



Reciclaje electrónico: proceso de desmantelamiento de equipos de cómputo y clasificación de partes

Electronic recycling: the process of dismantling computer equipment and sorting parts

Reciclagem eletrônica: processo de desmontagem de equipamentos informáticos e triagem de peças

Juan Carlos Yungán-Cazar ^I

jyungan@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5682-0399>

Katherine Adriana Merino-Villa ^{II}

kathetine.merino@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-0616-9611>

Diego Alejandro Cáceres-Veintimilla ^{III}

diego.caceres@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0498-1240>

Edgar Gualberto Salazar-Álvarez ^{IV}

edgar.salazar@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0988-0641>

Correspondencia: jyungan@esPOCH.edu.ec

Ciencias de la Comunicación

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 05 de junio de 2024 * **Aceptado:** 17 de julio de 2024 * **Publicado:** 16 de agosto de 2024

- I. Magíster en Interconectividad de Redes, Ingeniero en Sistemas Informáticos, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago, Riobamba, Ecuador.
- II. Magíster en Seguridad Telemática, Máster Universitario en Dirección y Gestión de Tecnología de la Información, Ingeniera en Electrónica Telecomunicaciones y Redes Escuela Superior, Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Evaluación y Auditoría de Sistemas Tecnológicos, Ingeniero en Sistemas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Riobamba, Ecuador.
- IV. Magíster en Matemática Básica, Ingeniero en Sistemas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Riobamba, Ecuador.

Resumen

Esta investigación desarrolla una metodología para el desmantelamiento y clasificación de componentes de equipos portátiles completos obsoletos, con el objetivo de optimizar el tiempo requerido para estas actividades en cumplimiento con las normativas ecuatorianas de AEE, bajo el proyecto de vinculación REBRETEC de la ESPOCH sede Morona Santiago. El procedimiento abarca desde la preparación inicial, extracción de la batería, separación de carcasas, retiro de la pantalla y PCB, hasta la clasificación final de componentes, con un tiempo promedio de 75 minutos por unidad. La metodología asegura eficiencia y seguridad en el manejo de residuos electrónicos, promoviendo la sostenibilidad ambiental y el cumplimiento regulatorio. Este estudio proporciona una base sólida para futuras implementaciones en reciclaje de RAEE en contextos académicos y vinculantes con la sociedad.

Palabras clave: Reciclaje electrónico; Desmantelamiento; Clasificación de partes de computadora.

Abstract

This research develops a methodology for the dismantling and classification of components of complete obsolete portable equipment, with the objective of optimizing the time required for these activities in compliance with Ecuadorian EEE regulations, under the REBRETEC linkage project of ESPOCH Morona Santiago headquarters. The procedure covers from the initial preparation, battery extraction, casing separation, screen and PCB removal, to the final classification of components, with an average time of 75 minutes per unit. The methodology ensures efficiency and safety in the management of electronic waste, promoting environmental sustainability and regulatory compliance. This study provides a solid basis for future implementations in WEEE recycling in academic and social contexts.

Keywords: Electronic recycling; Dismantling; Classification of computer parts.

Resumo

Esta investigação desenvolve uma metodologia para a desmontagem e classificação de componentes de equipamentos portáteis completos obsoletos, com o objetivo de otimizar o tempo necessário para estas atividades em conformidade com a regulamentação EEE equatoriana, no

âmbito do projeto de ligação REBRETEC da sede da ESPOCH Morona Santiago . O procedimento vai desde a preparação inicial, remoção da bateria, separação do invólucro, remoção do ecrã e da placa de circuito impresso, até à classificação final dos componentes, com um tempo médio de 75 minutos por unidade. A metodologia garante eficiência e segurança na gestão de resíduos eletrônicos, promovendo a sustentabilidade ambiental e a conformidade regulamentar. Este estudo fornece uma base sólida para futuras implementações de reciclagem de REEE em contextos acadêmicos e sociais.

