un resultado conjunto de 109.298, habiendo reducido en 70.497 la cantidad de documentos a analizar, sin embargo, los resultados obtenidos en springer se redujo un poco más de la mitad con un resultado de 83.997, en Scopus se redujo un tercio (3.205), Sciencedirect se reduce una cantidad mínima quedando 4.258, pero en IEEEExplore se puede distinguir una cantidad considerable de 91% de los documentos reducidos dando un valor de 17.838.

En el tercer filtro se consideró la rama de estudio teniendo como opciones provistas por las revistas tales como medio ambiente, química, agricultura, medicina, etc. Examinando la temática de este documento se decidió que la rama de la ingeniería sería la más adecuada en virtud que se está analizando los diferentes tipos de gestiones del E-waste, por lo tanto luego de aplicar dicho filtro se obtuvo una totalidad de 8.927 artículos entre todas las revistas que cumplieron con el filtro de la temática (desperdicios electrónicos y estudiados desde la rama de la ingeniería); por lo que se decidió reducirlos aún más usando los documentos más actuales estableciendo los últimos 5 años como una manera en la cual tener una perspectiva más reciente de los acontecimientos, lo que nos deja con una totalidad entre todas las revistas de 4.772.

Con el último filtro que es la lectura del resumen de cada escrito, se deselecciona cada obra que se desvíe para tratar un tema relacionado, pero no concerniente a esta revisión, también se encontró varios documentos que se repetían entre las revistas por lo que se optó por

desvincularlos de la selección, escogiendo 40 artículos en total distribuidos de la siguiente forma: 17 de Springer, 9 de Scopus, 8 de Scienedirect y 6 de IEEEExplore. (ver Fig. 1).

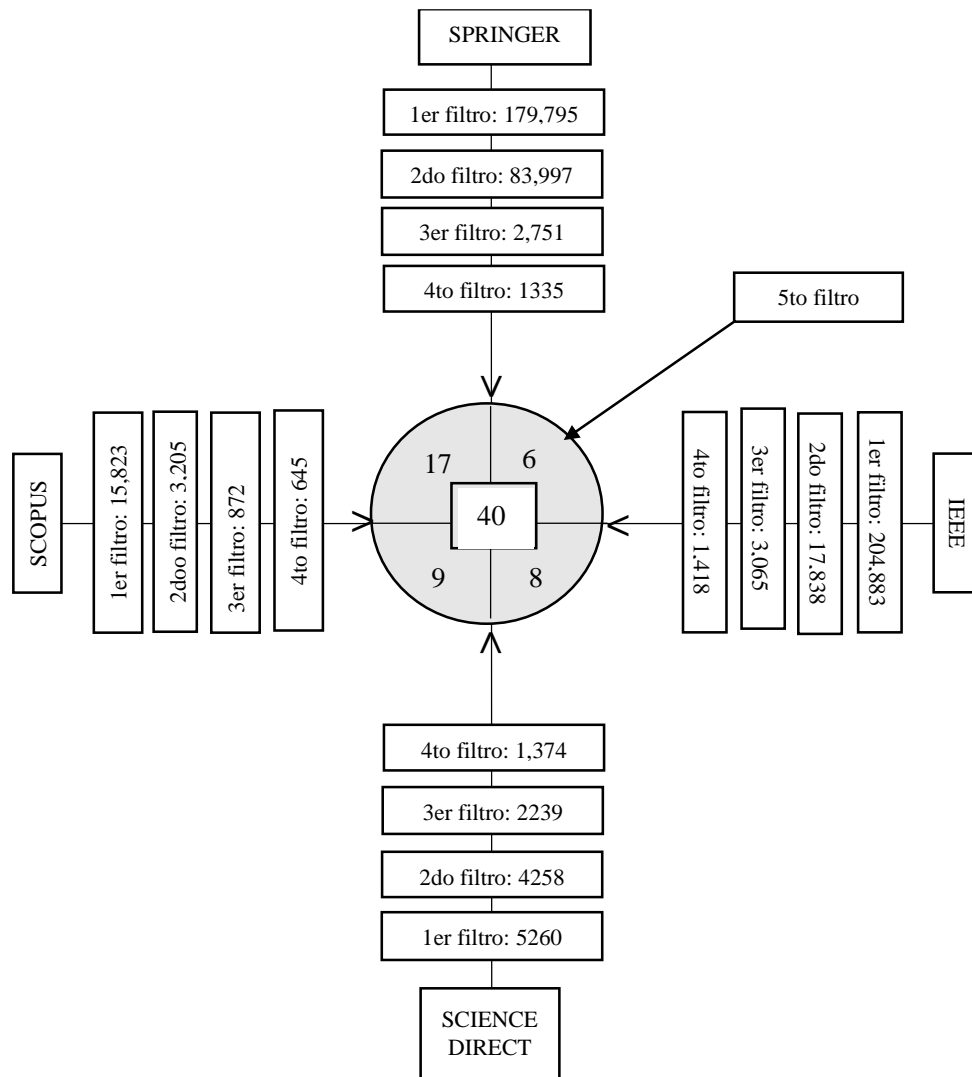


Fig. 1 Búsqueda de artículos científicos

3. METODOLOGÍA

El desarrollo del presente artículo se basa en una metodología descriptiva, analítica y bibliográfica para conocer la situación actual del impacto generado por los e-waste y así poder elaborar el mapeo sistemático del tema en cuestión, recabando información pertinente al manejo de los RAEE en la actualidad, así como los factores asociados a su gestión (J. Llerena Izquierdo et al., 2009).

