

**ESTUDIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE EQUIPOS Y
ELEMENTOS DE CÓMPUTO GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

LUZ MARINA DUARTE GARCÍA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2019

**ESTUDIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE EQUIPOS Y
ELEMENTOS DE CÓMPUTO GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

LUZ MARINA DUARTE GARCÍA

Proyecto de grado para optar el título de Magíster en Ingeniería Ambiental

Director:

JOHN FABER ARCHILA DÍAZ

Doctor en Ingeniería Mecánica

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2019

DEDICATORIA

A Dios por su inmensa sabiduría y amor sobre las cosas, por darme fuerza en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi madre por el apoyo incondicional, por el ejemplo de perseverancia y dedicación

A mi esposo, por su compañía, apoyo y orientación en esta tarea que no es fácil, cuando se tiene muchos compromisos laborales

A todas las personas que de una u otra forma me ayudaran a realizar esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me apoyaron y guiaron en la realización de esta investigación:

Al doctor John Faber Archila, por su apoyo, orientación, persistencia y comprensión, lo cual hizo que se llevara a cabo esta investigación.

A mis compañeros de trabajo que de una u otra forma me ayudaron al desarrollo de esta investigación.

A la doctora Lilia Olaya Luengas, por su conocimiento y orientación durante la clasificación de los materiales.

A la ingeniera Leidy Johana Cerón, por su colaboración y compromiso en el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	16
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	19
1.1 NOMBRE DEL PROYECTO	19
1.2 RESPONSABLES DEL PROYECTO	19
1.3 ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO	19
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	26
1.5.1 Cumplimiento de la normatividad.	27
1.5.2 Responsabilidad como generadores	28
1.5.3 Ventajas Aprovechamiento.	28
1.6 OBJETIVOS	28
1.6.1 Objetivo General.	28
1.6.2 Objetivos Específicos	28
2. ESTADO DEL ARTE	30
2.1 GENERALIDADES	30
2.2 DEFINICIÓN DE AEE	31
2.3 DEFINICIÓN DE RAEES	32
2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RAEES	33
2.5 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LOS RAEES	35
2.5.1 Convenio de Basilea.	35
2.6 INICIATIVA RAEES EN COLOMBIA	36
2.7 PANORAMA SOBRE LAS VENTAS DE COMPUTADORES EN COLOMBIA	40
2.8 PANORAMA EN AMÉRICA LATINA SOBRE LOS RAEES	41
2.9 PANORAMA EN LA UIS SOBRE LOS RAEES	43

2.9.1 Reseña histórica en la UIS de compra de equipos de cómputo.....	44
3. CENSO DE LA INFORMACIÓN RELACIONADA CON LOS TIPOS DE EQUIPOS MANEJADOS EN LA UIS	51
3.1 EQUIPO DE LABORATORIO	52
3.2 EQUIPO DE OFICINA	53
3.3 MAQUINARIA Y EQUIPO	53
3.4 EQUIPO AUDIOVISUAL	54
3.5 EQUIPO DE CÓMPUTO.....	55
4. SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS RAEES A PARTIR DEL CENSO	56
4.1 PARTES DE UN COMPUTADOR DELL G620	56
4.1.1 Monitor.....	57
4.1.2 CPU.....	58
4.1.3 Tarjeta madre, Audio, video, microprocesador, memoria RAM.....	58
4.1.4 Ventilador. E.	59
4.1.5 Disco duro.....	59
4.1.6 Otros componentes.....	60
4.2 MATERIALES QUE COMPONEN LAS PARTES DE COMPUTADOR.....	61
4.2.1 Materiales valiosos.	62
4.2.2 Materiales peligrosos.	64
4.3 DEFINICIÓN DEL ELEMENTO DE ESTUDIO.....	65
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	67
5.1 MATERIAL APROVECHABLE.....	67
5.1.1 Materiales metálicos.	67
5.1.2 Aleaciones ferrosas.	67
5.1.3 Acero.....	68
5.1.4 Aleaciones de aluminio.	69
5.1.5 Aleaciones de Cobre.....	69
5.1.6 Material PVC y cobre.	70
5.2 MATERIAL NO APROVECHABLE	71
5.2.1 Materiales poliméricos.	71

5.2.2 Material cerámico, papel, mica.	72
5.2.3 Material Baquelita, plata, oro, estaño.....	73
5.2.4 Material de Baquelita.	74
5.2.5 Baquelita, Aluminio y Oro.....	74
5.2.6 Material de Residuos.	75
5.3 RESULTADOS.....	75
6. PROCEDIMIENTO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS	
RAEES DE LA UIS	78
7. VALIDACIÓN	81
7.1 CUADRO DE VALIDACIÓN.....	81
8. CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los elementos por tipo.....	21
Tabla 2. Piezas Solicitadas de los Equipos 2016 – 2017.....	23
Tabla 3. Valor de disposición final residuos por año.....	23
Tabla 4. Elementos entregados al Gestor de Residuos – 2017.....	24
Tabla 5. Revisión de definiciones escogidas de RAEE o RE.....	32
Tabla 6. Clasificación RAEE según la Directiva RAEE	33
Tabla 7. Clasificación RAEE mediante líneas de color	34
Tabla 8. Clasificación RAEE según 5 categorías desde la perspectiva del reciclaje	35
Tabla 9. Socios locales Iniciativa RAEE Colombia.	37
Tabla 10. Socios Regionales que manejan.....	38
Tabla 11. Socios Internacionales.....	38
Tabla 12. Listado de componentes de los residuos electrónicos según Directiva RAEE, 2003.	39
Tabla 13. Ficha técnica Computadores de escritorio.	44
Tabla 14. Ficha técnica Computadores Portátiles.....	45
Tabla 15. Ficha técnica Impresora matriz de punto.	46
Tabla 16. Ficha técnica Impresora de inyección.	48
Tabla 17. Ficha técnica Impresora Láser.....	49
Tabla 18. Cantidades de elementos por tipo	51
Tabla 19. Cantidades de elementos por equipo de Laboratorio	52
Tabla 20. Cantidades de elementos por equipo de Oficina	53
Tabla 21. Cantidades de elementos por maquinaria y equipo	53
Tabla 22. Cantidades de elementos por equipo audiovisual.....	54

Tabla 23. Cantidades de elementos por equipo de cómputo	55
Tabla 24. Composición de las tarjetas de circuito impreso	64
Tabla 25. Cantidades de Equipos de cómputo por marca	65
Tabla 26. Cantidad de material.	76
Tabla 27. Validación de requisitos	81

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estado de activos fijos año 2016	17
Figura 2. Propuesta de Políticas de uso integral de computadores	40
Figura 3. Partes de un computador de escritorio. Bodega de la Sección de Inventarios, 2017	57
Figura 4. Registro fotográfico de monitor pantalla plana. Bodega de inventarios, 2017.	57
Figura 5. Partes internas de una CPU, Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017	58
Figura 6. Tarjetas internas de una CPU. Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017	59
Figura 7. Ventilador de un computador. Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017	59
Figura 8. Partes internas de un disco duro. Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017	60
Figura 9. Otros Componentes de una CPU. Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017	60
Figura 10. Cantidad de computadores por marca.....	66
Figura 11. Aleaciones ferrosas: (a) Caja de la CPU (b) Caja de unidad de CD (c) Parte caja unidad de CD (d) Parte interna disco duro (e) Cubierta disco duro (f) Pesaje	68
Figura 12. Probador de metales: Neodimio magnético	69
Figura 13. Prueba del material.....	69
Figura 14 Aleaciones de cobre	70
Figura 15 Material de PVC y cobre	70

Figura 16 Pesaje parte frontal de la CPU	71
Figura 17. Elastómeros.....	72
Figura 18. Material Cerámico: (a) Capacitores (b) Batería (c) Pesaje de los capacitores (d) Pesaje de la mica.....	72
Figura 19. Tarjetas madre y otros circuitos.....	73
Figura20. Rodillo de Baquelita.....	74
Figura 21. Procesador	74
Figura 22. Residuos de cauchos, pegantes y aislantes	75
Figura 23. Procedimiento para el aprovechamiento de Residuos RAEES en la UIS.	80

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE CÓMPUTO GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

*

AUTOR: LUZ MARINA DUARTE GARCÍA **

PALABRAS CLAVES: Residuos Electro-Electrónicos, Raees, Aprovechamiento, Generador, Productor, Ciclo De Vida, Bien Mueble, Activo Fijo.

DESCRIPCIÓN:

Con el estudio y la propuesta de un procedimiento para el aprovechamiento de residuos de AEE se lograría disminuir la entrega de estos aparatos electrónicos y eléctricos a las empresas gestoras en residuos, con el fin de reutilizar algunas piezas y partes de elementos de cómputo en proyectos de investigación de los estudiantes de pregrado y posgrado de la Universidad.

Para el desarrollo de este trabajo, se seleccionó como material de investigación las carcasas de los computadores e impresoras, teniendo en cuenta que a la bodega de inventarios permanentemente entregan computadores e impresoras para la baja, ya sea por estar desuso, en mal estado u obsoleto. Unido a estos se encuentra el avance tecnológico acelerado tanto de software como en hardware de estos elementos, los cuales hacen que la Universidad invierta recursos en la compra de nuevos equipos para cumplir con el desarrollo de sus actividades misionales. En oportunidades las impresoras quedan físicamente en buen estado, pero el daño que reporta la División de Mantenimiento Tecnológico es daño en tarjetas internas y cabezal de impresión, daño que puede alcanzar el valor del 50% del valor del equipo nuevo.

Actualmente la Universidad se encuentra implementando mecanismos para la disminución del impacto ambiental, el nuevo procedimiento hará parte de estos mecanismos de control y disminución y apoyará a las diferentes escuelas de la Universidad a fortalecer sus proyectos de investigación con materia prima permanente.¹

* Trabajo de grado de Maestría en ingeniería Ambiental

** Facultad de ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director Ph.D John Faber Archila, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: STUDY FOR THE USE OF RESIDUES OF COMPUTERS AND COMPONENT ELEMENTS GENERATED IN THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER. *

AUTHOR: LUZ MARINA DUARTE GARCÍA**

KEY WORDS: Electro-Electronic Waste, Raees, Use, Generator, Producer, Life Cycle, Movable Property, Fixed Asset.

DESCRIPTION:

With the study and the proposal of a procedure for the use of EEE waste it would be possible to reduce the delivery of these electronic and electrical devices to waste management companies, in order to reuse some pieces and parts of computing elements in projects of research of undergraduate and graduate students of the University.

For the development of this work, it was selected as research material the covers of computers and printers, taking into account that the inventories warehouse permanently deliver computers and printers for the low, either because they are disused, in poor condition or obsolete. . Linked to these is the accelerated technological progress of both software and hardware of these elements, which make the University invest resources in the purchase of new equipment to meet the development of their missionary activities. Occasionally the printers are physically in good condition, but the damage reported by the Technological Maintenance Division is damage to internal cards and printhead, damage that can reach the value of 50% of the value of the new equipment.²

Currently the University is implementing mechanisms to reduce environmental impact, the new procedure will be part of these control and reduction mechanisms and will support the different schools of the University to strengthen their research projects with permanent raw materials.

* Master's thesis in Environmental Engineering

** Faculty of Physical-Chemical Engineering. Chemical Engineering Department. ADVISOR Ph.D. John Faber Archila, Mechanical Engineer

INTRODUCCIÓN

La Universidad industrial de Santander en su continuo desarrollo tecnológico de software, hardware y modernización de sus espacios, presenta un alto volumen de compras de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE), dichos AEE se des actualizan rápidamente y es necesario reponerlos y darlos de baja, lo cual genera gran cantidad de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - AEE. Hoy en día, los aparatos electrónicos presentan un ciclo de vida de aproximadamente tres años el cual se viene reduciendo rápidamente, según consta en las estadísticas recopiladas por la Sección de Inventarios UIS en el año 2016, los aparatos electrónicos tenían una vida útil de 20 años y ahora es de solo 3 o 5 años, esto quiere decir que pasan a ser obsoletos en periodos muy cortos.