Palavras-chave: Reciclagem eletrônica; Desmontagem; Classificação de peças de computador.

Introducción

En la era digital actual, los equipos de cómputo se han convertido en herramientas indispensables para el trabajo, la educación, el entretenimiento y la comunicación. Sin embargo, el rápido avance tecnológico genera un volumen cada vez mayor de residuos electrónicos, incluyendo computadoras obsoletas o dañadas. Estos dispositivos, conocidos como "basura electrónica" o "e-waste", contienen químicos peligrosos como plomo, mercurio y cadmio, que pueden contaminar el suelo y el agua si no se manejan adecuadamente.

En este contexto, el reciclaje de equipos de cómputo emerge como una práctica fundamental para la gestión sostenible de estos residuos electrónicos. Este proceso permite recuperar valiosos materiales como oro, cobre, aluminio y plástico, que pueden ser reutilizados en la fabricación de nuevos productos. Además, el reciclaje contribuye a reducir la demanda de recursos naturales y la contaminación ambiental asociada a la extracción y procesamiento de materias primas.

Es por esto que, la ESPOCH sede Morona Santiago, comprometida con la responsabilidad ambiental y la reducción de la brecha digital, aprueba el proyecto de vinculación denominado “REDUCCIÓN DE LA BRECHA TECNOLÓGICA DIGITAL A TRAVÉS DE ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA AGENDA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL 2022-2025 EN EL CANTÓN MORONA” REBRETEC aprobado mediante resolución de consejo politécnico 062. CP.2023 el 7 de febrero de 2023 con una vigencia de 2 años.

Este proyecto tiene como finalidad recolectar, reciclar y repotenciar equipos de cómputo con el fin de contribuir a la disminución de la brecha digital existente en el cantón Morona. Como parte del

proyecto, se ha establecido la necesidad de la creación de un proceso de desmantelaje y clasificación de partes y piezas recuperables de los equipos de cómputo portátiles.

RAEE en el contexto ecuatoriano

El reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Ecuador se enmarca dentro de una estrategia nacional que busca enfrentar los crecientes desafíos ambientales asociados con la digitalización y el consumo de tecnología. Ecuador, al igual que muchos países de América Latina, se enfrenta a un aumento significativo en la generación de RAEE, alcanzando alrededor de 88 mil toneladas en 2020 (*Guía gestión de RAEE en Ecuador, 2024*).

El país ha implementado políticas y normativas específicas para la gestión de estos residuos, destacando el Código Orgánico del Ambiente (COA), el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA), y los Acuerdos Ministeriales 067 y 097. Estos marcos legales establecen responsabilidades para los productores, importadores, distribuidores y consumidores de aparatos eléctricos y electrónicos, promoviendo la responsabilidad extendida del productor (REP).

Además, Ecuador ha adoptado el modelo de economía circular en la gestión de RAEE, buscando maximizar la reutilización de materiales y minimizar la generación de residuos. La normativa exige que los productores implementen programas de gestión integral para asegurar la recolección, tratamiento y disposición final adecuados de los RAEE. Los esfuerzos incluyen la sensibilización de la ciudadanía, la promoción de la reparación y reutilización de dispositivos, y el establecimiento de centros especializados para el reciclaje de estos residuos. (*Guía gestión de RAEE en Ecuador, 2024*).