A continuación, se definen y plantean preguntas de investigación que serán desarrolladas a lo largo del presente artículo, ver tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de Investigación

Preguntas de Investigación	Motivación
¿Cuál es la situación actual de manejo de los RAEE?	Identificar la situación del manejo de los RAEE desde un contexto actual para determinar factores asociados a la gestión
¿Cuáles son los modelos de gestión utilizados en el manejo de los RAEE?	Categorizar los modelos de gestión utilizados en el manejo de los RAEE para un análisis mediante la revisión de la literatura.
¿Cuáles son las acciones que mejoran la gestión de los RAEE?	Contrastar los resultados obtenidos para proponer acciones que mejoren la gestión de los RAEE

3.1. Métodos y técnicas de Recopilación de datos empleadas

Para conseguir el objetivo propuesto se desarrollará un mapeo sistemático que permitirá describir la situación del E-waste para conocer los diferentes métodos y alternativas planteadas por distintos autores y organizaciones dedicadas a la gestión de los RAEE, para ello se consideró los criterios de elegibilidad, fuentes de información, filtros de búsqueda y criterios de inclusión y exclusión.

3.2. Métodos y técnicas de Análisis de datos

Para ejecutar la búsqueda bibliográfica se consultó en la base de datos de las revistas Springer, Scopus, IEEEExplore y Science Direct, utilizando para el filtro de búsqueda, palabras claves y

características como electronic waste, tipo de documento, rama de ingeniería en un periodo de fecha entre el 2017 a enero del 2022. Del mismo modo se tomó en consideración como Criterios de inclusión: Producciones de cualquier idioma; Producciones relacionadas con el tema de búsqueda mayormente con el e-waste y su gestión; Producciones con tipo de documentos que se caractericen por ser artículos o conferencias; y como Criterios exclusión: Producciones no estén relacionadas 100% con el tema de búsqueda. Producciones que no sean de acceso abierto. Producciones que no correspondan al año/fecha escogida entre el 2017 a principios del 2022.

Tabla 2 Fuentes de Búsqueda

REVISTAS				
FILTRO	Springer	Scopus	Science Direct	IEEEExplore
Electronic waste	179,795	15,823	5260	204,883
Tipo de documento	83,997	3,205	4258	17,838
Ingeniería	2,751	872	2239	3,065
Fecha 2017 - 2022	1335	645	1,374	1,418
Resumen	17	9	8	6

En la Tabla 2 se muestra las fuentes donde se obtuvieron los artículos para realizar el mapeo sistemático del E-waste desde un enfoque actual desde la gestión de los RAEE.

4. RESULTADOS

En este espacio se plasma los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica. Se procede con la identificación de las evidencias obtenidas de las distintas bases de datos de las fuentes seleccionadas. Del mismo modo se realiza la interpretación de los resultados de la revisión sistemática.

De la revisión bibliográfica para realizar el mapeo sistemático de los e-waste desde un enfoque actual se obtuvo temas de búsqueda en común relacionados a los términos impacto ambiental (J. Llerena Izquierdo et al., 2018), estadística e-waste, RAEE/WEEE, gestión de desechos electrónicos. Dentro de la información recolectada en esta revisión sistemática se puede resaltar que, de los cuarenta artículos seleccionados, el 95% se relacionan con la gestión de desechos electrónicos, el 93% incluyen la temática de los RAEE o WEEE, el 35% plasman estadísticas sobre el e-waste y el 45% plantean el tema del impacto ambiental. Si bien es cierto el medio ambiente es el principal afectado por la problemática del e-waste (ver Fig. 2).

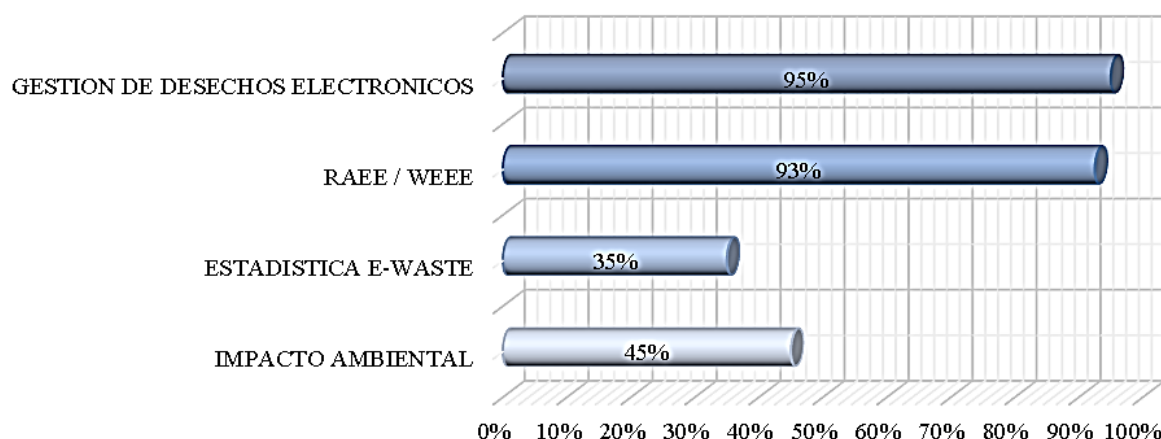


Fig. 2 Temas de búsqueda para el mapeo sistemático

En la mayoría de los países en desarrollo se puede resaltar un manejo erróneo en la eliminación de estos desechos, la falta de control y la rigidez en las legislaciones, abren la puerta al reciclaje informal que emerge como un nuevo desafío ambiental, empeorando cada día más al pasar del tiempo (Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2017)(Ayala Carabajo et al., 2016). La eliminación de desechos electrónicos actualmente se mezcla con desechos sólidos, lo que representa una mayor amenaza para la degradación ambiental, cuyo impacto es mucho mayor de lo estimado.