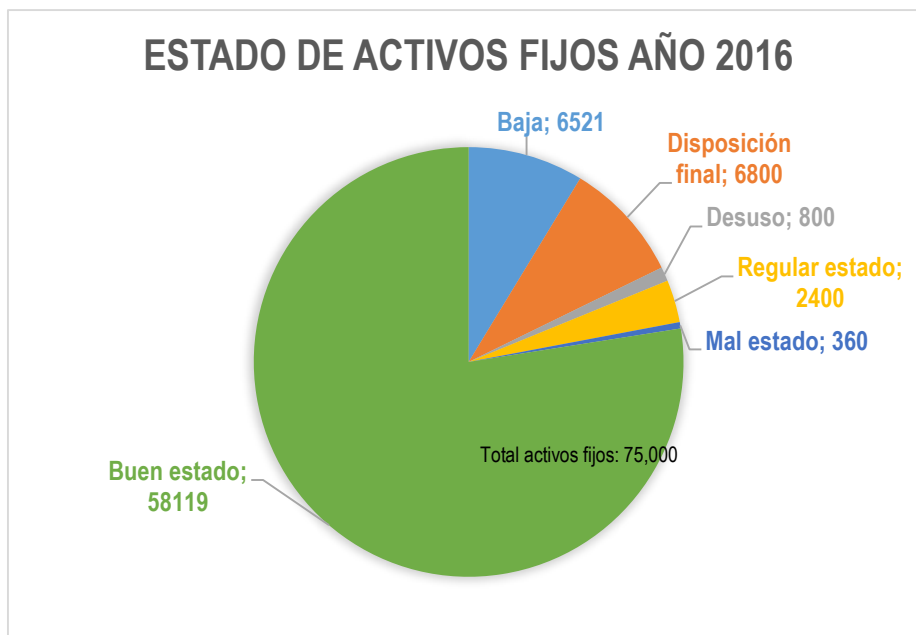
En el año 2016, con la implementación de las Normas Internacionales Financieras, la Universidad realizó actualización de sus elementos, encontrando que, de los 75.000 mil, 6521 se recibieron en la bodega para baja, 6800 se entregaron para disposición final, 800 se encuentran en desuso, 2400 en regular estado, 360 en mal estado y 58119 se encuentran en buen estado. Ver Gráfica 1³.

La Sección de inventarios actualmente recoge los elementos que se encuentran en desuso, en regular estado y en mal estado, esto con el fin de depurar los inventarios de la Universidad y reducir los costos en las primas de las pólizas.

En el caso de los elementos que se encuentran en desuso, la Sección de Inventarios los publica a través del correo institucional, para que las unidades académico-administrativas los soliciten, los que no son solicitados se envían al proceso de donación a través del programa de responsabilidad social que tiene la Universidad.

³ Universidad Industrial de Santander. Sistema Financiero UIS, 2016

Figura 1. Estado de activos fijos año 2016



Fuente: Universidad Industrial de Santander. Sistema Financiero UIS. 2016

De otro lado, se está estudiando la posibilidad de los elementos más antiguos conservarlos para el montaje de un museo de historia institucional o en su defecto usar las piezas como materia prima en proyectos de investigación.

Cada día que pasa, los elementos que son requeridos en los proyectos de investigación deben cumplir con especificaciones muy especializadas, en algunos casos son importados y con muy alto costo, esto hace que el cambio de tecnología deseche los equipos que se consideren obsoletos, pero parte de estos equipos con tecnología obsoleta, pueden servir como material didáctico para los estudiantes.

En algunas oportunidades los estudiantes de las ingenierías requieren partes de computadores e impresoras con el fin de desarrollar sus proyectos de investigación, dentro de las partes que solicitan a la Sección de Inventarios se encuentran discos duros, tarjetas madres, ventiladores, motores, fuentes de poder y cables.⁴

Por esta razón, la Sección de inventarios se encuentra muy interesada en conocer el aprovechamiento de los RAEES en el mundo, con el fin de encontrar una herramienta que permita una gestión eficiente de los residuos.

En este sentido, el desarrollo de este trabajo permitirá a la Sección de inventarios contar con un procedimiento para solucionar a futuro el aprovechamiento de los residuos, con miras a la oportunidad que representaría el uso de partes y piezas en proyectos de investigación.

* Información que reposa en los archivos de la Sección de inventarios

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

ESTUDIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE CÓMPUTO GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

1.2 RESPONSABLES DEL PROYECTO

La responsabilidad de este trabajo de profundización se encuentra en la Sección de Inventarios de la División Financiera, bajo la coordinación del doctor Jhon Faber Archila, docente de la Escuela de Diseño industrial.

1.3 ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO

- Universidad Industrial de Santander
- División Financiera
- Sección de Inventarios
- División de Mantenimiento Tecnológico
- Programa de Gestión Integral de Residuos – PGIR
- Escuela de Diseño Industrial
- Escuela de Ingeniería Mecánica
- Escuela de Ingeniería Química

- Escuela de Ingeniería Electrónica

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad Industrial de Santander (UIS) es una institución de educación pública de carácter oficial, del orden departamental, que está encaminada fundamentalmente a la formación del hombre, mediante la generación y difusión del saber en sus diversas ramas. (Ordenanzas 41 y 83, 1940, 1944). Su sede principal se encuentra ubicada en la ciudadela universitaria en la carrera 27 con calle 9 de la ciudad de Bucaramanga, cuenta con la Facultad de Salud que se encuentra ubicada en inmediaciones del Hospital Universitario de Santander, posee el Centro Cultural y de Negociaciones denominado Sede UIS-Bucarica, ubicado entre las calles 35 y 36, con carreras 18 y 19 de Bucaramanga y con la sede de Guatiguará ubicada en el Valle de Guatiguará en el municipio de Piedecuesta. La UIS también cuenta con cuatro sedes regionales ubicadas en los municipios de Barbosa, Barrancabermeja, El Socorro y Málaga.⁵ (Manual Normativo, 2017). Dentro de sus programas se encuentran 42 programas en pregrado, 66 de posgrado, y 7 programas de extensión, cuenta con 202 laboratorios y 26 talleres. La población de la UIS comprende: profesores, administrativos, trabajadores, estudiantes, visitantes y proveedores, que en cifras es aproximadamente: 28.000 mil personas. ⁶ La Universidad en el desarrollo de sus actividades de docencia, investigación, extensión y administración, genera residuos ordinarios, reciclables y residuos de muebles y enseres, herramientas, aparatos eléctricos y electrónicos, maquinaria y vehículos. Debido a sus actividades misionales genera todo tipo de residuos, dentro de los cuales tenemos residuos peligrosos, ordinarios (reciclables y no reciclables)

⁵ Universidad Industrial de Santander. MANUAL NORMATIVO Y PROCEDIMENTAL PARA ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LOS BIENES muebles de la UIS, 2017

⁶ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Dirección de Admisiones y Registro Académico UIS

y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Estos elementos son dados de baja por las diferentes unidades académico-administrativas y se encuentran almacenados en la bodega de la sección de inventarios de la Universidad, para el proceso de baja de los activos de la UIS se cuenta tres opciones, donación, destrucción y subasta. Los elementos que se encuentren en buen estado y cuenten con vida útil pasan al proceso de donación, los elementos deteriorados sin vida útil se solicita el servicio a una empresa gestora de residuos para su disposición final. En el caso de elementos con vida útil, en buen estado y con terceros interesados se procede al proceso de subasta siendo este el único que puede generar alguna retribución económica a la Universidad, las otras opciones implican gastos adicionales a la institución aparte de la baja del patrimonio. Adicionalmente, la Universidad cuenta con una clasificación de elementos de acuerdo con su naturaleza, uso y destino en los siguientes grupos: devolutivo (aquellos que pasan por proceso de baja), de consumo (insumos) e intangible (Software). Según el Manual Normativo y Procedimental para el manejo de los bienes muebles, la Universidad define dentro de estos grupos, los siguientes tipos de elementos presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los elementos por tipo.

Tipo	Descripción	Elementos
0	Bienes de Arte y Cultura	Libros, publicaciones de investigación, obras de arte evaluadas por un curador, etc. Los bienes adquiridos por la Biblioteca de la Universidad son registrados como bienes culturales.
1	Equipos y Elementos de Laboratorio	microscopios, balanzas, pH metros, incubadoras, etc.
2	Muebles y Enseres	escritorios, sillas, tableros, expógrafos, cortinas, extinguidores, etc.
3	Equipos y Elementos de Oficina	máquinas de escribir, fax, calculadoras, fotocopadoras, registradoras, teléfonos, aire acondicionado de ventana, estabilizadores, etc.

Tipo	Descripción	Elementos
4	Maquinarias y Equipos	taladros, tornos, motores, motobombas, calderas, aire acondicionado central, neveras, congeladores, purificadores de agua, etc.
5	Equipos y Elementos Audiovisuales	proyectores, DVD, video beam, televisores, filmadoras, videocámaras, antenas para radio y televisión, etc.
6	Equipos Automotores	Vehículos, motos y maquinaria agrícola.
7	Equipos y Elementos de Cómputo	computadores, impresoras, scanner / lectores
8	Elementos Intangibles	Se refiere a bienes inmateriales inventariables como licencias de software, patentes, marcas, franquicias, derechos fiduciarios y derechos de autor
9	Elementos de Consumo	útiles de escritorio y oficina, papelería, disquetes, materiales para construcción, combustibles, repuestos para maquinaria y equipo, etc.

Nota: Clasificación de los elementos por tipo. Adaptado del Manual Normativo y Procedimental para el manejo de los bienes muebles de la UIS. Bucaramanga, 2017

Dentro de la clasificación anterior, existen elementos que se clasifican como residuos electrónicos, los cuales cuentan con sustancias peligrosas con mercurio, estos elementos deben ser tratados de manera especial siendo entregados a una empresa gestora en residuos, como es el caso de termómetros y pantallas de computadores, adicionalmente, existen muchos elementos que se entregan para disposición final con componentes en buen estado, como CPU, impresoras, fotocopadoras, equipos de medición, equipos de laboratorio, entre otros, pero como no se tiene establecido un procedimiento de desensamble y reuso de las partes, se pierde esta materia prima que puede ser usado por los estudiantes en proyectos de investigación. A continuación, se presentan datos de piezas y partes que son requeridas a la Sección de Inventarios por parte de profesores y estudiantes de la Universidad para elaborar sus proyectos. Ver Tabla 2., cabe anotar, que la División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS, también solicita componentes que reúsan en la reparación de los equipos que llegan para mantenimiento. Además, los costos de disposición final por año son presentados en la Tabla 3.

Tabla 2. Piezas Solicitadas de los Equipos 2016 – 2017

Elemento	Fuente	Motor	Disipador	Cilindro	Board	Panel lcd	Bombilla
Computador	26	13	18		20		
Video beam						3	5
Impresoras		5				3	
Ventilador		3					
Compresor		5		4			

Nota: Cantidades de piezas solicitadas por los estudiantes y profesores de la UIS. Adaptado por información suministrada por la Sección de Inventarios, Bucaramanga 2017.

Tabla 3. Valor de disposición final residuos por año

Año	Toneladas	Valor anual disposición final
2015	30	\$ 20'000.000
2016	80	\$ 45'000.000
2017	90	\$ 50'000.000

Nota: Costos de disposición final por tonelada/año. Adaptado por información por la Sección de Inventarios, Bucaramanga 2017.

Debido a lo anterior, la Universidad ha asumido altos costos financieros, al contratar empresas privadas para que realicen el debido tratamiento y disposición final de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEES, con relación a los RAEES no contaminados, la Universidad mediante el programa de responsabilidad social entrega estos elementos a las instituciones públicas que los soliciten y en oportunidades se hace subasta de elementos mediante subastas públicas, sin poder controlar la trazabilidad de los mismos en cuanto a la disposición final. En el año 2012 se presentó un caso de venta de una nevera contaminada en el mercado informal adquirida mediante el proceso de subasta, ocasionando a la Universidad problemas legales. Dentro de los residuos entregados a la empresa gestora se encuentran los presentados en la Tabla 4.