Normativa ecuatoriana referente a los RAEE

Las principales normativas vigentes en Ecuador para la gestión de RAEE incluyen:

- Código Orgánico del Ambiente (COA): Establece las disposiciones generales para la gestión integral de residuos, incluyendo los RAEE. Este código define las obligaciones y responsabilidades de los productores, importadores, distribuidores y consumidores. (Ley 0 Registro Oficial Suplemento, 2012)
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA): Detalla la normativa necesaria para hacer aplicables las disposiciones del COA, incluyendo la planificación del desarrollo

y ordenamiento territorial, la gestión de proyectos que puedan impactar los ecosistemas naturales, y la participación ciudadana en la gestión ambiental. (Decreto Ejecutivo 752 Registro Oficial Suplemento 507, 2019)

- Acuerdo Ministerial 067: Enfocado en la responsabilidad extendida del productor para la gestión de RAEE de origen doméstico. Este acuerdo obliga a los productores a implementar mecanismos para la recolección y gestión de los RAEE, incluyendo la logística inversa y establece sanciones para el incumplimiento. (Ministerio de Finanzas, 2019)
- Acuerdo Ministerial 097: Aplica la responsabilidad extendida del productor a la gestión de lámparas de descarga y LED en desuso. Establece que estos productos son considerados residuos especiales peligrosos y detalla las responsabilidades de los productores en la recolección y tratamiento de estos residuos. (Acuerdo Ministerial 97 Registro Oficial Edición Especial 387, 2003)

Estas normativas aseguran que la gestión de los RAEE en Ecuador se realice de manera adecuada desde el punto de ambiental, protegiendo la salud humana y el medio ambiente, y promoviendo una economía circular.

Etapas del reciclaje

El reciclaje es el proceso mediante el cual los materiales usados son recolectados, procesados y transformados en nuevos productos. Este proceso es crucial para reducir la cantidad de residuos que llegan a los vertederos, conservar recursos naturales, y disminuir la huella de carbono y otros impactos ambientales negativos. El proceso consta de las siguientes etapas:

Recolección y separación: Los materiales reciclables son recolectados de diversos puntos, como hogares, empresas y centros de recolección. La separación adecuada de estos materiales es esencial para asegurar la calidad del reciclaje. Los materiales se clasifican según su tipo (plásticos, metales, papel, vidrio, etc.).

Transporte: Los materiales separados son transportados a instalaciones de reciclaje. Este transporte debe cumplir con regulaciones ambientales para evitar la contaminación durante el proceso.

Procesamiento y limpieza: En las plantas de reciclaje, los materiales son limpiados y procesados. Esto puede incluir el triturado, fundido, desmantelamiento de componentes electrónicos, y eliminación de contaminantes.

Transformación: Los materiales procesados se convierten en materia prima para nuevos productos. Por ejemplo, el plástico puede transformarse en nuevas botellas, el metal en partes de automóviles, y el vidrio en nuevos envases.

Fabricación: Las materias primas recicladas son utilizadas para fabricar nuevos productos. Este paso cierra el ciclo del reciclaje, integrando nuevamente los materiales en la economía y reduciendo la necesidad de extraer recursos naturales. (*Guía gestión de RAEE en Ecuador, 2024*).

Puntos de recolección primaria

Los puntos de recolección primaria son lugares habilitados para recibir RAEE, permitiendo a los usuarios finales devolver estos residuos de manera segura. Estos puntos deben estar equipados para manejar los RAEE sin causar daños al ambiente o a la salud humana y deben cumplir con la normativa vigente en cuanto a seguridad y condiciones de almacenamiento.

Los puntos de recolección primaria tienen la responsabilidad de: almacenar los RAEE en condiciones adecuadas, capacitar al personal y proveer el equipo de protección personal necesario, recibir RAEE sin requerir la compra de nuevos productos, coordinar la entrega de RAEE a gestores ambientales autorizados.

Proyecto de vinculación REBRETEC

El proyecto de vinculación "REDUCCIÓN DE LA BRECHA TECNOLÓGICA DIGITAL A TRAVÉS DE ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA AGENDA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL 2022-2025 EN EL CANTÓN MORONA", desarrollado por docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago, busca abordar el creciente problema de los desechos electrónicos en el cantón Morona mediante la recolección, reciclaje y reutilización de partes y piezas de equipos de cómputo.

El objetivo del proyecto REBRETEC es alcanzar un impacto favorable tanto en el medio ambiente al disminuir la cantidad de residuos electrónicos que se desechan en contenedores de basura, lo que conllevaría a la reducción de la contaminación.