Del mismo modo como resultado de esta revisión sistemática se obtiene que la falta de infraestructura necesaria para manejar los desechos electrónicos y la reutilización de e-waste son una de las problemáticas más abarcadas por la mayoría de autores (Ayala et al., 2016)(J. Llerena Izquierdo, 2014)(Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2014), teniendo como resultado el 68% de los artículos seleccionados y analizados, por otra parte, se tiene que la falta de esquemas de reciclaje representa un 60%, la falta de rigidez de los marcos legales un 28% y la minimización del impacto ambiental un 48% (ver Fig. 3)

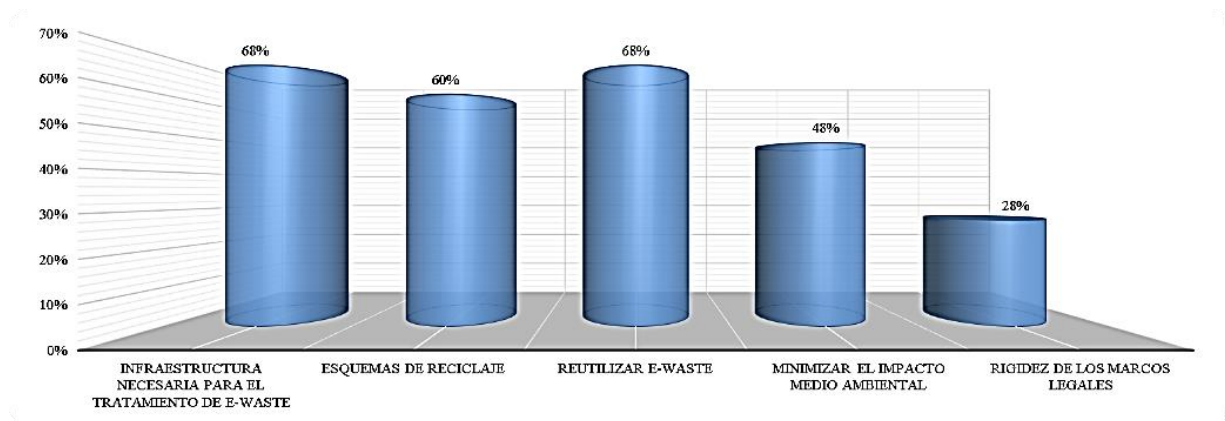


Fig. 3 Problemáticas abarcadas en la selección bibliográfica

Se podría decir que actualmente en lo que respecta a la gestión de los RAEE lo que se busca es una manera de reutilizar de manera óptima la mayoría de estos desechos, pero la infraestructura necesaria para llevar esta tarea a cabo es deficiente (Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2018). Las gestiones realizadas a través de las actividades de recogida formalmente suelen estar establecidas por la legislación nacional en materia de residuos (-e), la cual se efectúa a través de servicios de recogida, cuyo destino final son las instalaciones de tratamiento especializadas, en las que se recuperan material valioso y se gestionan las sustancias peligrosas de forma ambientalmente racional, finalizando el proceso en la incineración o colocación de vertederos controlados. Uno de los impactos más significativos que puede traer el reciclaje de estos materiales es en la salud. Si no se tratan adecuadamente, provocarán una gran contaminación y daños al medio ambiente. Al no reciclar y procesar de manera correcta pueden ser perjudiciales a la salud de manera que causan daños severos a largo plazo (J. Llerena Izquierdo, 2021).

Por otra parte, se consideró las restricciones al problema planteado, entre los cuales se encuentra el manejo inadecuado del e-waste con un 85%, pese a que la tecnología avanza y cada vez los usuarios se vuelven dependientes de los AEE, solo un 23% de los textos escogidos tratan la

dependencia de estos aparatos. Por otro lado, varios autores coinciden en que no existe un modelo de gestión eficiente de los RAEE dando un total del 63%. Del mismo modo el 58% de los autores seleccionados coinciden en que el desarrollo tecnológico va en aumento suscitando gran preocupación por la gestión de desechos electrónicos. Con un porcentaje del 40% se relacionan los artículos en cuanto al sector informal (ver Fig. 4).

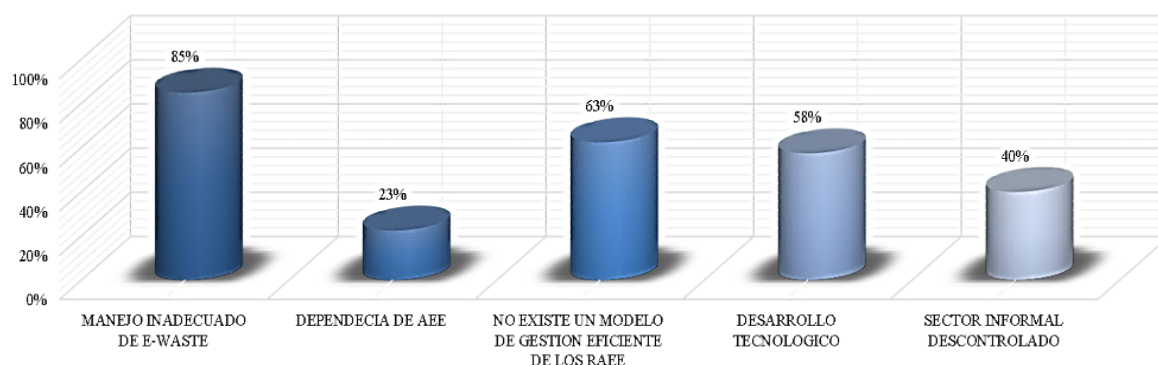


Fig. 4 Restricciones al problema planteadas en la revisión bibliográfica.

Las propuestas planteadas son muy variadas, van desde el aspecto legal hasta el aspecto comercial responsabilizando de manera directa a los productores de manera que estos tengan como misión la utilización de material reciclable en el ensamblaje de nuevos elementos para el control financiero de los desechos electrónicos en las etapas posteriores de reciclaje (Makam et al., 2018), (ver Fig. 5).