Tabla 4. Elementos entregados al Gestor de Residuos – 2017

Equipo	Cantidad	Equipo	Cantidad
Aires acondicionados	42	Extractor	5
Agitadores	14	Fax	27
Tamiz	38	Fichero	3
Amperímetros	8	Folderama	3
Amplificadores	3	Fotocopiadora	13
Analizadores	3	Fuentes de poder	11
Archivadores	45	Generador	8
Armarios	4	GPS	6
Aspiradores	3	Grabadora	75
Atriles	4	Greca	16
Balanza	31	Horno	11
Báscula	10	Impresora	178
Banco de pruebas	5	Lector	3
Baños maría	5	Licuadaora	5
Bibliotecas	106	Locker	5
Bomba de vacío	13	Máquina de escribir	23
Brilladora	2	Medidor	5
Brújula	5	Megáfono	3
Butacos	20	Mesa	689
Cabina	5	Mesón	19
Cafeteras	2	Microscopio	83
Calculadora	10	Molino	6
Cámara	45	Monitor	29
Camillas	6	Motobomba	4
Celda	5	Motor	13
Centrífuga	3	Mueble	44
Cilindro	5	Multímetro	25
Compresor	4	Nevera	11
Computador	902	Osciloscopios	3
Deshumidificador	6	Pantalla de proyección	5
Destilador	3	PH metro	7

Equipo	Cantidad	Equipo	Cantidad
Diadema telefónica	9	Proyector	71
Discos duros	3	Puestos de trabajo	63
Dispensador de agua	3	Radiograbadora	25
Escalera	4	Regulador	11
Escritorio	219	Reóstato	10
Espectrofotómetro	7	Retroproyector	19
Estabilizador	55	Router	5
Estereomicroscopio	14	Scanner	26
		Silla	3180

Nota: Cantidad de residuos electrónicos entregados a la empresa gestora de residuos para disposición final. Adaptado del Sistema de información inventarios UIS, Bucaramanga, 2017

La tabla 4, muestra que las cantidades más representativas están en las sillas, mesas, escritorios, computadores e impresoras, esto hace referencia a los tipos 2 y 7 presentados previamente en la Tabla 1, para el presente estudio se tendrá en cuenta solo el tipo 7 que son representados en computadores e impresoras. Como se puede observar, la empresa gestora en residuos puede realizar aprovechamiento de todos los residuos entregados por la Universidad, dichos residuos de AEE los podría aprovechar la UIS en la obtención de nuevas materias primas y/o en el desarrollo de proyectos de investigación, sin embargo, a la fecha no se tiene establecido ningún procedimiento para el aprovechamiento de estos residuos.

Del total de elementos dados de baja anualmente en promedio 1800 corresponden a elementos mayores (elementos que el valor de compra es superior a un salario mínimo), de los cuales el 45% se destinan para donación, el 35% se destruyen (muebles y enseres), el 20% poseen elementos contaminantes y son recogidos por la empresa gestora en residuos.⁷

⁷ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Sistema información de la Sección de Inventarios UIS

En el año 2013, sale la Ley 1672 de 2013, por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEES)⁸, razón de esto, la Universidad debe asumir altos costos financieros al contratar empresas privadas que sean gestoras en toda clase de residuos, para que realicen el debido tratamiento y disposición final de los residuos que se generan al interior del campus principal y todas sus sedes.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La gestión integral de los residuos tiene como objetivo la prevención o minimización de los impactos que estos generan al medio ambiente y la salud de las personas al no realizar una adecuada gestión de los mismos.

La Universidad en el marco del cumplimiento de la normatividad legal vigente debe ceñirse a las siguientes normas:

- Ley de RAEES 1672 de 2013, en la cual se dictan disposiciones para el aprovechamiento y la disposición final segura de los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.
- Decreto 0096 de 2013 en el cual se exige al generador realizar una separación selectiva en la fuente de los residuos orgánicos e inorgánicos, para su posterior aprovechamiento.
- Artículo 80 Decreto 1713 de 2001, en el cual se promueve el aprovechamiento de residuos sólidos, como alternativa de minimización de residuos.

⁸ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1672 de 2013. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2013/ley_1672_2013.pdf

- Decreto 4741 de 2005, en el cual se reglamenta la prevención y el manejo de los residuos peligrosos.

Razón de lo anterior, la universidad en cabeza de la Sección de Inventarios propone mediante este proyecto, diseñar un procedimiento que cumpla con las especificaciones técnicas para el manejo integral de los residuos AEE. Este procedimiento tendrá actividades como clasificación, almacenamiento y aprovechamiento de los residuos, minimizando su impacto al medio ambiente y reduciendo los costos por disposición final.

Además, otra de las finalidades de este proyecto es incentivar la investigación mediante la generación de proyectos de docencia e investigación, a través del aprovechamiento de los residuos de AEE generados en la Universidad.

Anteriormente, la universidad realizaba subastas públicas de todos los elementos recibidos en la bodega, no importaba su estado, pero con la implementación de Ley 1672 de 2013, la universidad implementó herramientas que permitirán aprovechar los residuos de una forma eficiente, razón de ello se dividió en dos procesos: uno en el caso de los elementos en desuso y buen estado, los cuales se donan a instituciones públicas y el segundo caso los que estuvieran en mal estado y contaminados se entregarían a una empresa gestora en residuos.

1.5.1 Cumplimiento de la normatividad. Otro de los factores importantes en el desarrollo de esta investigación, es el Compromiso ambiental que debe tener la UIS con la comunidad, en el cumplimiento de la legislación que enmarca el manejo y gestión de los residuos peligrosos y no peligrosos.

1.5.2 Responsabilidad como generadores. Con relación a la responsabilidad como generadores, se debe realizar trazabilidad en la disposición final de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y en caso de ser aprovechables se usará la materia prima para nuevos productos.

1.5.3 Ventajas Aprovechamiento. Dentro de las ventajas del aprovechamiento tenemos mitigar los impactos por inadecuada gestión, ahorro en los costos de tratamiento y disposición final, generación de proyectos de Investigación y Extensión (utilizando los residuos como materia prima) y minimizar el consumo de recursos naturales no renovables.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General. Analizar el aprovechamiento de los residuos de Equipos y Elementos de Cómputo generados en la Universidad Industrial de Santander, a través de un procedimiento con normativa vigente.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Censar la información relacionada con los tipos de equipos que tiene la universidad clasificados según el manual normativo y Procedimental para la administración y control de los bienes muebles de la UIS.
- Separar los residuos RAEES a partir del censo con el fin de identificar las cantidades y los tipos elementos que se puedan aprovechar.
- Definir el elemento de estudio y realizar su caracterización.

- Establecer un procedimiento para el aprovechamiento de los residuos RAEES de la UIS basados en los resultados del presente estudio y enmarcado en la normatividad vigente.
- Validar el procedimiento con el elemento de estudio.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 GENERALIDADES

En el año 2013, se promulgó la Ley 1672 de 2013, por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), razón por lo cual la Universidad debe tomar las medidas necesarias para adoptar dicha ley. El alcance de esta Ley va dirigido a las personas naturales o jurídicas que consumen aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión en sus respectivos residuos. Según la normatividad, la definición de aparato eléctrico y electrónico comprende todos los aparatos que para funcionar necesiten corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir dichas corrientes.

También incluye la definición de disposición final que la define como el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente, en resumen, no se podrá enviar aparatos eléctricos o electrónicos a los rellenos sanitarios.

La ley contempla la posibilidad de reúso o reutilización de AEE, a través de donaciones, las cuales las realiza la Universidad mediante su programa de responsabilidad social.

Según la responsabilidad del consumidor en la ley 1672 de 2013, todos los usuarios de aparatos eléctricos y electrónicos deben entregar los elementos a empresas gestoras, esto con el fin de asumir la corresponsabilidad social con una gestión

integral de los RAEES, permitiendo también un proceso interno de gestión y aprovechamiento.

Además, la Universidad, a través de las empresas gestoras debe garantizar el manejo ambiental seguro de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, con el fin de controlar los residuos que contengan sustancias peligrosas que afecten la vida humana y el medio ambiente.

Según la bibliografía consulta sobre los procedimientos para el manejo de los RAEES, se encontró una propuesta de una guía de procedimientos sobre el manejo de desechos electrónicos en el distrito metropolitano de Quito⁹ (CPUs, 2017), en donde existe una responsabilidad en el productor, consumidor y comercializador, en cada caso se debe realizar un tratamiento seguro de los residuos entregándolos a un gestor ambiental para la correcta disposición final. En oportunidades los residuos los entregan a centros de reacondicionamiento para para la venta o donaciones.

2.2 DEFINICIÓN DE AEE

Son aquellos que necesitan para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos¹⁰.

⁹ PADILLA CPUs, F. L. Propuesta de una guía de procedimientos sobre el manejo de desechos electrónicos en el Distrito Metropolitano de Quito Bachelor's thesis, Quito, 2017

¹⁰ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1672 de 2013, Op. Cit.

2.3 DEFINICIÓN DE RAEES

Son los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos cuyos materiales, componentes, consumibles y subconjuntos proceden de los equipos de cómputo usados en la Universidad, para este caso se tomará como residuos los computadores e impresoras¹¹.

Según la investigación, existen muchas definiciones de RAEES, a continuación, se presenta varias definiciones de entidades que manejan el tema a nivel mundial:

Tabla 5. Revisión de definiciones escogidas de RAEE o RE.

Referencia	Definición
Directiva RAEE de la UE (EU 2002a) (http://www.ffii.nova.es/puntoinformcyt/Archivos/Dir_2002-96.pdf)	Todos los aparatos eléctricos o electrónicos que pasan a ser residuos [...]; este término comprende todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha". La Directiva 75/442/CEE, Artículo 1(a), define "residuo" como "cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales vigentes" (http://www.gestion-ambiental.com/norma/ley/375L0442.htm).
Red de Acción de Basilea (BAN, por sus siglas en inglés) (Puckett & Smith 2002)	Los RE incluyen una amplia y creciente gama de aparatos electrónicos que van desde aparatos domésticos voluminosos, como refrigeradores, acondicionadores de aire, teléfonos celulares, equipos de sonido y aparatos electrónicos de consumo, hasta computadores desechados por sus usuarios.
OECD (2001)	Cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil"
SINHA (2004)	Un dispositivo que utiliza energía eléctrica que ha dejado de satisfacer al propietario actual en relación con su propósito original

¹¹ Ibíd.

Referencia	Definición
StEP (2005)	El término 'residuos electrónicos' se refiere a "... la cadena de suministro inversa que recupera productos que ya no desea un usuario dado y los reacondiciona para otros consumidores, los recicla, o de alguna manera procesa los desechos

Nota: Definiciones de RAEE Y RE. Adaptado de Boeni, H., Silva, U., & Ott, D. (2009). Reciclaje de residuos electrónicos en América Latina. Panorama general, desafíos y potencial. *Gestión de residuos electrónicos en América Latina*, 51.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RAEE

Según la Directiva RAEE, estos residuos se clasifican de acuerdo a 10 categorías seleccionadas como las más representativas, dentro de ellas están las mostradas en la Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación RAEE según la Directiva RAEE

No	Categoría	Ejemplos
1	Grandes Electrodomésticos	Neveras, congeladores, lavadoras, lavaplatos, etc.
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, secadores de pelo, tostadoras, freidoras, etc.
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	Procesadores de datos centralizados (microcomputadoras, impresoras) y elementos de computación personal (computadores personales, computadores de carpeta, máquinas copiadoras, teléfonos, faxes, etc.)
4	Aparatos electrónicos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de video, amplificadores de sonido, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga de alta densidad, etc.
6	Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladros, sierras, máquinas de coser, herramientas para soldar, torneear, cortar, etc.

No	Categoría	Ejemplos
7	Juguetes y equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes y carros eléctricos, consolas de video,, juegos de video, material deportivo con componentes eléctricos y electrónicos, etc.
8	Aparatos médicos	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, ventiladores pulmonares, etc.
9	Instrumentos de medida y control	Termostatos, detectores de humo, reguladores de calor, etc.
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras de bebidas calientes, botellas, latas o productos solidos

Nota: Clasificación de los RAEE de acuerdo a su categoría. Adaptado de la Directiva RAEE de la Unión Europea.