En términos de sustentabilidad, el proyecto incluye capacitaciones para la comunidad, orientadas a enseñar la utilización correcta de las herramientas informáticas y a promover una cultura de

recolección y reutilización de los recursos tecnológicos, sino que también impulsa el desarrollo tecnológico en las instituciones educativas, apoyando el aprendizaje y la inclusión digital.

Actualmente, mediante el proyecto de vinculación REBRETEC la ESPOCH sede Morona Santiago se ha convertido en un punto de recolección primaria estableciéndose un área de desmontaje y almacenamiento temporal. Por lo que una metodología para el desmontaje y categorización de equipos informáticos bien definida es requerida. (Rebretec, 2022).

Componentes claves de los equipos de cómputo

Los residuos de computadores e insumos informáticos representan una porción significativa de los RAEE. Estos dispositivos contienen una variedad de materiales valiosos y peligrosos, lo que hace que su correcta gestión sea vital tanto para la recuperación de recursos como para la protección ambiental. Los componentes clave según la maqueta RAEE son:

- **Placas de circuitos impresos (PCB):** Contienen cobre, oro, plata, y otros metales preciosos que pueden recuperarse mediante procesos de reciclaje avanzados. Sin embargo, también contienen sustancias tóxicas como plomo y mercurio, que requieren un manejo especializado.
- **Pantallas y monitores:** Las pantallas LCD y CRT contienen vidrio, plásticos, y metales. Las CRT, en particular, tienen plomo en el vidrio que necesita ser gestionado adecuadamente para evitar la contaminación.
- **Baterías:** Las baterías de equipos de cómputo portátiles y otros dispositivos pueden contener litio, cobalto, y níquel. Estos materiales son reciclables, pero las baterías también pueden ser peligrosas si no se manejan correctamente, ya que pueden causar incendios o liberar sustancias tóxicas.
- **Carcasas y plásticos:** Los plásticos de las carcasas de computadores pueden ser reciclados y reutilizados en la fabricación de nuevos productos. Estos plásticos a menudo contienen retardantes de llama que necesitan ser eliminados de manera segura.

Materiales y métodos

En cumplimiento del primer componente descrito en el perfil del proyecto REBRETEC que plantea la actividad de reciclaje de equipos de cómputo aplicando las recomendaciones técnicas que garanticen el menor impacto ambiental, se plantea la realización de una campaña de recolección

de equipos de cómputo en el cantón Morona. Como resultado de esta actividad se identifican 37 equipos portátiles, 1 monitor y 5 CPU's, que deben ser desmantelados debido a que sus partes y piezas no son funcionales u obsoletas:

Materiales

Para la realización de estas dos actividades se cuenta con la participación de 4 docentes, 7 estudiantes y se designa como punto de almacenamiento temporal de equipos de cómputo receptados en el proyecto REBRETTEC un espacio que cumple con las recomendaciones ambientales dentro de la infraestructura de la ESPOCH sede Morona Santiago.

A continuación, se listan los recursos a disposición para la realización de las actividades de desmantelamiento y clasificación:

Equipos

- 4 multímetro (para comprobar baterías)
- 1 balanza

Herramientas

- 10 juegos de destornilladores
- 10 pinzas de punta fina
- 2 extractores de componentes

Insumos de protección

- 11 pares de guantes de protección
- 11 gafas de seguridad
- 11 mascarillas

Mobiliario utilizado

- Dos estanterías
- 10 mesas de trabajo
- 14 sillas

Insumos de embalaje y empacado

- 10 contenedores de separación (para PCB, pantallas, baterías, plásticos)
- Etiquetas

Metodología de desmantelamiento

A continuación, se establece el procedimiento de desmantelamiento a seguir para cada equipo portátil:

Preparación

Paso 1: Colocar los equipos de cómputo portátiles sobre la mesa de trabajo.