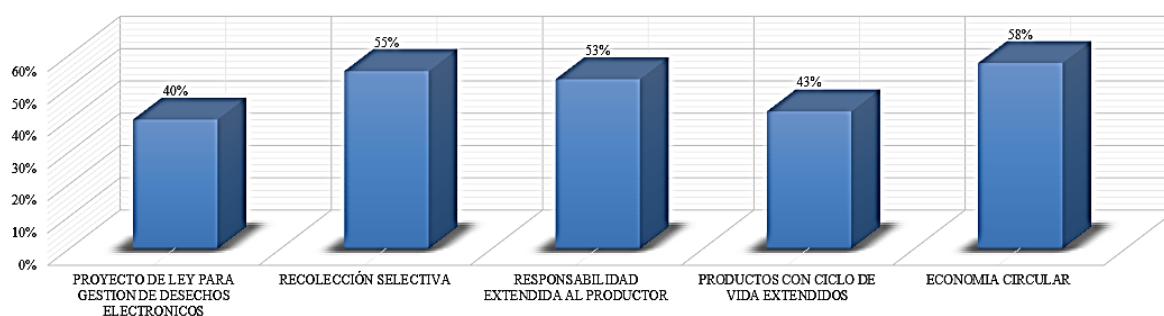


Fig. 5 Propuestas planteadas en la revisión bibliográfica

Cabe recalcar que dichas estrategias en contra de la mala gestión de estos desechos son principalmente utilizadas por muchos países desarrollados, más bien siguen sin ser legítima y efectivamente aplicadas en gran parte de países en desarrollo, por lo que se puede concluir que es de vital importancia que se lleve a cabo proyectos de ley para el correcto manejo de estos desperdicios, otras de las estrategias propuesta es la implementación de ciclos de vida

extendidos, para mitigar el impacto del avance tecnológico del cual ha llevado a mucha gente a la costumbre de reemplazar sus equipos tecnológicos de manera cada vez más frecuente por la cantidad de modelos y de productos de vanidad que ofrecen muchas empresas cuya estrategia es llamada obsolescencia psicológica la cual consiste en generar en el usuario el pensamiento que el modelo que posee ya no le es de mucha utilidad debido a que el modelo actual cuenta con más beneficios provocando en el cliente el deseo de reemplazar su dispositivo por uno nuevo.

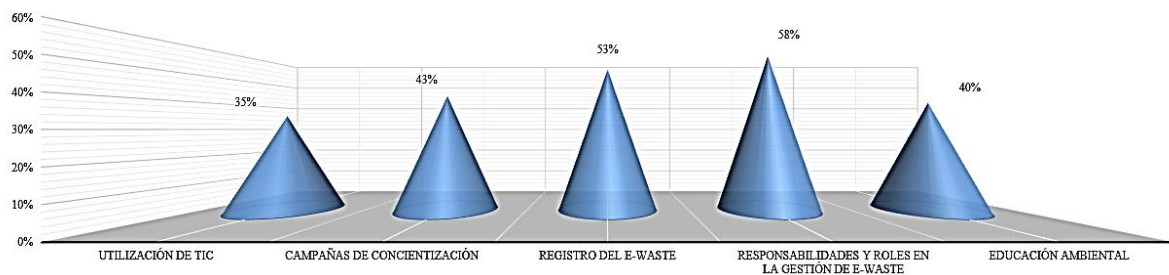


Fig. 6 Soluciones encontradas en la revisión bibliográfica

En la fig. 6 se plasman las soluciones encontradas en los artículos seleccionados al final de la revisión bibliográfica, teniendo como resultado soluciones o propuestas planteadas por los diversos actores a la problemática del e-waste y la mala gestión que se ha venido dando a lo largo del tiempo. Entre ellos resaltan la utilización de TIC con un 16%, las campañas de concientización con un 19%, el registro del e-waste con un 23% y la responsabilidad y roles en la gestión del e-waste con un 24%. Según (Makam et al., 2018) la reunión educativa y el órgano rector son necesarios para progresar y realizar una amplia estructura de organización de desechos electrónicos.

4.1 Resultados de preguntas de Investigación

P1. ¿Cuál es la situación actual de manejo de los RAEE?

Debido a los avances y desarrollo de la tecnología (Mejame et al., 2018), los e-waste son el flujo de más rápido crecimiento alrededor del mundo (Varshney et al., 2017) que denotan una drástica demanda de AEE por los cambios y evolución en diseños y funcionabilidad; esto genera el lanzamiento de nuevos productos al mercado en un corto tiempo, representando una amenaza de gran magnitud tanto para el medio ambiente como para la salud del ser humano (Habuer et al., 2017) por la tasa de constante aumento que figura (Tue et al., 2017). Cabe recalcar que de

los desechos electrónicos generados solo un pequeño porcentaje se recicla con métodos racionalmente ambientales (Tran & Salhofer, 2018b), por lo general en los países en desarrollo, la mala gestión de los RAEE se asocia a la recolección y tratamiento de basura electrónica que se da en el sector informal, debido a que sus actividades han ocasionado un severo daño ambiental (Owusu-Sekyere et al., 2022)(Sarath et al., 2017).

P2. ¿Cuáles son los modelos de gestión utilizados en el manejo de los RAEE?

Dentro de los modelos de gestión más utilizados se encuentran: los vertederos, corrosión química, incineración, reciclaje de residuos electrónicos y reutilización de dispositivos electrónicos. El vertido es el método de manejo de residuos más utilizado y antiguo en el transcurso de la historia básicamente consiste en poner los residuos en parcelas con el fin que ese sea su destino final, actualmente el uso de este método esta más regulado y enfocado en disminuir el impacto medioambiental dado que el resultado de esta mala práctica provocaba la filtración de químicos peligrosos al agua subterránea. La corrosión química es el método que consiste en la utilización de químicos para corroer y eliminar aquellos materiales de los metales de circuitos electrónicos, estos metales usualmente son utilizados para la fabricación de nuevos componentes, este al igual que el vertido tiene posibles consecuencias medioambientales debido a la contaminación que puede conllevar los químicos empleados. Por otro lado, la Incineración es el método que consiste en la combustión de los RAEE en cámaras de incineración, es decir que se hace de manera controlada por lo cual resulta muy conveniente, pero con la ligera desventaja de poder desperdiciar ciertos elementos para poder conseguir otros, por lo que este método suele venir acompañado de un proceso de selección o separación de otros residuos. En cambio la reutilización de dispositivos electrónicos es el método que se busca principalmente debido a que la mayoría de los dispositivos electrónicos son desechados sin haber culminado su vida útil, sin mencionar que comúnmente el tiempo de vida útil suele estar infravalorado en comparación del tiempo de utilidad real de estos productos, adicional a esto se puede resaltar que se desechan dispositivos por desperfectos puntuales mas no totales en su funcionalidad es decir que puede ser fácilmente reparado o usado como repuestos del mismo modelo o parecido.