Además, dentro de la gestión de RAEE en Colombia, se define tres líneas de colores para este tipo de residuo, tal como se puede ver en la tabla 7:

Tabla 7. Clasificación RAEE mediante líneas de color

Líneas de color	Ejemplos
Línea blanca	Comprende todo tipo de electrodomésticos grandes y pequeños, como por ejemplo neveras, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas.
Línea gris	Comprende los equipos informáticos (computadores, teclados, ratones, etc) y de telecomunicaciones (teléfonos móviles, terminales de mano o portátiles, etc)
Línea marrón	Comprende todos los electrónicos de consumo como televisores, equipos de sonido y de video.

Nota: Clasificación de los RAEE por color del residuo. Adaptado de la Gestión de RAEE en Colombia

Teniendo en cuenta la gestión y el manejo de los residuos, la Gestión de RAEE en Colombia define los siguientes manejos en la tabla 8:

Tabla 8. Clasificación RAEE según 5 categorías desde la perspectiva del reciclaje

No.	Categorías	Ejemplos	Justificación
1	Aparatos que contienen refrigerantes	Neveras, congeladores, otros que contiene refrigerantes.	Requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual
2	Electrodomésticos grandes y medianos (menos equipos de la categoría 1)	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que pueden ser manejados según los estándares actuales
3	Equipos de iluminación	Tubos fluorescentes, bombillas	Requieren procesos especiales de reciclaje o valorización
4	Aparatos con monitores y pantallas	Televisores, monitores, CRTs, monitores LCD	Los tubos de rayos catódicos requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual. Problema LCD
5	Otros aparatos eléctricos y electrónicos	Equipos de informática, oficina, electrónicos de consumo, electrodomésticos de la línea marrón.	Están compuestos en principio de los mismos materiales y componentes y por ende, requieren un tratamiento de reciclaje o valorización muy semejante

Nota: Clasificación de los RAEE según la categoría 5. Adaptado de la Gestión de RAEE en Colombia

2.5 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LOS RAEE

En los siguientes ítems será presentado la composición y características de los RAEEs, de acuerdo con el Convenio de Basilea y la iniciativa RAEE en Colombia.

2.5.1 Convenio de Basilea. El propósito principal del Convenio es reducir la producción y exportación de desechos tóxicos o peligrosos y lograr su eliminación utilizando todas aquellas operaciones que no lleven a la recuperación, regeneración, reutilización u otros usos de estos, además prohíbe la exportación de desechos

peligrosos, destinados a su eliminación final, desde los países miembros de la OCDE y de las Comunidades Europeas hacia países no miembros de ambas organizaciones internacionales. Dentro del Convenio de Basilea se incluyen 5 anexos los cuales se definen de la siguiente forma:

Anexo I: Categorías de desechos que hay que controlar

Anexo II: Categorías de desechos que requieren una consideración especial

Anexo III: Lista de características peligrosos

Anexo IV: Operaciones de eliminación

Circuitos impresos de los RAEE también pertenecen al anexo I de la Convención de Basilea

2.6 INICIATIVA RAEE EN COLOMBIA

La “Iniciativa RAEE Colombia” es un programa lanzado por seco/EMPA¹² y CNPMLTA en Colombia en enero de 2007 y formará parte del programa “Knowledge Partnerships in E-WASTE Recycling” ¹³. (Rodríguez, 2012)

Para el proyecto “Iniciativa RAEE Colombia” el Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías (EMPA) se está apoyando en varios socios, nacionales e internacionales, que se han comprometido a fomentar el avance del proyecto. Tantas entidades públicas como socios del sector privado están involucrados en el proyecto a fin de poder elaborar resultados bien equilibrados y sustentados por los actores afectados de la gestión de RAEE.

¹² EMPA: Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías

¹³ MORA RODRÍGUEZ, G. A. Lineamientos para la incorporación de la gestión ambiental en las prácticas de producción, comercialización, consumo y posconsumo de computadores y periféricos en Colombia (Master's thesis). 2012

Rodríguez, (2012). Los socios locales se presentan en la Tabla 9, la Tabla 10 presenta los socios Regionales y la Tabla 11 los socios internacionales.

Tabla 9. Socios locales Iniciativa RAEE Colombia.

Logo	Nombre	Página Web
	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia	www.andi.com.co
	Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones	www.ccit.org.co
 Centro Nacional de Producción Más Limpia	Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales	www.cnpml.org
 Computadores para Educar	Computadores para Educar	www.computadoresparaeducar.gov.co
 Libertad y Orden	Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	www.minambiente.gov.co

Nota: Listado de Socios locales Iniciativa RAEE Colombia, adaptado de la página http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book_rae_/Politica_RAEE.pdf

Tabla 10. Socios Regionales que manejan

Logo	Nombre	Página Web
	Plataforma regional sobre Residuos Electrónicos de PC en Latinoamérica y Caribe	www.residuoselectronicos.net

Nota: Listado de socios Regionales. Adaptado de la página web raee.org.co

Tabla 11. Socios Internacionales.

Logo	Nombre	Página Web
	Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research:	Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías (EMPA) www.e-waste.ch
	Swiss e-Waste Competence Network	www.e-waste.ch
	International Development Research Center	www.idrc.ca : Centro de investigación y desarrollo Internaiconal
	Swiss State Secretariat for Economic Affairs SECO	www.seco.admin.ch : Secretaría de Estado de Economía de Suiza SECO
	StEP – Solving the E- Waste Problem	www.step-initiative.org : Resolviendo problemas de basura electrónica

Nota: Página oficial. Disponible en: Raee.org.co

Con esta Iniciativa RAEE en Colombia, se busca analizar datos generales del reciclaje de RAEE en Colombia, esto con el fin de buscar mecanismos de gestión de RAEE que sea ambientalmente sostenible y económicamente viable. Es así que los proyectos son apoyados por el gobierno, la industria de telecomunicaciones, los recicladores e instituciones de investigación. El reciclaje de los RAEE actualmente es un negocio que puede interesar a muchas personas, debido a que contienen componentes valiosos como oro, plata, aluminio, níquel, vidrio, plástico, tal como se muestra en la tabla 12:

Tabla 12. Listado de componentes de los residuos electrónicos según Directiva RAEE, 2003.

Componentes	Posible contenido peligroso
Condensadores con PCB	PCB
Componentes con mercurio	Hg
Baterías	Pb, Cd, Hg
Tarjetas de circuitos	BFR, Be
Plásticos con BFR	BFR
Tubos de rayos catódicos	Pb, F
CHC, HCFC, HFC, HCs	ODS
Lámparas de descarga de gas	Hg
Pantallas LCD	Hg, cristales líquidos
Cables eléctricos externos	BFR
Componentes con sustancias radioactivas	Núcleos radioactivos
Condensadores electrolíticos	*Sustancias de preocupación

PCB: policloruro de Bifenilo

ODS: Gases de efecto invernadero

BFR: Pirorretardantes bromados

RCF: Fibras refractarias de cerámica

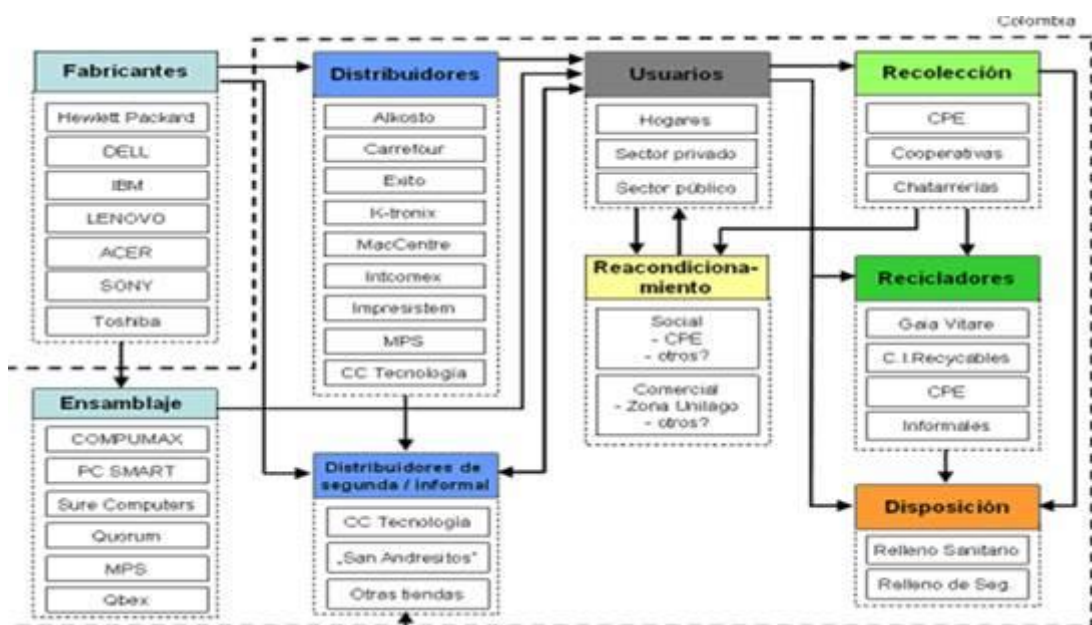
Fuente: Listado de componentes de los residuos electrónicos según Directiva RAEE. Adaptado de la Directiva RAEE, 2003. Muchos países de la OCDE¹⁴ han implementado o están en proceso de implementar regulaciones y directrices para la recolección y el reciclaje de RAEE. Como consecuencia del Convenio de Basilea, estos países miembros han desarrollado tecnologías y procesos que reducen los riesgos del aprovechamiento de RAEE. Las experiencias obtenidas en los últimos años los han dirigido hacia sistemas eficientes y económicamente viables en la gestión de RAEE, unido a esto se encuentra la obsolescencia programada. (Carrascosa, 2015)

¹⁴ OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

2.7 PANORAMA SOBRE LAS VENTAS DE COMPUTADORES EN COLOMBIA

En la Figura 2 se muestra las empresas que participan de alguna forma en el proceso de computadores en Colombia, ya sea por el ensamble o distribución de estos aparatos¹⁵:

Figura 2. Propuesta de Políticas de uso integral de computadores



Nota: Propuesta de Políticas de uso integral de computadores. Adaptado del libro Gutiérrez, L. H. (2013).

Según el Índice Departamental de Competitividad - IDC¹⁶, el mercado de computadores en Colombia ha presentado en los últimos años un comportamiento ascendente, ejemplo de este avance, se puede observar en el año 2005 donde la

¹⁵ GUTIÉRREZ, L. H. TIC y sector productivo en Colombia: en la búsqueda de políticas que impulsen un uso integral. Entre mitos y realidades. TIC, políticas públicas y desarrollo productivo en América Latina. Santiago: CEPAL, 2013. LC/L. 3600 p. 195-224.

¹⁶ IDC, Índice Departamental de Competitividad C. P. 2016. Disponible en: <https://idc.compitem.com.co/>

venta de computadores llegó a los 430 millones de dólares, registrando un 50% en aumento de unidades vendidas, superando los 700.000 equipos que se tenían para la venta. Según informes IDC, este comportamiento se debió al bajo costo de los productos y nuevas estrategias de financiación que se implementaron a través de convenios entre hipermercados como almacenes Ktronics de Makro, los retails de Alkosto o la marca Simply de Almacenes Éxito.

Dentro de los equipos más vendidos se encuentran los portátiles según información de IDC, los cuales han subido las ventas en forma ascendente en los últimos años, la mayoría de los estudiantes de las Universidades tiene su propio equipo portátil y cuando llega nueva tecnología se piensa en cambiar y desechar el que se usaba¹⁷.

En informe más reciente de IDC, en el cuarto trimestre del 2016 la venta de equipos portátiles y de escritorio se totalizaron en 70,2 millones de unidades, un 5,7% menos que el primer trimestre del año, esto debido a limitantes en los inventarios, actualizaciones gratuitas, sin embargo, la IDC informa que se ha observado una estabilización de la demanda de computadores debido a la competencia en el mercado con equipos como tabletas y los smartphones, los cuales solo requieren compra de SSD, pantallas y memorias.

2.8 PANORAMA EN AMÉRICA LATINA SOBRE LOS RAEE

En América Latina, el reciclaje formal de los desechos electrónicos, que en su mayoría se limita a un desmontaje profesional - es una actividad de reciclaje bastante nueva. En una serie de países como Chile, Argentina, Colombia y Brasil aunque empresas tradicionales de reciclaje de metales han descubierto el mercado

¹⁷ Ibid.

de reciclaje de los RAEE, las cantidades recicladas están todavía en un nivel modesto, ya que ni el marco político, ni la infraestructura logística permiten mayores cantidades¹⁸.