Paso 2: Desconectar los equipos de cómputo portátiles de cualquier fuente de energía.

Paso 3: Usar guantes y gafas de seguridad.

Extracción de la batería

Paso 1: Voltar los equipos de cómputo portátiles para acceder a la parte inferior.

Paso 2: Localizar y quitar los tornillos que aseguran la tapa de la batería.

Paso 3: Retirar la tapa y desconectar la batería del conector.

Paso 4: Extraer la batería y colocarla en el contenedor designado.

Separación de carcasas y plásticos

Paso 1: Quitar todos los tornillos visibles en la parte inferior y superior de la carcasa.

Paso 2: Usar el extractor de componentes para separar las carcasas con cuidado de no dañar las PCB internas.

Paso 3: Clasificar las carcasas de metal y plástico en sus respectivos contenedores.

Retiro de la pantalla

Paso 1: Desmontar la bisagra de la pantalla quitando los tornillos correspondientes.

Paso 2: Desconectar los cables de la pantalla (cable LVDS/eDP, cables de la webcam, antenas Wi-Fi).

Paso 3: Retirar la pantalla y colocarla en el contenedor designado.

Extracción de placas de circuitos impresos (PCB)

Paso 1: Localizar y desconectar todos los cables y conectores de la PCB.

Paso 2: Quitar los tornillos que aseguran la PCB al chasis.

Paso 3: Retirar la PCB y colocarla en el contenedor designado.

Clasificación final

Paso 1: Revisar todos los componentes desmontados para asegurarse de que están clasificados correctamente.

Paso 2: Almacenar temporalmente los contenedores en un área designada para su posterior procesamiento.

Resultados y discusión

Resultados

Para el análisis de resultados se considerarán los 37 equipos portátiles receptados, cabe mencionar que estos se encontraban completos.

Tiempo de desmantelamiento y clasificación

La Tabla 1 muestra el tiempo en minutos en que se tarda individualmente el desmantelamiento de un equipo de cómputo portátil.

Tabla 1: Tiempo de desmantelamiento y clasificación de un equipo portátil completo.

Etapa del proceso	Descripción	Tiempo estimado (min)
Preparación	Colocar la equipos de cómputo portátiles, desconectar energía, usar guantes y gafas	5
Extracción de la batería	Voltar equipos de cómputo portátiles, quitar tornillos, desconectar batería	10
Separación de carcasas y plásticos	Quitar tornillos, separar carcasas, clasificar materiales	15
Retiro de la pantalla	Desmontar bisagra, desconectar cables, retirar pantalla	20

Extracción de PCB	Desconectar cables, quitar tornillos, retirar PCB	15
Clasificación final	Revisar y clasificar componentes, almacenar contenedores	10
Total		75 min

Análisis: El proceso completo de desmantelamiento y clasificación de un equipo de cómputo portátil toma aproximadamente 75 minutos.

La Tabla 2 presenta el tiempo total utilizado para desmantelar 37 equipos de cómputo.

Tabla 2: Tiempo de desmantelamiento y clasificación de empleado para 37 equipos recolectados.

Número de equipos portátiles	Tiempo por equipos de cómputo portátiles (min)	Tiempo Total (min)
37	75	2775

Análisis: Se necesitaron aproximadamente 2775 minutos que equivale al rededor de 47 horas para desmantelar y clasificar 37 equipos de cómputo portátiles.

La Tabla 3, muestra el tiempo utilizado en el desmantelamiento y clasificación de los equipos de cómputo.

Tabla 3: Tiempo total empleado en el desmantelamiento y clasificación de 37 equipos recolectados con un equipo de trabajo de 11 personas

Número de Participantes	Tiempo Total (horas)	Tiempo por Participante (horas)	Tiempo por Día (7 horas de trabajo)	Días Necesarios
11	46.25	4.2045	7	6.61

Análisis: Con 4 docentes y 7 estudiantes trabajando 7 horas al día, se completarían las tareas en aproximadamente 7 días (considerando días completos de trabajo).