P3. ¿Cuáles son las acciones que mejoran la gestión de los RAEE?

De la revisión bibliográfica se obtiene que varios autores coinciden al momento de abarcar temas con relación a mejorar la gestión de los RAEE. Una de las acciones realizadas o

propuestas es elaborar una política efectiva, si bien es cierto cada país maneja sus propias regulaciones que van a la par de la situación en la que se encuentra el país, lo que dificulta tener resultados positivos con la legislación ya sea por la no aplicación, por vacíos legales en cuanto a la gestión de los RAEE o por la falta de rigidez en la normativa, ver tabla 3.

Tabla 3 Acciones para mejorar la gestión de los RAEE

Acciones para mejorar la gestión de los RAEE	Estudio
Política efectiva	(Long et al., 2016)(Hai et al., 2017)(Babayemi et al., 2017)(Cheng & Chang, 2018)(Parajuly et al., 2018)(Tran & Salhofer, 2018a)(Novais et al., 2021)(Aminoff & Sundqvist-Andberg, 2021)(Belyamani et al., 2021)(Sun et al., 2018)(Marques & Silva, n.d.)(Das et al., 2020)(Luhar & Luhar, 2019)
Responsabilidad extendida del productor	(Mejame et al., 2018)(Sarath et al., 2017)(Long et al., 2016)(Hai et al., 2017)(Babayemi et al., 2017)(Cheng & Chang, 2018)(Parajuly et al., 2018)(Tran & Salhofer, 2018a)(Aminoff & Sundqvist-Andberg, 2021)(Marques & Silva, n.d.)(Singh et al., 2018)(Kumar et al., 2022)(Chen, Avarmaa, Taskinen, et al., 2021)(Lodhia et al., 2017)(Lennartsson et al., 2018)(Shittu et al., 2021)(Bressanelli et al., 2020)
Recuperación de productos	(Mejame et al., 2018)(Habuer et al., 2017)(Tran & Salhofer, 2018b)(Sarath et al., 2017)(Long et al., 2016)(Parajuly et al., 2018)(Tran & Salhofer, 2018a)(Novais et al., 2021)(Aminoff & Sundqvist-Andberg, 2021)(Singh et al., 2018)(Lennartsson et al., 2018)(Tunali et al., 2021)(Chen, Avarmaa, Klemettinen, et al., 2021)(Doan et al., 2021)(Rosa et al., 2021)(Pekarkova et al., 2021)
Infraestructura de reutilización/reciclado	(Varshney et al., 2017)(Tue et al., 2017)(Tran & Salhofer, 2018b)(Owusu-Sekyere et al., 2022)(Sarath et al., 2017)(Long et al., 2016)(Hai et al., 2017)(Cheng & Chang, 2018)(Parajuly et al., 2018)(Tran & Salhofer, 2018a)(Aminoff & Sundqvist-Andberg, 2021)(Belyamani

et al., 2021)(Sun et al., 2018)(Das et al., 2020)(Singh et al., 2018)(Chen, Avarmaa, Taskinen, et al., 2021)(Shittu et al., 2021)(Bressanelli et al., 2020)(Chen, Avarmaa, Klemettinen, et al., 2021)(Doan et al., 2021)(Jayarajan et al., 2018) (Duflou et al., 2020)(Arshadi et al., 2020)(Hamouda et al., 2017)

Otra acción que se resalta es la responsabilidad extendida al productor que como el mismo nombre indica consiste en que el productor se encarga de realizar la recuperación del producto a través de un sistema de logística y reciclaje una vez concluida su vida útil. Por otra parte, una de las acciones más necesarias es crear una infraestructura que permita recuperar, reutilizar y reciclar los productos de una manera amigable con el medio ambiente.

5. DISCUSIÓN

Los desechos electrónicos contienen sustancias tóxicas que son altamente peligrosas como plomo y cadmio en placas de circuitos (Jayarajan et al., 2018), según (Makam et al., 2018) están compuestos por partes eléctricas o electrónicas no deseadas que contienen una gran cantidad de diversos materiales nocivos y no son biodegradables.

En concordancia con algunos autores, (Öztürk, 2015) coincide en señalar que los desechos electrónicos son un problema común para todos los países del mundo y necesitan soluciones internacionales de gestión de desechos electrónicos. Una de ellas sería crear estrategias de gestión de desechos electrónicos basadas en la realidad de los países. Para (Öztürk, 2015) el objetivo principal de la gestión de desechos electrónicos es fijar la tasa de crecimiento del e-waste al principio y luego reducirla. Concordando con (Jayarajan et al., 2018) dado que manifiesta que la generación de desechos electrónicos no se puede controlar, pero sus efectos nocivos se pueden reducir con un sistema adecuado de gestión de desechos electrónicos.

Entre los métodos de gestión de desechos electrónicos resaltan el vertedero, baño ácido, incineración, reciclaje de residuos electrónicos y reutilización de dispositivos electrónicos. (Makam et al., 2018) Para (Shittu et al., 2021) existen cuatro escenarios los cuales consisten en la recolección formal, en donde los RAEE son transportados a instalaciones de tratamiento especializados, el segundo escenario consiste en que los RAEE son destinados a vertederos o incineración, el tercer escenario consiste en el mal tratamiento de los RAEE los cuales pueden no ser ambientalmente racional o estar destinados a la exportación ilegal y el cuarto escenario consiste en la recolección informal, en donde los recolectores recurren a la quema al aire libre y la lixiviación ácida para la extracción de metales. Por su parte (Lu et al., 2015) señala que existen tres métodos de tratamiento populares, que incluyen métodos de tratamiento químico, físico y biológico. El primero consiste en la obtención u extracción de metales a altas y bajas temperaturas respectivamente. La segunda técnica incluye el desmantelamiento, la pulverización y la separación magnética y el tercero se da través de la lixiviación microbiana. Se puede decir que la mayoría de basura electrónica se vierte en vertederos o se incineran, los métodos de gestión de desechos electrónicos plasman significativos riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores entre las más utilizadas por el sector informal es la quema a cielo abierto y lixiviación ácida.