La mayoría de estas empresas no ofrecen un servicio completo, ya que se concentran básicamente en los componentes valiosos, como las tarjetas de circuito impreso, descuidando la disposición adecuada de otros componentes como los tubos de rayos catódicos (TRC) o de otros componentes que no tienen un valor económico, pero representan un riesgo para la salud y el medio ambiente.

En Chile, el reciclaje formal de los RAEE alcanza sólo un 1,5 a 3% de las cantidades generadas, una cifra que probablemente sea similar o incluso inferior en los demás países de la región.

La mayoría de las empresas se concentran en la prestación de servicios a grandes empresas nacionales e internacionales basándose en un enfoque empresa a empresa (B2B), mientras que el sector informal está tratando de beneficiarse de los componentes valiosos de los residuos procedentes de hogares particulares.

Se estima que en los países de América Latina se están generando aproximadamente 120.000 toneladas al año, una cantidad que se triplicará hacia el 2017.

¹⁸ BOENI, H., SILVA, U., & OTT, D. Reciclaje de residuos electrónicos en América Latina. Panorama general, desafíos y potencial. *Gestión de residuos electrónicos en América Latina*, 51.2009

2.9 PANORAMA EN LA UIS SOBRE LOS RAEE

La Universidad a través de los años, ha ido en un crecimiento tecnológico avanzado, el cual hace que se inviertan recursos financieros en adquisiciones de equipos con tecnológicas de punta, además, con la implementación de las TIC's¹⁹ las comunicaciones y el intercambio de información se hacen cada vez más rápidos y eficientes.

A medida que la Universidad adquiere equipos avanzados, la cantidad de residuos aumenta, debido a que los equipos actuales pasan a ser obsoletos, según estudio realizado por la Sección de Inventarios en el año 2017, se demuestra que la marca más compradas por la Universidad es Dell y Hp, tanto para computadores portátiles como de escritorio.

El análisis también arrojó datos como la vida útil de estos equipos era mayor hasta el año 2000, a partir de esa fecha los equipos presentan mayor estado de obsolescencia por el avance tecnológico, el cual para consultar información se comenzó a usar herramientas como navegadores gráficos, que requerían de mayor capacidad, almacenamiento y velocidad para dar respuesta a la hora de hacer consultas o comunicarse por medio de correos electrónicos o redes sociales.

La información muestra los datos tomados del sistema de inventarios relacionados con la tendencia de los computadores que compra la Universidad a partir del año 2001, a partir de esa fecha se refleja una disminución en la vida útil de los computadores bien sea por obsolescencia o por deterioro.

* TIC – Tecnológicas de la Información y las Comunicaciones

A partir del año 2001, se hace notorio el cambio de tecnología y aumenta las compras de equipos de escritorio. Sin embargo, desde el año 2001 hasta el año 2009, era constante el uso de los computadores de escritorio y su vida útil promedio era de 12 años, pero a partir del año 2009, inicia una nueva era de los equipos y la Universidad comienza a adquirir computadores portátiles y a desechar los computadores de escritorio.

2.9.1 Reseña histórica en la UIS de compra de equipos de cómputo

2.9.1.1 Histórico de compra de computadores: En la tabla 13, se muestra la tendencia de los computadores de escritorio en la Universidad desde el año 2001 al 2009, teniendo como base de información la siguiente ficha técnica.

Tabla 13. Ficha técnica Computadores de escritorio.

FICHA TÉCNICA	
	
Origen de los Datos	Sistema de Información de Inventarios
Tipo	Equipos de Cómputo
Grupo de Tipo	Computadores de escritorio
Criterios de muestreo	Por marcas de equipos
Fecha de análisis (muestra)	A partir del año 2001 hasta el año 2009; porque la tendencia desde esta fecha reduce la vida útil de todos los elementos teniendo en cuenta los análisis históricos iniciales realizados de la totalidad de los activos y considerando su material, uso características tecnológicas.

FICHA TÉCNICA	
Caracterización del tipo	Equipos para el procesamiento y almacenamiento de información que sean de escritorio para el uso en las labores misionales de la Universidad según su marca.
Tamaño de la muestra (cantidad)	1603 elementos
Factores de Deterioro identificados	Obsolescencia Deterioro
Vida útil promedio	12 años
Moda	10 años
Tendencia 2010 al 2017	Marca Dell y HP
Vida útil estimada	10 años
Nota: Datos generales de los computadores de escritorio. Adaptado del Sistema de información UIS	

Para el análisis de los computadores portátiles, se usó la siguiente ficha técnica relacionada en la Tabla 14:

Tabla 14. Ficha técnica Computadores Portátiles.

FICHA TÉCNICA	
	
Origen de los Datos	Sistema de Información de Inventarios
Tipo	Equipos de Cómputo
Grupo de Tipo	Computadores portátiles
Criterios de muestreo	Por marcas de equipos
Fecha de análisis (muestra)	A partir del año 1990 hasta el año 2011; porque la tendencia desde esta fecha se reduce la vida útil de todos los elementos teniendo en cuenta los análisis históricos

FICHA TÉCNICA	
	iniciales realizados de la totalidad de los activos y considerando su material, uso características tecnológicas.
Caracterización del tipo	Equipos para el procesamiento y almacenamiento de información que sean portátiles para el uso en las labores misionales de la Universidad según su marca.
Tamaño de la muestra (cantidad)	528 elementos
Factores de Deterioro identificados	Obsolescencia eterioro
Vida útil promedio	12 años
Moda	18 años
Tendencia 2011-2016	Marca HP y DELL
Vida útil estimada	10 años

Nota: Datos generales de los computadores portátiles. Adaptado del Sistema de información UIS

2.9.1.2 Histórico de compra de impresoras: Para el caso de las impresoras, en el estudio se pudo observar tres tipos de impresoras más representativos: matriz de punto, impresora a inyección e impresora láser, parte de esta información se encuentra en la Tabla 15:

Tabla 15. Ficha técnica Impresora matriz de punto.

FICHA TÉCNICA	
	
Origen de los Datos	Sistema de Información de Inventarios
Tipo	Equipos de Cómputo
Grupo de Tipo	Impresoras
Criterios de muestreo	Impresoras según su tecnología de impresión

FICHA TÉCNICA	
Fecha de análisis (muestra)	A partir del año 1990 hasta el año 2011;
Caracterización del tipo	Equipos para el procesamiento e impresión de la información según tecnología matriz de punto para el uso en las labores misionales de la Universidad.
Tamaño de la muestra (cantidad)	172 elementos
Factores de Deterioro identificados	Obsolescencia Deterioro
Vida útil promedio	13 años
Moda	18 años
Tendencia 2011-2016	EPSON
Vida útil estimada	5 años

Nota: Datos generales de impresoras con sistema matriz de puntos. Adaptado del Sistema de información UIS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los datos del sistema de información, se observa que las impresoras matrices de punto fueron los primeros equipos que llegaron a la Universidad desde los años 1990, la Universidad las adquiriera a la fecha por su bajo costo en impresión, por trabajar con papel continuo y porque soportan situaciones en las que la resistencia y durabilidad son más importante que la calidad de impresión

Razón de lo anterior, la Universidad se ve en la necesidad de adquirir impresoras que tengan mejor calidad de impresión y rapidez en la generación de informes, por lo tanto, ven una buena opción en las impresoras de inyección de tinta, a continuación, se presenta la ficha técnica de esta impresora en la tabla 16:

Tabla 16. Ficha técnica Impresora de inyección.

FICHA TÉCNICA	
	
Origen de los Datos	Sistema de Información de Inventarios
Tipo	Equipos de Cómputo
Grupo de Tipo	Impresoras
Criterios de muestreo	Impresoras según su tecnología de impresión
Fecha de análisis (muestra)	A partir del año 1990 hasta el año 2011
Caracterización del tipo	Equipos para el procesamiento e impresión de la información según tecnología Inyección para el uso en las labores misionales de la Universidad.
Tamaño de la muestra (cantidad)	453 elementos
Factores de Deterioro identificados	Obsolescencia
	Deterioro
Vida útil promedio	13 años
Moda	18 años
Tendencia 2011-2016	Marca HP, EPSON y CANNON
Vida útil estimada	4 años

Nota: Datos generales de las impresoras con sistema de inyección. Adaptado del Sistema de información UIS

Como se ilustra en la gráfica anterior, la obsolescencia programada de las impresoras, hace que, a partir del año 2000, estos equipos se dañen por el alto uso al cual se exponen en las unidades académico-administrativas, los materiales ya no son de la misma calidad y su durabilidad es menor, a esto se une los altos costos de reparación que ascienden a más del 50% del valor de la impresora, razón de ello se solicita la baja y retiro de los inventarios por daño irreparable.

Actualmente, en la bodega se reciben impresoras en muy buen estado físico, pero por falta de recursos para repararlas, se envían a destrucción con la empresa gestora en residuos, como es el caso de las impresoras láser que por el alto costo en la relación del fusor ninguna unidad académico-administrativa se compromete a repararlas, a continuación, se presenta en la tabla 17 la ficha técnica de este equipo:

Tabla 17. Ficha técnica Impresora Láser.

FICHA TÉCNICA	
	
Origen de los Datos	Sistema de Información de Inventarios
Tipo	Equipos de Cómputo
Grupo de Tipo	Impresoras
Criterios de muestreo	Impresoras según su tecnología de impresión
Fecha de análisis (muestra)	A partir del año 1990 hasta el año 2011
Caracterización del tipo	Equipos para el procesamiento e impresión de la información según tecnología láser para el uso en las labores misionales de la Universidad.
Tamaño de la muestra (cantidad)	198 elementos
Factores de Deterioro identificados	Obsolescencia
	Deterioro
Vida útil promedio	13 años
Moda	16 años
Tendencia 2011-2016	Marca HP, EPSON
Vida útil estimada	4 años

Nota: Datos generales de las impresoras láser. Adaptado del Sistema de información UIS

Al igual que las impresoras de inyección de tinta, la tendencia a perder su vida útil se encuentra a finales del año 2000, periodo en el cual salen al mercado impresoras multifuncionales que permiten imprimir, escanear y fotocopiar, esto fue el boom en esa época y su costo de adquisición era muy alto, pero de este mismo nivel eran los costos de reparación, razón de esto, las impresoras láser multifuncionales comienzan a dañarse por algunos de los componentes, repuestos que eran muy costosos y superaban el 50% del valor del equipo.

3. CENSO DE LA INFORMACIÓN RELACIONADA CON LOS TIPOS DE EQUIPOS MANEJADOS EN LA UIS

Según las cantidades de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que tiene la universidad dentro del sistema de inventarios, se encontró que la universidad cuenta con 78.000 mil elementos activos, estos elementos se clasifican de acuerdo tabla 18:

Tabla 18. Cantidades de elementos por tipo

Tipo	Cantidad
Equipo de laboratorio	12383
Muebles y enseres	47249
Equipo de oficina	3582
Maquinaria y equipo	3096
Equipo Audiovisual	3330
Parque automotor	22
Equipo de computo	10625

Nota: Cantidades de elementos por tipo. Adaptado del Sistema de información UIS

El mayor número se encontró en equipo de laboratorio, muebles y enseres y equipo de cómputo, generando como residuo de aparatos eléctricos y electrónicos una cantidad de 23.008 elementos, que pueden ser chatarra electrónica. Los siguientes ítems, presentan los detalles de composición de cada elemento por tipo.