Estimación de costes

Con respecto al cálculo de la mano de obra se utiliza el sueldo mínimo de un Técnico en mantenimiento de computadoras:

1. **Salario Básico Mensual:** \$491,98
2. **Días Laborales por Mes:** 30 días
3. **Horas Laborales por Día:** 8 horas
 - **Salario Diario** = $\$491,98 / 30 \approx \$16,40$ por día
 - **Salario por Hora** = $\$16,40 / 8 \approx \$2,05$ por hora

Cálculo del costo total de mano de obra

Dado que hay 11 participantes trabajando un total de 46,25 horas:

1. **Costo por participante por hora:** \$2,05
2. **Costo por participante por días necesarios (6,61 días)** = $6,61 \text{ días} * \$16,40 \approx \$108,44$ por participante
3. **Costo total para 11 participantes** = $11 * \$108,44 \approx \$1.192,84$

Tabla 4: Estimación del costo de la mano de obra.

Concepto	Costo Total (USD)
Mano de Obra Total Estimada	\$1.192,84

- **Cálculo basado en salario mínimo mensual:** El cálculo utiliza el salario mínimo mensual de \$491,98, que corresponde al salario mínimo de un técnico en mantenimiento de computadoras:
- **Redondeo de días:** La cifra de 6,61 días se redondea en algunos contextos a 7 días completos, lo que incrementaría ligeramente el costo total.
- **Estimaciones generales:** Esta estimación es básica y no incluye posibles costos adicionales, como horas extras o beneficios adicionales. (Carchi & Martínez, 2024).

La Tabla 5 detalla el costo total de los materiales utilizados en este proceso.

TABLA 5: presupuesto total del proceso de desmantelamiento y clasificación de los 37 equipos recolectados con un equipo de trabajo de 11 personas

Recurso	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Herramientas			
Juego de destornilladores	10	\$5.00	\$50.00
Pinzas de punta fina	10	\$10.00	\$100.00
Extractor de componentes	2	\$20.00	\$40.00
Equipos			
Multímetro	4	\$25.00	\$100.00
Balanza	1	\$50.00	\$50.00
Insumos de protección			
Pares de guantes de protección	11	\$1.00	\$11.00
Gafas de seguridad	11	\$5.00	\$55.00
Mascarillas	11	\$2.00	\$22.00
Mobiliario utilizado			
Estanterías	2	\$100.00	\$200.00
Mesas de trabajo	10	\$50.00	\$500.00
Sillas	14	\$20.00	\$280.00
Insumos de embalaje y empacado			
Contenedores de separación	10	\$10.00	\$100.00
Etiquetas	1 paquete	\$3.00	\$3.00
Total Estimado			\$1,511.00

Peso

La Tabla 6 lista el peso de los elementos ya clasificados de un solo equipo portátil.

Tabla 6: Peso en gramos de las partes clasificadas de un equipo portátil.

Parte	Peso (g)
Batería	300
Carcasas de plástico	500
Pantalla	700
PCB	200
Otros plásticos	300

Total	2000 gramos
-------	-------------

Análisis: El peso total estimado de las partes clasificadas de un equipo de cómputo portátil es de 2000 gramos, tomando como referencia a una computadora portátil estándar de 15 pulgadas.

A continuación, en la Tabla 7, se lista el peso de las partes clasificadas.

TABLA 7: Peso total en gramos de las partes clasificadas de los 37 equipos portátiles

Parte	Peso Estimado (g)	Peso Total para 37 Equipos de cómputo portátiles (g)
Batería	300	11100
Carcasas de plástico	500	18500
Pantalla	700	25900
PCB	200	7400
Otros plásticos	300	11100
Total	2000 gramos	74000 gramos

Análisis: El peso total estimado de las partes clasificadas de 37 equipos de cómputo portátiles es de 74000 gramos (74 kg).