En la ausencia de un sistema amplio (Makam et al., 2018) y la ausencia de políticas pertinentes e infraestructura de apoyo, muchos países en desarrollo luchan por establecer un sistema de gestión de residuos orientado a los recursos (Parajuly et al., 2018). Para (Öztürk, 2015) la gestión de estos desechos es fundamental tanto por su valor económico como por la sostenibilidad de la materia prima. De acuerdo con (Parajuly et al., 2018) la población en algunos países en desarrollo depende de actividades informales de reciclaje de desechos para su supervivencia diaria. Desafortunadamente gran parte de la población trabajadora que están involucrados en el sector informal, no están informados sobre el manejo adecuado de la basura electrónica.

De acuerdo con (Novais et al., 2021) la falta de una legislación específica sobre desechos electrónicos, la fuerte participación de "pueblos artesanales" y la falta de datos de monitoreo, lleva a la necesidad de nuevas políticas ambientales que requieren la integración de la responsabilidad de los interesados con sus productos con respecto al ciclo de vida del producto. Por otro lado (Makam et al., 2018) señala que implica una obligación adicional para el fabricante del artículo de crear una naturaleza sólida del producto, así como recuperar los artículos obsoletos y ocuparse del despilfarro electrónico.

Para tratar la problemática del e-waste, de la revisión bibliográfica se puede resaltar propuestas planteadas en el desarrollo de los artículos seleccionados, teniendo como resultado que (Novais et al., 2021) sugiere evaluar el potencial de recuperación de material de los desechos electrónicos para proporcionar datos confiables y respaldar estrategias comerciales y políticas públicas sobre la gestión de desechos electrónicos como un desafío urbano para las ciudades. En cambio (Jayarajan et al., 2018) propone un sistema de monitoreo para vertederos de desechos electrónicos a través de teléfonos inteligentes, que consiste en procesar imágenes correspondientes al área ocupada por el e-waste con fecha y hora a una carpeta en el sistema del servidor. Por otro lado (Parajuly et al., 2018) propone la cuantificación de importaciones, ventas y uso de productos electrónicos y mapeo de los flujos de materiales en el sistema de reciclaje existente. Algo que tienen en común las propuestas expuestas es que se orientan a la utilización de Tics y el registro del e-waste.

6. CONCLUSIÓN

Si bien es cierto se utilizan diversas metodologías para poder cuantificar el nivel de e-waste generados a nivel mundial, a ciencia cierta aún no se conoce con exactitud la cantidad de desechos electrónicos que llega a producirse, dado que, a raíz de la inadecuada gestión de los RAEE y la falta de monitoreo constante, se vuelve casi imposible conocer los datos formales de los desechos electrónicos, permitiendo solo dar valores correspondientes a estimaciones.

La cantidad de documentos que proponen un registro/inventario de los RAEE es precisamente baja sin embargo hoy en día se cuenta con muchas herramientas derivadas de la tecnología de información las cuales pueden resultar de mucha ayuda en el propósito de mejorar la gestión de estos residuos como por ejemplo la tecnología en la nube, dicha herramienta ha sido utilizada estrictamente para la simplificación de la práctica de reciclaje e-waste.

Actualmente se están desarrollando más artículos orientados a las problemáticas del e-waste, el impacto que ocasiona y las posibles estrategias para tratar el problema. Entre los modelos de gestión más utilizados se pueden mencionar a la responsabilidad extendida al productor, productos con ciclos de vida extendidos, la concientización, registro del e-waste, proyectos de ley adecuado para que la gestión de desechos electrónicos sea eficaz, la recolección selectiva y la economía circular.

La correcta gestión y reciclaje de los RAEE puede conllevar beneficios en diferentes ámbitos, no solo al medio ambiente, por ello las empresas públicas y privadas están vinculándose cada día más con la economía circular y han desarrollado acciones orientadas a la utilización de Tics para la reutilización, conllevando a ampliar el ciclo de vida de un producto para que pueda ser utilizado varias veces, creando sistemas de logística para la recolección de los RAEE, incentivando a la recolección a través de campañas o programas como puntos verdes para que los usuarios depositen los RAEE una vez culminada su vida útil.

Entre los resultados obtenidos para proponer acciones que mejoren la gestión de los RAEE se obtiene que un 60% de los autores seleccionados para el mapeo sistemático proponen reutilizar los e-waste y hacen hincapié para la creación de una infraestructura necesaria para el tratamiento del e-waste, el 48% hacen alusión a la responsabilidad extendida al productor, mientras que 33% plantean la instrumentación de proyectos de ley efectivos para la gestión de desechos electrónicos. En conclusión, para obtener posibles mejoras en el impacto del e-waste

se deben analizar las características de los productos antes de iniciar la cadena de gestión de los RAEE que comprende la recogida, transporte a los lugares de tratamiento, separación del producto y finalmente la recuperación del e-waste, para así poder optimizar los recursos en el reciclaje, también se debe implementar un análisis de flujo de materiales para recoger datos que permitan conocer con más acierto el volumen del e-waste y comenzar a llevar un control para medir la magnitud del problema.