3.1 EQUIPO DE LABORATORIO

Una vez seleccionado el tipo de elemento se procede a clasificar los elementos usados en los laboratorios, tal como se muestra en la Tabla 19:

Tabla 19. Cantidades de elementos por equipo de Laboratorio

Elemento	Cantidad
Balanzas	425
Microscopios	737
Cromatógrafos	45
Agitadores	417
Cabinas de seguridad	284
Condensadores	114
Calderas	15
Destiladores	59
Centrifugas	197
Muflas	61
Secador	98
Bomba de vacío	321
Cámara multiespectral	2
Plancha de calentamiento	163
Ph-metro	149
Incubadora	73
Autoclave	123

Nota: Cantidades de elementos por equipo de laboratorio. Adaptado del Sistema de información UIS

3.2 EQUIPO DE OFICINA

En la tabla 20 se presenta los elementos que hacen parte de la clasificación equipo de oficina:

Tabla 20. Cantidades de elementos por equipo de Oficina

Elemento	Cantidad
Radios de comunicaciones	25
Teléfonos	2284
Estabilizadores	769
Fotocopiadoras	90

Nota: Cantidades de elementos por equipo de oficina. Adaptado del Sistema de información UIS

3.3 MAQUINARIA Y EQUIPO

Dentro del tipo de maquinaria y equipo, se encontró las cantidades que se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Cantidades de elementos por maquinaria y equipo

Elemento	Cantidad
Aires acondicionados	728
Guadañadoras	1
Motoazada	1
Sopladora	21
Molinos	50
Taladros	130
Motobombas	23

Elemento	Cantidad
Hidrolavadora	13
Motosierra	5
Cortacetos	9
Taladros	130

Nota: Cantidades de elementos por Maquinaria y equipo. Adaptado del Sistema de información UIS

3.4 EQUIPO AUDIOVISUAL

Dentro de los equipos audiovisuales, la universidad adquiere diferentes tipos de elementos, dentro de la Tabla 22 se presentan los siguientes:

Tabla 22. Cantidades de elementos por equipo audiovisual

Elemento	Cantidad
Retroproyector	41
Cámara digital	194
Televisores	272
Video beam	691
Equipo de sonido	67
Amplificador	282
Micrófonos	503

Nota: Cantidades de elementos por equipo audiovisual. Adaptado del Sistema de información UIS.

3.5 EQUIPO DE CÓMPUTO

El equipo de más elementos corresponde a equipo de cómputo, el cual está compuesto por computadores de escritorio, portátiles e impresoras, como se presenta en la tabla 23:

Tabla 23. Cantidades de elementos por equipo de cómputo

Elemento	Cantidad
Computador	8741
Impresora	1368

Nota: Cantidades de elementos por equipo de cómputo. Adaptado del Sistema de información UIS

4. SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS RAEES A PARTIR DEL CENSO

Según las cantidades de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que tiene la UIS. El mayor número se encontró en el uso de equipos de cómputo, razón por la cual se analizó este elemento con el fin de estudiar el aprovechamiento de sus partes.

Según la investigación realizada, se encontró que existen en los activos de la universidad la suma de 8741 computadores, en esta cifra se encuentran los de escritorio y los portátiles. Para el desarrollo de este trabajo, se seleccionaron los computadores de escritorio marca Dell modelo optiplex 620, esta selección se realizó de acuerdo a las estadísticas realizadas por la Sección de Inventarios en el año 2017, en donde la mayor cantidad de las 19 marcas que tiene la universidad es la marca Dell.

4.1 PARTES DE UN COMPUTADOR DELL G620

Teniendo en cuenta que los computadores están compuestos por varios elementos, se analizó cada una de las partes con el fin de clasificar las partes que podrían llegar a ser reusadas como materia prima en los proyectos de investigación. La Figura 3 muestra los componentes de un computador de escritorio:

Figura 3. Partes de un computador de escritorio. Bodega de la Sección de Inventarios, 2017



Como se puede observar, todos los componentes están diseñados con pasta de color negro y circuitos integrados. A continuación, se describirán los componentes de las partes de los equipos de cómputo según el trabajo realizado de desensamble en la bodega de inventarios.

4.1.1 Monitor. En la Figura 4, se presenta el monitor pantalla plana del computador Dell modelo G620, compuesto por vidrio, pasta y circuitos integrados.

Figura 4. Registro fotográfico de monitor pantalla plana. Bodega de inventarios, 2017.



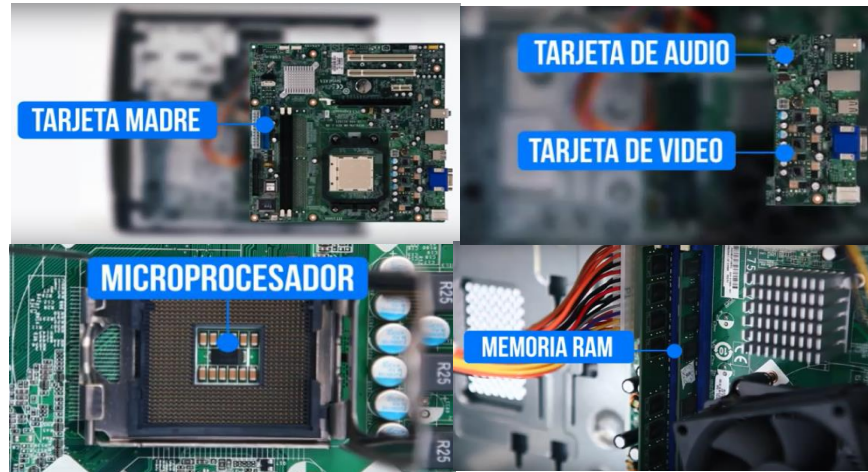
4.1.2 CPU. La CPU está compuesta por la tarjeta madre, microprocesador, memoria Ram, tarjetas de video, disco duro, unidad de DVD y ventilador, adicionalmente cuenta con cables de conexión interna y correas de datos, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Partes internas de una CPU, Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017



4.1.3 Tarjeta madre, Audio, video, microprocesador, memoria RAM. Un computador normal contiene: aluminio, cadmio, cromo, cobre, oro, hierro, plomo, mercurio y plata, entre otros metales. Algunos de estos metales, como el cadmio, el cromo, el plomo y el mercurio son clasificados como peligrosos según la legislación colombiana, los cuales se incineran y se depositan en celdas de seguridad. En la gráfica 6 se presentan la tarjeta madre, tarjeta de audio, tarjeta de video, microprocesador y memoria Ram, elementos que contienen materiales peligrosos:

Figura 6. Tarjetas internas de una CPU. Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017



4.1.4 Ventilador. El ventilador se encuentra compuesto de materiales poliméricos, metálicos y cerámicos. En la Figura 7 se presenta el ventilador del procesador.

Figura 7. Ventilador de un computador. Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017



4.1.5 Disco duro. El disco duro está compuesto de numerosos discos de aluminio, material cerámico y material magnético. La Figura 8 presenta la parte interna del disco duro.

Figura 8. Partes internas de un disco duro. Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017



4.1.6 Otros componentes. En la investigación realizada, se pudo observar que existen otros elementos a parte de los ya mencionados, dentro de los cuales se tiene: disipadores de calor, unidades de disco, tarjetas de video, batería, condensadores, entre otros, tal como se muestra en la Figura 9:

Figura 9. Otros Componentes de una CPU. Registro fotográfico Sección de Inventarios UIS, 2017



4.2 MATERIALES QUE COMPONEN LAS PARTES DE COMPUTADOR

De acuerdo con el estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEES) en Sudamérica²⁰, los materiales que componen un computador están enmarcados dentro de la Convención de Basilea de la siguiente forma: los circuitos impresos se catalogan como residuos de ensambles eléctricos y electrónicos, los cuales contienen compuesto a base de bromo y óxidos de antimonio como retardantes de llama, plomo en soldaduras, así como aleaciones de Berilio y cobre como conectores. Los circuitos impresos de RAEE también pertenecen al Anexo I de la Convención de Basilea, en la cual se enuncian las categorías Y31: Plomo y compuestos de Plomo, Y20: Berilio y compuesto de Berilio, Y22: Cobre y compuestos de Cobre, Y27: antimonio y compuestos de Antimonio, Y45: otros compuestos órgano halogenado. Además, la Convención de Basilea hace énfasis en el Cadmio, el cual se encuentra en más del 90% en las pilas recargables y en baterías de níquel – cadmio, estas baterías se catalogan como residuos de baterías en desuso. El plomo, también se encuentra en más del 90% en las baterías, con pequeñas contribuciones por parte de las soldaduras en los ensambles de placas impresas, lámparas y tubos fluorescentes. Los óxidos de plomo contenidos en el vidrio de los tubos de rayos catódicos y en las pantallas de los computadores. Estos residuos pueden tener características peligrosas. El selenio, es un material que se encuentra en los aparatos eléctricos y electrónicos, como residuos peligrosos y pertenece a la categoría Y25 del Anexo I de la Convención de Basilea.

Las pilas y sensores de posición tienen más del 90% de mercurio, el cual se encuentra en los relés y tubos fluorescentes, así como también en las pantallas de LCD, elemento de características peligrosas. También existen compuestos

²⁰ FERNÁNDEZ PROTOMASTRO, G. Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Sudamérica. 2007. Disponible en: http://crsbasilea.inti.gov.ar/pdf/Informe_raee_sudamerica.pdf

plásticos que contienen retardantes de llamas brominados, que son incluidos en la Convención de Basilea como residuos que están contaminados por PCB (bifenilos policlorados), los cuales provienen más del 90% de los condensadores con PCB, PCT (terfenilos), PCN (naftalenos policlorados, que se utiliza para impregnar los cables recubiertos de papel en los condensadores), PBB (bifenilos policlorados) o cualquier otro análogo de polibromados con una concentración superior a 50 mg/kg. El TBBA (tetrabromo-bifenil a) se encuentra en más del 90% de las placas impresas y otros componentes. El Octa y deca BDE (octa y decabromodifeniléter), se encuentran en más del 80% dentro de los computadores, con menores contribuciones por parte de los aparatos de televisión y aparatos eléctricos de cocinas domésticas. El PVC (policloruro de vinilo) de los cables de los RAEE contiene más del 90% de cloroparafinas. Otros materiales aprovechables que se pueden identificar en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son el cobre, plata, oro, bario, antimonio. Según la Convención de Basilea, se excluyen a los RAEE siguientes por no ser peligrosos:

- Ensamblados eléctricos o electrónicos consistentes solo en metales o aleaciones.
- Aparatos eléctricos o electrónicos, incluyendo circuitos impresos: que no contengan constituyentes tales como acumuladores o baterías que tengan mercurio, vidrio de rayos catódicos u otros vidrios activados ni capacitadores de PCB, y que no estén contaminados por material como cadmio, mercurio, plomo, entre otros.

4.2.1 Materiales valiosos. La fabricación de aparatos eléctricos y electrónicos demanda una mezcla compleja de componentes, entre los que se encuentran varios metales preciosos cuya transformación y extracción generan un impacto ambiental significativo, procedente de su producción primaria.

Aunque el porcentaje de los metales preciosos es pequeño en comparación con el peso total, su concentración, como ocurre con el oro, y a pesar de las bajas cantidades de metales preciosos que se encuentran en los RAEE, estos son muy importantes por su valor en gramos.

Un computador se encuentra compuesto en su mayoría por acero de baja aleación (65%) y plástico (10%). Los metales preciosos como oro y plata se encuentran en concentraciones bajas. Si lo vemos desde el punto de vista económico, los metales preciosos representan la mayor cantidad de ingresos posibles. Además, el cobre y los diversos plásticos, en particular, muestran un porcentaje relativamente alto.

De otra parte, elementos potencialmente peligrosos como el plomo, el selenio y el arsénico, entre otros, también tienen un valor económico que no puede ser despreciado.²¹

Teniendo en cuenta la composición metálica de las tarjetas que constituyen un circuito electrónico se ha encontrado diferentes métodos para la extracción de los metales que hacen parte de ellas como por ejemplo el oro y la plata. Estos métodos físicos y mecánicos pueden ser reducción de tamaño, concentración gravimétrica, separación electrostática y magnética. En la Tabla 24 se resumen las composiciones de las tarjetas de circuito impreso.