Discusión

Para la realización de esta actividad se identificaron varios aspectos que influyeron en su correcta realización:

Dificultad para remover baterías: Las baterías de los equipos de cómputo portátiles estaban adheridas con pegamento fuerte, lo que dificultaba su extracción manual, aumentando el tiempo de procesamiento y el riesgo de daños a los componentes.

Falta de herramientas adecuadas: El personal no contaba con herramientas específicas para la separación de componentes pequeños y delicados, como pinzas de precisión, destornilladores especializados y lupas, lo que afectaba la eficiencia y la precisión del proceso.

Espacio de trabajo limitado y poco organizado: El área de trabajo era pequeña y poco organizada, lo que dificultaba el movimiento de los equipos de cómputo portátiles, la separación de componentes y la clasificación de materiales, generando problemas y riesgos de accidentes.

Mal olor generado por los componentes electrónicos: El clima húmedo de Morona Santiago favorecía la generación de malos olores provenientes de los componentes electrónicos durante el proceso de desmantelamiento, afectando la comodidad del personal y generando molestias en las instalaciones.

Falta de un sistema de trazabilidad: No existía un sistema para registrar el origen, tipo, marca, modelo y destino de los equipos de cómputo portátiles y los materiales recuperados, lo que dificultaba la gestión del inventario, la rendición de cuentas y el seguimiento del impacto del proyecto.

Conclusiones

El reciclaje de computadoras es una práctica fundamental para la gestión sostenible de los residuos electrónicos y la recuperación de valiosos materiales. El estudio de caso del proceso de reciclaje en la ESPOCH Sede Morona Santiago ha identificado áreas de mejora y propuesto soluciones concretas para optimizar el proceso. La implementación de las medidas recomendadas puede generar importantes beneficios ambientales, sociales y económicos, contribuyendo al éxito del proyecto REBRETEC y al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible de la ESPOCH.

Referencias

1. Acuerdo Ministerial 97 Registro Oficial Edición Especial 387. (2003). REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto. Gob.ec. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
2. Decreto Ejecutivo 752 Registro Oficial Suplemento 507. (2019). REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. Gob.ec. <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>

3. Guía gestión de RAEE en Ecuador. (2024, abril 1). Repositorio digital - Repositorio digital y biblioteca de documentos relacionados a la Educación Ambiental; Repositorio digital. <https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/guia-gestion-de-raee-en-ecuador/>
4. Ley 0 Registro Oficial Suplemento. (2012). CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. Gob.ec. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
5. Ministerio de Finanzas. (2019). Acuerdo Ministerial 067. Gob.ec. https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/Anexo_Acuerdo-Ministerial-067-Normativa-de-Contabilidad-Gubernamental.pdf
6. Carchi, C., & Martínez, M. T. (2024, enero 5). Estos son los nuevos sueldos en Ecuador del 2024 para cada actividad económica. El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/sueldos-ecuador-2024-tablas-sectoriales-excel-pdf-nota/>
7. Ahirwar, R., & Tripathi, A. (2021). E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 15, 100409. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100409>.
8. Kaya, M. (2016). Recovery of metals and nonmetals from electronic waste by physical and chemical recycling processes.. *Waste management*, 57, 64-90 . <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.004>.
9. Tanskanen, P. (2013). Management and recycling of electronic waste. *Acta Materialia*, 61, 1001-1011. <https://doi.org/10.1016/J.ACTAMAT.2012.11.005>.
10. Chen, W., Kang, R., Das, D., & Pecht, M. (2009). Study on electronics recycling process. 2009 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 1602-1606. https://consensus.app/papers/study-electronics-recycling-process-chen/6a963b7ad231524d80a11d574b8c466a/?utm_source=chatgpt
11. Rebretec, D. M. (2022). Perfil del proyecto de vinculación REBRETEC.