7. REFERENCIAS

- Aminoff, A., & Sundqvist-Andberg, H. (2021). Constraints leading to system-level lock-ins—the case of electronic waste management in the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 322. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129029>
- Arshadi, M., Yaghmaei, S., & Esmaeili, A. (2020). Evaluating the optimal digestion method and value distribution of precious metals from different waste printed circuit boards. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(5), 1690–1698. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01043-0>
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2014). *Primer Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria Académica*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9506>
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2017). *Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14450>
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2018). *4to. Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria académica*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16318>
- Ayala Carabajo, R., Llerena Izquierdo, J., Parra, P., Vega Ureta, N., Hernández, A., Romero, I., Silva, J., Rojas, T., Pérez Gosende, P., Yaguana, T., Cueva, J., Sumba, N., Gonzaga Acuña, A., López Chila, R., Caballero, E., Portugal, D., Medina, F., Mendieta, N., Caamaño, L., ... Parra, P. (2016). *Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad Memoria académica*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12776>
- Ayala, R., Llerena, J., Parra, P., Vega Ureta, N., Hernández, A., Romero, I., & Cueva, J. (2016). *Segundo Congreso Salesiano de Ciencia. Tecnología e Innovación Para La Sociedad*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12776>
- Babayemi, J. O., Osibanjo, O., & Weber, R. (2017). Material and substance flow analysis of mobile phones in Nigeria: a step for progressing e-waste management strategy. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(2), 731–742. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0472-5>
- Belyamani, I., Maris, J., Bourdon, S., Brossard, J. M., Cauret, L., Fontaine, L., & Montebault, V. (2021). Toward recycling "unsortable" post-consumer WEEE stream: Characterization and impact of electron beam irradiation on mechanical properties. *Journal of Cleaner Production*, 294. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126300>
- Bressanelli, G., Sacconi, N., Pigosso, D. C. A., & Perona, M. (2020). Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda. In *Sustainable Production and Consumption* (Vol. 23, pp. 174–188). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.05.007>
- Chen, M., Avarmaa, K., Klemettinen, L., O'Brien, H., Shi, J., Taskinen, P., Lindberg, D., & Jokilaakso, A. (2021). Precious Metal Distributions Between Copper Matte and Slag at High PSO₂ in WEEE Reprocessing. *Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science*, 52(2), 871–882. <https://doi.org/10.1007/s11663-021-02059-z>
- Chen, M., Avarmaa, K., Taskinen, P., Klemettinen, L., Michallik, R., O'Brien, H., & Jokilaakso, A. (2021). Handling trace elements in WEEE recycling through copper smelting—an experimental and thermodynamic study. *Minerals Engineering*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.107189>
- Cheng, C. P., & Chang, T. C. (2018). The development and prospects of the waste electrical and electronic equipment recycling system in Taiwan. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 667–677. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0612-6>

- Das, A., Debnath, B., Modak, N., Das, A., & De, D. (2020). E-waste Inventorisation for Sustainable Smart Cities in India: A Cloud-based Framework. *Proceedings of 2020 IEEE International Women in Engineering (WIE) Conference on Electrical and Computer Engineering, WIECON-ECE 2020*, 332–335. <https://doi.org/10.1109/WIECON-ECE52138.2020.9397960>
- de la Nube Toral Sarmiento, A., Loaiza Martínez, M. de L., Llerena Izquierdo, J., Ayala Carabajo, R., Torres Toukoumidis, A., Romero-Rodríguez, L. M., Aguaded, I., Vega Ureta, N. T., Fuentes Espinoza, P. G., Peñafiel Caicedo, J. A., & others. (2018). *4to. Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria académica*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16318>
- Doan, L. T. T., Amer, Y., Lee, S. H., Phuc, P. N. K., & Tran, T. T. (2021). Optimizing a reverse supply chain network for electronic waste under risk and uncertain factors. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(4), 2–21. <https://doi.org/10.3390/app11041946>
- Duflou, J. R., Boudewijn, A., Cattrysse, D., Wagner, F., Accili, A., Dimitrova, G., & Peeters, J. R. (2020). Product clustering as a strategy for enhanced plastics recycling from WEEE. *CIRP Annals*, 69(1), 29–32. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.04.080>
- Habuer, Nakatani, J., & Moriguchi, Y. (2017). Resource-availability scenario analysis for formal and informal recycling of end-of-life electrical and electronic equipment in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(2), 599–611. <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0452-1>
- Hai, H. T., Hung, H. V., & Quang, N. D. (2017). An overview of electronic waste recycling in Vietnam. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(1), 536–544. <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0448-x>
- Hamouda, K., Rotter, V. S., & Korf, N. (2017). Methodological approach to improving WEEE assessment in emerging economies. *2016 Electronics Goes Green 2016+, EGG 2016*. <https://doi.org/10.1109/EGG.2016.7829844>
- Izquierdo, J. F. L. (2019). El Reciclaje Como Alternativa Al Desperdicio Electrónico: Compromiso Ciudadano Como Elemento Básico En La Preparación Profesional De Los Estudiantes De Computación De La Universidad Politécnica Salesiana. *El Reciclaje Como Alternativa Al Desperdicio Electrónico: Compromiso Ciudadano Como Elemento Básico En La Preparación Profesional De Los Estudiantes De Computación De La Universidad Politécnica Salesiana*.
- Jayarajan, P., Thenmozhi, S., Maheswar, R., Malathy, S., & Udaiyakumar, R. (2018). Smart Cloud Enabled E-Waste Management System. *2018 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2018*. <https://doi.org/10.1109/ICCCI.2018.8441476>
- Kumar, A., Gaur, D., Liu, Y., & Sharma, D. (2022). Sustainable waste electrical and electronic equipment management guide in emerging economies context: A structural model approach. *Journal of Cleaner Production*, 336. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130391>
- Lennartsson, A., Engström, F., Samuelsson, C., Björkman, B., & Pettersson, J. (2018). Large-Scale WEEE Recycling Integrated in an Ore-Based Cu-Extraction System. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 4(2), 222–232. <https://doi.org/10.1007/s40831-018-0157-5>
- Liu, X., Lu, X., Feng, Y., Zhang, L., & Yuan, Z. (2022). Recycled WEEE plastics in China: Generation trend and environmental impacts. *Resources, Conservation and Recycling*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105978>
- Llerena Izquierdo, J. (2014). *Presentación. Primer Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria Académica*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10961>