²¹ FAJARDO SUÁREZ, K. Estudio de factibilidad para el montaje de una planta de reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos en Cartagena (Master's thesis, Universidad EAFIT). 2013

Tabla 24. Composición de las tarjetas de circuito impreso

Materiales	% ^a	% ^b	% ^c	% ^d	% ^e	% ^f	% ^g
Metales (Máx. 40 %)							
Cu	20	26.8	10	15.6	22	17.85	23.47
Al	2	4.7	7	-	-	4.78	1.33
Pb	2	-	1.2	1.35	1.55	4.19	0.99
Zn	1	1.5	1.6	0.16	-	2.17	1.51
Ni	2	0.47	0.85	0.28	0.32	1.63	2.35
Fe	8	5.3	-	1.4	3.6	2.0	1.22
Sn	4	1.0	-	3.24	2.6	5.28	1.54
Sb	0.4	0.06	-	-	-	-	-
Au/ppm	1000	80	280	420	350	350	570
Pt/ppm	-	-	-	-	-	4.6	30
Ag/ppm	2000	3300	110	1240	-	1300	3301
Pd/ppm	50	-	-	10	-	250	294
Cerámicos (Máx. 30 %)							
SiO ₂	15	15		41.86	30	-	-
Al ₂ O ₃	6	-	-	6.97	-		
Óxidos alcalinos y alcalinotérreos	6	-	-	CaO 9.95, MgO 0.48	-		
Titanatos, micas, etc.	3	-	-	-	-	-	-
Plásticos (Máx. 30 %)							
Polietileno	9.9	-	-	-	16	-	-
Polipropileno	4.8						
Poliéster	4.8						
Epóxicos	4.8						
Cloruro de polivinilo	2.4						
Politetra-fluoroetano	2.4						
Nylon	0.9						

Nota: Adaptado de Ogunniyi y Vermaak. Los porcentajes están dados en peso. 2009.

4.2.3 Materiales peligrosos. La generación de emisiones peligrosas durante el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos depende del manejo de los residuos electrónicos. Las sustancias de preocupación en equipos eléctricos y electrónicos, por lo general, están en forma sólida no dispersas, y no hay riesgo de exposición humana o emisión al ambiente por su uso en un contacto normal directo. Es por esto que las sustancias peligrosas que contienen algunos residuos de aparatos eléctricos y electrónicos no representan en sí mismos riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Ciertos procesos de recuperación usados principalmente en países en desarrollo o en transición, como someter los residuos a altas

temperaturas sin ningún tipo de control o uso de tecnologías diseñadas para tal fin, pueden causar daños al medio ambiente y a la salud humana.²²

4.3 DEFINICIÓN DEL ELEMENTO DE ESTUDIO

Para este trabajo se definió como elemento de estudio al computador marca Dell, modelo optiplex G620, el cual es el más representativo de todas las marcas que adquiere la Universidad, en total existen 19 marcas de computadores de escritorio y portátiles, las cuales se presentan en la tabla 25:

Tabla 25. Cantidades de Equipos de cómputo por marca

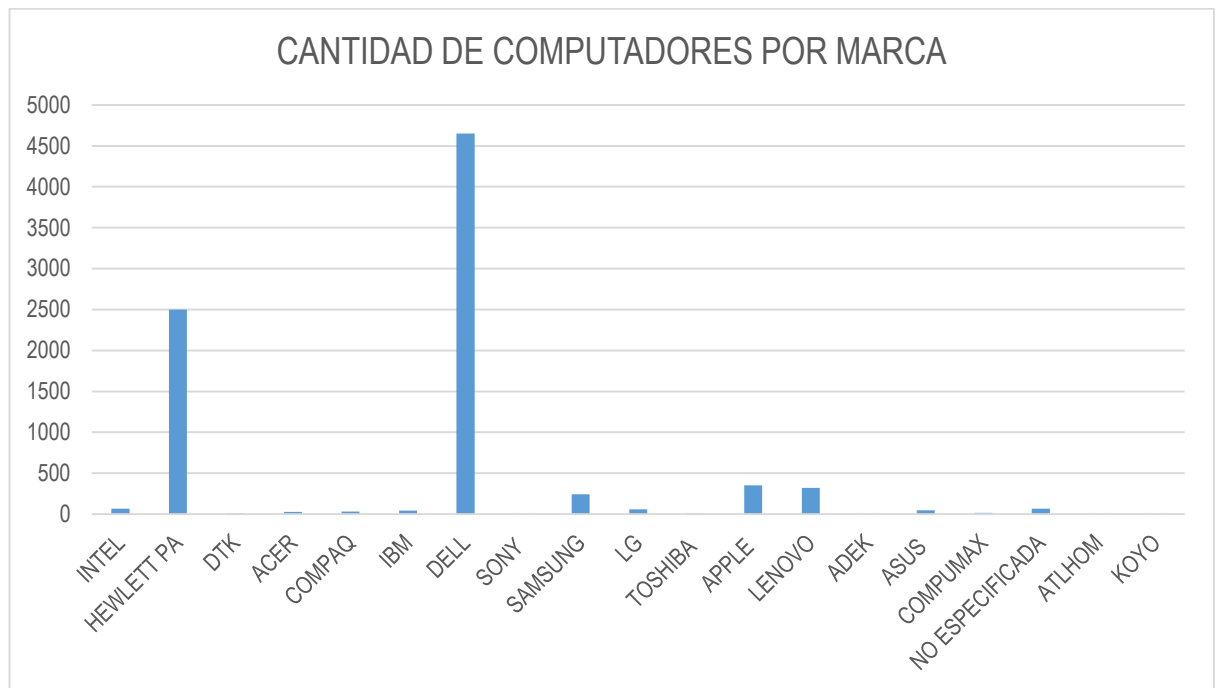
MARCA	CANTIDAD
INTEL	67
HP	2.500
DTK	10
ACER	28
COMPAQ	32
IBM	43
DELL	4.652
SONY	6
SAMSUNG	242
LG	61
TOSHIBA	8
APPLE	354
LENOVO	322
ADEK	1
ASUS	48
COMPUMAX	17

²² Ibid.

MARCA	CANTIDAD
ATLHON	1
KOYO	3
NO ESPECIFICA	69
TOTAL	8.464

Nota: Adaptado de los datos registrados en el sistema de inventarios de la UIS

Figura 10. Cantidad de computadores por marca



5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante esta etapa se desensambló una CPU de un computador de escritorio con el fin de identificar las partes internas y hacer valoración del material aprovechable y no aprovechable, para esta actividad se contó con el apoyo de un técnico y herramientas de la Escuela de Ingeniería Química. Los resultados fueron los siguientes:

5.1 MATERIAL APROVECHABLE

El material aprovechable fue clasificado mediante inspección visual en materiales metálicos, poliméricos y cerámicos.

5.1.1 Materiales metálicos. La clasificación de los materiales metálicos puede ser realizada bajo las especificaciones de la norma ASTM E340-06, la cual describe los métodos de macroataque a través de medios químicos.

5.1.2 Aleaciones ferrosas. Equipo utilizada balanza análoga, capacidad 20 kg se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Aleaciones ferrosas: (a) Caja de la CPU (b) Caja de unidad de CD (c) Parte caja unidad de CD (d) Parte interna disco duro (e) Cubierta disco duro (f) Pesaje



(a)



(b)



(c)



(d)

(e)

(f)

Elemento	Material	Peso gramos
Caja de la CPU + caja de unidad de CD + soportes + cubierta de disco duro	Aleación ferrosa	6648,18

5.1.3 Acero. Equipo utilizado. Balanza de precisión tipo 3 marca Radwag fue usada para la medición mostrada en la Figura 12.

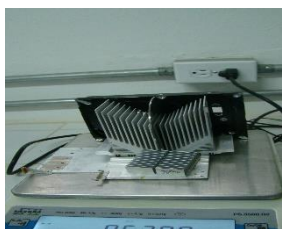
Figura 12. Probador de metales: Neodimio magnético



Elementos	Material	Peso gramos
Tornillos, ganchos, conectores, bandas aceradas, sujetadores	Acero	95,66

5.1.4 Aleaciones de aluminio. En la Figura 13, se muestra la prueba del equipo, en esta el técnico utilizó una lima, obtuvo limadura del material y colocó el neodimio magnético para descartar que sea una aleación ferrosa, el pesaje se hizo con una balanza de precisión tipo 3 marca Radwag.

Figura 13. Prueba del material



Elemento	Material	Peso gramos
Disipadores de calor, rejillas aislantes, sujetador del disco duro	Aleaciones de aluminio	852,00

5.1.5 Aleaciones de Cobre. El equipo utilizado fue balanza de precisión tipo 3, marca Radwag. De este material aprovechable se encontró dentro de los motores del procesador, ventilador y resistencias.

Figura 14 Aleaciones de cobre



Elemento	Material	Peso gramos
Motores	Aleación de cobre	80,73

5.1.6 Material PVC y cobre.

Figura 15 Material de PVC y cobre



Elemento	Material	Peso gramos
cables	PVC, cobre, polímeros	281.53

5.2 MATERIAL NO APROVECHABLE

5.2.1 Materiales poliméricos.

5.2.1.1 Elastómeros: Los elastómeros son aquellos tipos de polímeros que incluyen elementos no metálicos en su composición y que muestran un comportamiento elástico.

Figura 16 Pesaje parte frontal de la CPU



Elemento	Material	Peso gramos
Tapones, aislantes, empaque	Elastómeros	18.61

5.2.1.2 Material Polimérico diferente a los elastómeros: Los polímeros termoestables como resinas fenólicas (baquelitas). Se muestran en la Figura 17.

Figura 17. Elastómeros

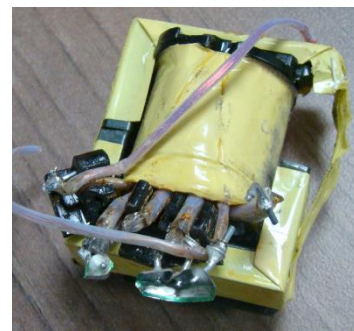


5.2.2 Material cerámico, papel, mica. Los capacitores más comunes son los de aire, mica, papel, cerámica y electrolíticos.

Figura 18. Material Cerámico: (a) Capacitores (b) Batería (c) Pesaje de los capacitores (d) Pesaje de la mica



(a)



(b)

Elemento	Material	Peso gramos
Parte frontal de la CPU, soporte del disco duro, caja de ventilador, aspa de ventilador, rejilla frontal, conectores	Polímero	1517,00



(c)



(d)

Elemento	Material	Peso gramos
Capacitores, condensadores, transformadores	Cerámica, papel y mica	210,59

5.2.3 Material Baquelita, plata, oro, estaño.

Equipo utilizado: BALANZA DE PRECISION TIPO 3, MARCA RADWAG.

Figura 19. Tarjetas madre y otros circuitos



Elemento	Material	Peso gramos
Tarjeta madre, video, red	Baquelita, Plata, oro, estaño	707,80

5.2.4 Material de Baquelita.

Equipo utilizado: Balanza De Precisión Tipo 3, Marca Radwag.

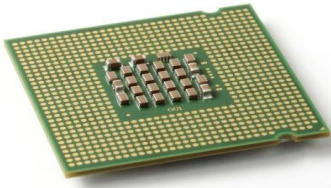
Figura20. Rodillo de Baquelita



Elemento	Material	Peso kg
Rodillo	Baquelita y acero imantado	45,56

5.2.5 Baquelita, Aluminio y Oro. Esta mezcla de materiales fue encontrada en los procesadores. Equipo utilizado: balanza de precisión tipo 3, marca radwag.

Figura 21. Procesador

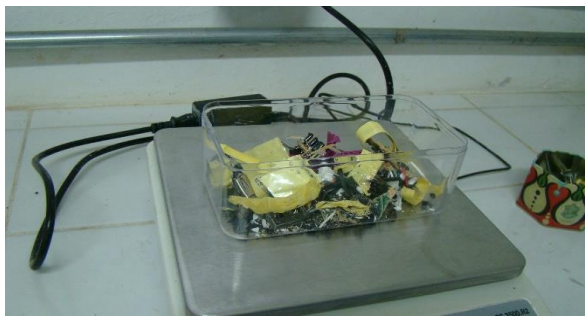


Elemento	Material	Peso gramos
Procesador	Baquelita, aluminio y oro	23,42

5.2.6 Material de Residuos.

Equipo utilizado: balanza de precisión tipo 3, marca Radwag.

Figura 22. Residuos de cauchos, pegantes y aislantes



Elemento	Material	Peso gramos
Residuos de cauchos, pegante, aislantes	Compuestos	88,34

5.3 RESULTADOS

Como resultado del análisis realizado en los componentes del caso de estudio se encontraron los datos que se presentan en la Tabla 26:

Tabla 26. Cantidad de material.