- Llerena Izquierdo, J. (2021, January 10). *El Trabajo en Equipo Aligera la Carga*. <https://pure.ups.edu.ec/es/publications/el-trabajo-en-equipo-aligera-la-carga>
- Llerena Izquierdo, J. F. (2019). El Reciclaje Como Alternativa Al Desperdicio Electrónico: Compromiso Ciudadano Como Elemento Básico En La Preparación Profesional De Los Estudiantes De Computación De La Universidad Politécnica Salesiana. *El Reciclaje Como Alternativa Al Desperdicio Electrónico: Compromiso Ciudadano Como Elemento Básico En La Preparación Profesional De Los Estudiantes De Computación De La Universidad Politécnica Salesiana*. <https://pure.ups.edu.ec/es/publications/recycling-as-an-alternative-to-electronic-waste-citizen-engagemen>
- Llerena Izquierdo, J., Naranjo Sánchez, R., Zambrano Santos, M., & Espol. (2018, July 5). *Sistema de información geográfico socioeconómico y del medio ambiente*. Espol. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/43942>
- Llerena Izquierdo, J., Ortiz Rojas, J. G., Mora Saltos, N. S., & Freire, L. (2009, February 20). *Sistema de Gestión de Asistencia Institucional, SIGAI*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/767>
- Lodhia, S., Martin, N., & Rice, J. (2017). Extended Producer Responsibility for waste televisions and computers: A regulatory evaluation of the Australian experience. *Journal of Cleaner Production*, 164, 927–938. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.020>
- Long, E., Kokke, S., Lundie, D., Shaw, N., Ijomah, W., & chuan Kao, C. (2016). Technical solutions to improve global sustainable management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in the EU and China. *Journal of Remanufacturing*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s13243-015-0023-6>
- Lu, C., Zhang, L., Zhong, Y., Ren, W., Tobias, M., Mu, Z., Ma, Z., Geng, Y., & Xue, B. (2015). An overview of e-waste management in China. In *Journal of Material Cycles and Waste Management* (Vol. 17, Issue 1). Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/s10163-014-0256-8>
- Luhar, S., & Luhar, I. (2019). Potential application of E-wastes in construction industry: A review. In *Construction and Building Materials* (Vol. 203, pp. 222–240). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.080>
- Makam, A. N., K, P. M., Varalakshmi, & P, J. (2018). E-Waste Management Methods in Bangalore. *2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)*, 6–11. <https://doi.org/10.1109/ICGCIoT.2018.8752976>
- Marques, C. G., & Silva, V. G. Da. (n.d.). *E-Waste in Portugal-A higher education-based study*.
- Mejame, P. P. M., Kim, Y. M., Lee, D. S., & Lim, S. R. (2018). Effect of technology development on potential environmental impacts from heavy metals in waste smartphones. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 100–109. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0548-2>
- Novais, M. P. De, Xavier, V. D. A., Xavier, L. H., & Hwang, J. (2021). Modelling e-waste management data in smart cities. *2021 2nd Sustainable Cities Latin America Conference, SCLA 2021*. <https://doi.org/10.1109/SCLA53004.2021.9540096>
- Owusu-Sekyere, K., Batteiger, A., Afoblikame, R., Hafner, G., & Kranert, M. (2022). Assessing data in the informal e-waste sector: The Agbogboshie Scrapyard. *Waste Management*, 139, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.026>
- Öztürk, T. (2015). Generation and management of electrical–electronic waste (e-waste) in Turkey. In *Journal of Material Cycles and Waste Management* (Vol. 17, Issue 3, pp. 411–421). Springer Tokyo. <https://doi.org/10.1007/s10163-014-0258-6>
- Parajuly, K., Thapa, K. B., Cimpan, C., & Wenzel, H. (2018). Electronic waste and informal recycling

- in Kathmandu, Nepal: challenges and opportunities. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 656–666. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0610-8>
- Pazmiño Sánchez, C. A. (2021). *Protocolo Lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la Industria ganadera del Ecuador: Una revisión sistemática*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20340>
- Pekarkova, Z., Williams, I. D., Emery, L., & Bone, R. (2021). Economic and climate impacts from the incorrect disposal of WEEE. *Resources, Conservation and Recycling*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105470>
- Rosa, A. D. La, Grammatikos, S., Ursan, G. A., Aradoaei, S., Summerscales, J., Ciobanu, R. C., & Schreiner, C. M. (2021). Recovery of electronic wastes as fillers for electromagnetic shielding in building components: An LCA study. *Journal of Cleaner Production*, 280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124593>
- Sarath, P., Bonda, S., Mohanty, S., & Nayak, S. K. (2017). Identification and thermomechanical characterization of polymers recovered from mobile phone waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1391–1399. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0525-9>
- Shittu, O. S., Williams, I. D., & Shaw, P. J. (2021). Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. In *Waste Management* (Vol. 120, pp. 549–563). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.016>
- Singh, M., Thind, P. S., & John, S. (2018). An analysis on e-waste generation in Chandigarh: quantification, disposal pattern and future predictions. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(3), 1625–1637. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0726-5>
- Sun, Q., Wang, C., shui Zuo, L., & hua Lu, F. (2018). Digital empowerment in a WEEE collection business ecosystem: A comparative study of two typical cases in China. *Journal of Cleaner Production*, 184, 414–422. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.114>
- Tran, C. D., & Salhofer, S. P. (2018a). Analysis of recycling structures for e-waste in Vietnam. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 110–126. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0549-1>
- Tran, C. D., & Salhofer, S. P. (2018b). Processes in informal end-processing of e-waste generated from personal computers in Vietnam. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(2), 1154–1178. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0678-1>
- Tue, N. M., Goto, A., Takahashi, S., Itai, T., Asante, K. A., Nomiya, K., Tanabe, S., & Kunisue, T. (2017). Soil contamination by halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons from open burning of e-waste in Agbogbloshie (Accra, Ghana). *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1324–1332. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0568-y>
- Tunali, M., Tunali, M. M., & Yenigun, O. (2021). Characterization of different types of electronic waste: heavy metal, precious metal and rare earth element content by comparing different digestion methods. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(1), 149–157. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01108-0>
- Varshney, S., Jain, P., & Srivastava, S. (2017). Application of ameliorated wood pulp to recover Cd(II), Pb(II), and Ni(II) from e-waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1446–1456. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0539-3>