MATERIAL APROVECHABLE		Gramos
Aleaciones ferrosas		6731,08
Acero		95,66
Aleaciones de Aluminio		852,00
Aleaciones de Cobre		85,00
pvc y cobre		281,53
TOTAL kg		8045,27
Equivalente al 57,46%		
MATERIAL NO APROVECHABLE		Gramos
Elastómeros		18,61
Polimérico diferente a los elastómeros		1517,00
Cerámica, mica, papel		210,59
Baquelita, Oro, plata, estaño		730,50
Baquelita		45,56
Residuos		3431,75
TOTAL kg		5954,01
Equivalente al 42,54%		

El peso total de una CPU es de 14.000 gramos, menos el material aprovechable que es 8045,27 gramos, queda como resultado de material no aprovechable 5954,01 gramos.

Teniendo en cuenta que existen en los inventarios de la universidad 7.388 computadores de los cuales 5.954 son de escritorio, tendríamos como material aprovechable 47.901 kilogramos, equivalente aproximado a 48 toneladas.

Cantidad de computadores	Material aprovechable por equipo	Total de material aprovechable (gramos)	Total de material aprovechable (Tn)
5954	8.045,27	47'901.537	48

Actualmente la Universidad cancela el valor de \$800 pesos el kilogramo de RAEE, si cada CPU pesa 14 kilogramos, entonces la Universidad cancela por cada CPU el valor de \$11.200 pesos, y si este valor lo multiplicamos por los 5954 computadores daría como costo total de disposición final de \$66'684.800 pesos.

Estos resultados son desde una proyección de desensamble de la CPU y sus componentes, adicional a esto, también se podrían utilizar las piezas completas como los discos duros, tarjetas de red, board, video, memorias RAM, unidad de CD para la recuperación de otros equipos con las mismas características o para usar estas piezas en proyectos de robótica o electrónica.

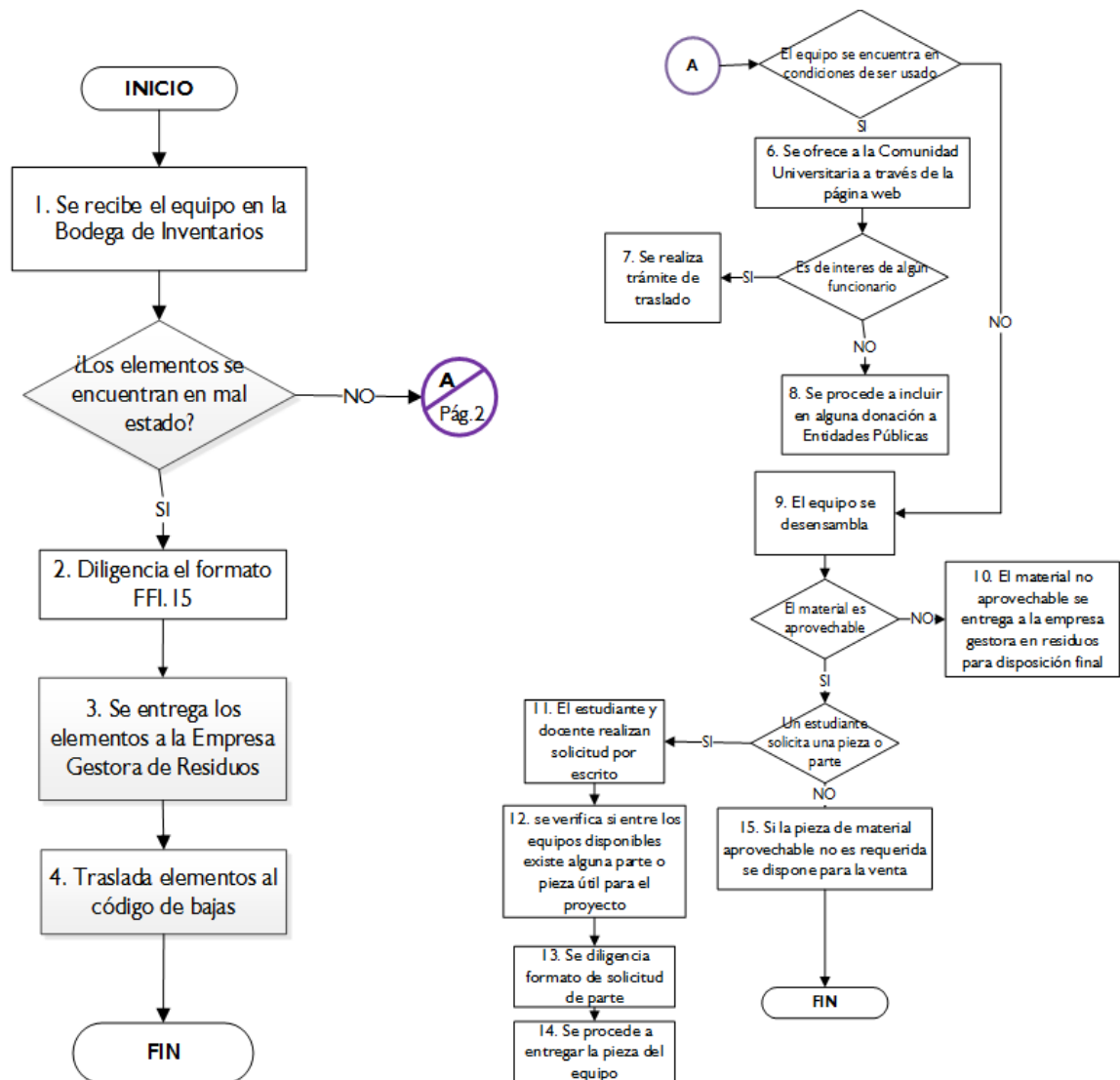
6. PROCEDIMIENTO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS RAEES DE LA UIS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se puede plantear el siguiente procedimiento:

1. Luego de que se cuente con el Concepto técnico de baja y el formato de baja debidamente diligenciado, se debe realizar el traslado de equipo a la Bodega de Inventarios y realizar el trámite de baja en el Sistema de Información Financiero
2. Si los elementos se encuentran contaminados con residuos peligrosos se diligencia el formato FFI.15 Formato de Baja de Elementos contaminados con Residuos Peligrosos
3. Solicita y hace entrega de los elementos a la Empresa Gestora de Residuos la recolección.
4. En el sistema se registra los elementos en el SIF al código de bajas, y se procede al borrar físico con el fin de descargarlos del inventario del responsable.
5. Se debe evaluar según el concepto técnico emitido por la División de Mantenimiento Tecnológico si el equipo se encuentra en condiciones de ser usado por otra Unidad o por alguna entidad pública.
6. Se publica a través de la página web los equipos que se encuentran en bodega en buen estado para su interés.
7. Si es de interés de algún funcionario se procede al trámite de traslado
8. Si el elemento por su estado de obsolescencia no es de interés para ninguna Unidad Académica Administrativa o funcionario se procede a incluir en el listado de elementos a donar a Entidades Públicas según el procedimiento establecido en el Manual Normativo y Procedimental para la Administración y el Control de los Bienes Muebles de la UIS.
9. Si el equipo se encuentra averiado o dañado se desensambla con el fin de obtener material aprovechable

10. Si el material extraído del equipo no es aprovechable se entrega a la empresa Gestora en residuos para realizar el debido proceso de Disposición Final.
11. Se solicita por parte de un estudiante o profesor una pieza o parte para la ejecución de un proyecto, este debe realizar una solicitud por escrito indicando el nombre del proyecto y la parte o pieza a requerir.
12. Se revisa en la Bodega de Inventarios si se cuenta con la pieza solicitada.
13. Se diligencia el formato de solicitud de parte o pieza.
14. Se procede a entregar la pieza solicitada del equipo al solicitante.
15. Si las piezas de material aprovechable extraída de los equipos no son requeridas para el desarrollo de proyecto deber ser vendida a una empresa gestora en residuos, esto teniendo en cuenta el espacio limitado de almacenamiento de equipos.

Figura 23. Procedimiento para el aprovechamiento de Residuos RAEES en la UIS.



7. VALIDACIÓN

Se tiene en cuenta que los elementos recibidos en la bodega de inventarios, pueden ser aprovechados en tres formas, una para reúso de sus partes, la segunda para extender la vida útil a través de donaciones para instituciones y la tercera para desensamble de todos sus componentes para disposición final o proyectos de investigación.

La implementación del nuevo procedimiento facilitará el uso de estos componentes en forma legal e institucional, lo cual hace que la universidad suministre materia prima para pregrado o posgrados.

7.1 CUADRO DE VALIDACIÓN

En la Tabla 27 se presenta el resumen del proceso de validación de requisitos.

Tabla 27. Validación de requisitos

Método	Descripción
Recibo	Al ingresar a la bodega de inventarios, se debe hacer un registro del tipo de elemento
Clasificación	Luego se debe clasificar de acuerdo a los componentes de aprovechamiento
Organización	Una vez clasificado, se procederá a organizar estos elementos de acuerdo al grado de aprovechamiento
Desensamble	Una vez organizado, se deberá proceder con el desensamble del elemento para separar sus partes
Almacenamiento	Se almacenará las partes aprovechables para destinación
Disposición final	Se entregará a la empresa gestora en residuos las partes que no se usarán.

8. CONCLUSIONES

A continuación, se presentará algunos de las conclusiones de esta investigación:

- Se identificó que la marca de computadores de escritorio más adquirida en la universidad es Dell, y el elemento de estudio seleccionado fue el computador de escritorio modelo G620 que corresponde al de mayor volumen de adquisición en la Universidad.
- Se estableció un procedimiento que permite clasificar los materiales en aprovechables y no aprovechables.
- Se logró identificar mediante el procedimiento propuesto que el 57% de los materiales que hacen parte de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son aprovechables.
- El 43% del material se podría llegar a aprovechar mediante procesos de separación química o procesos altamente tecnificados.
- Dentro los residuos aprovechables de los aparatos eléctricos y electrónicos, se encontró que algunas partes son usadas para proyectos de investigación y repotenciación, generando un beneficio para la universidad y reducción en los costos de compra de repuestos para reparaciones de equipos.
- La universidad, actualmente no cuenta con una política RAEE, la cual genera un costo anual del 66 millón de pesos, correspondiente al pago de disposición final de todos los residuos generados en la UIS.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM International. ASTM E340 - 00. Standard Test Method for Macroetching Metals and Alloys. 2006

BOENI, H., SILVA, U., & OTT, D. Reciclaje de residuos electrónicos en América Latina. Panorama general, desafíos y potencial. Gestión de residuos electrónicos en América Latina, 2009. 51.

CARRASCOSA HIDALGO, Ariadna. La obsolescencia programada: análisis de la posibilidad de su prohibición." 2015

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA LEY 1672 de 2013. Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (raee), y se dictan otras disposiciones.

-----,----- Ley 1252 de 2008. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

-----, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

-----,----- Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Bogotá, D.C. Colombia, 2010.

-----,----- Red Verde, el primer programa posconsumo de electrodomésticos del país, amplía su alcance y cobertura geográfica. Bogotá, Colombia. 2017

-----,----- Resolución 1512 de 2010. Por la cual se establecen los sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones.

FAJARDO SUÁREZ, K. Estudio de factibilidad para el montaje de una planta de reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos en Cartagena (Master's thesis, Universidad EAFIT). 2013.

GUTIÉRREZ, L. H. TIC y sector productivo en Colombia: en la búsqueda de políticas que impulsen un uso integral. Entre mitos y realidades. TIC, políticas públicas y desarrollo productivo en América Latina. Santiago: CEPAL, 2013. LC/L. 3600. 2013 p. 195-224.

MORA RODRÍGUEZ, G. A. Lineamientos para la incorporación de la gestión ambiental en las prácticas de producción, comercialización, consumo y posconsumo de computadores y periféricos en Colombia (Master's thesis).2012

PADILLA CPUs, F. L. Propuesta de una guía de procedimientos sobre el manejo de desechos electrónicos en el Distrito Metropolitano de Quito (Bachelor's thesis, Quito, 2017.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. DIVISIÓN FINANCIERA Manual normativo y procedimental para la administración y control de los bienes muebles de la UIS, Bucaramanga, 2017.

-----, Rectoría Resolución 1858 de 2007. Manual Normativo y Procedimental para la Administración y Control de los Bienes muebles de la UIS.