

# Medical Equipment Disposal Review: Challenges and Opportunities.

C.L. Flores Pérez, BE<sup>1</sup>, R.E. Valle Ordóñez, MSc.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, claudiafloresp@unitec.edu

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, elizabeth.valle@unitec.edu

*Abstract*– The management of medical technology involves a series of processes ranging from planning and evaluation of equipment to decision making related to its removal and disposal, with the aim of complying with the life cycle established for these devices. The final disposal of this equipment is an essential part of environmental sustainability, especially due to the amount of components they contain that, at the end of their useful life, become waste, some of which can be highly polluting.

The study is of a descriptive perceptual level; an exhaustive analysis was carried out based on the inspection, evaluation and characterization of the current process of discarding and final disposal of medical equipment, as well as the management of waste electronic and electrical equipment (WEEE) in two public health institutions, both under the jurisdiction of the Ministry of Health of Honduras.

Based on the information gathered, it is important to generate a guide to orient health institutions in the correct final disposal of medical equipment, which is focused on being a crucial starting point for standardization and compliance with best practices in this area. By comparing the deficiencies identified in hospitals in relation to the process of final disposal of medical equipment with the benefits provided by the guide, the urgent need for such a document becomes evident.

*Keywords*– Final disposal, life cycle, management, medical technology, WEEE.

# Revisión de Disposición de Equipos Médicos: Desafíos y Oportunidades.

C.L. Flores Pérez, BE<sup>1</sup>, R.E. Valle Ordóñez, MSc.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, claudiafloresp@unitec.edu

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, elizabeth.valle@unitec.edu

**Resumen**— La gestión de la tecnología médica involucra una serie de procesos que abarcan desde la planificación y evaluación de equipos hasta la toma de decisiones relacionadas con su retirada y eliminación, con el objetivo de cumplir con el ciclo de vida establecido para estos dispositivos. La disposición final de estos equipos es una parte esencial de la sostenibilidad ambiental, especialmente debido a la cantidad de componentes que contienen y que, al llegar al final de su vida útil, se convierten en desechos, algunos de los cuales pueden ser altamente contaminantes.

El estudio es de nivel perceptual tipo descriptivo, se realizó un análisis exhaustivo basado en la inspección, evaluación y caracterización del proceso actual de descarte y disposición final de equipos médicos, así como la gestión de residuos de aparatos electrónicos y eléctricos (RAEE) en dos instituciones públicas de salud, ambos bajo la jurisdicción de la Secretaría de Salud de Honduras.

Con base en la información recopilada se destaca la importancia de generar una guía destinada a orientar a las instituciones de salud en la correcta disposición final de equipos médicos, la cual se enfoca en ser un punto de partida crucial para la estandarización y el cumplimiento de las mejores prácticas en este ámbito. Al comparar las deficiencias identificadas en los hospitales en relación con el proceso de disposición final de los equipos médicos con los beneficios que aporta la guía, se pone de manifiesto la urgente necesidad de contar con un documento de este tipo.

**Keywords**— Ciclo de vida, disposición final, gestión, tecnología médica, RAEE.

## I. INTRODUCCIÓN

Los equipos médicos cuentan con una vida útil promedio específica, una vez esta culmina, se requiere sean retirados, por lo cual resulta necesario conocer el ciclo de vida de la tecnología para comprender cómo eventualmente se alcanza el desmantelamiento, cuyo objetivo es la disposición final, proceso que inevitablemente convierte a los equipos médicos descartados en residuos electrónicos que deben ser manejados apropiadamente. La responsabilidad de optimizar y garantizar que cada equipo médico instalado en las organizaciones de salud se encuentre trabajando de forma apropiada cumpliendo la función para la que está destinado es de cada actor involucrado en la gestión de tecnología médica.

La gestión de dispositivos médicos representa una faceta de vital importancia en el ámbito de la seguridad y la eficiencia económica en la operativa de hospitales contemporáneos. En paralelo, la implantación efectiva de un sistema de información se erige como un pilar fundamental para maximizar el rendimiento en la administración hospitalaria [1].

El tiempo de vida útil de los equipos médicos se basa en el mismo ciclo de funcionamiento que cualquier otra tecnología, este es el periodo en el que cumplirá la función para la cual fue creado a un nivel determinado de confiabilidad [2].

De acuerdo con el comportamiento exponencial en el tiempo que posee la gráfica del ciclo de vida de toda tecnología (fig. 1), una vez alcanzado el punto máximo de rendimiento comienza el declive en donde puede continuar siendo utilizada sin mayor consecuencia que estar desfasada.

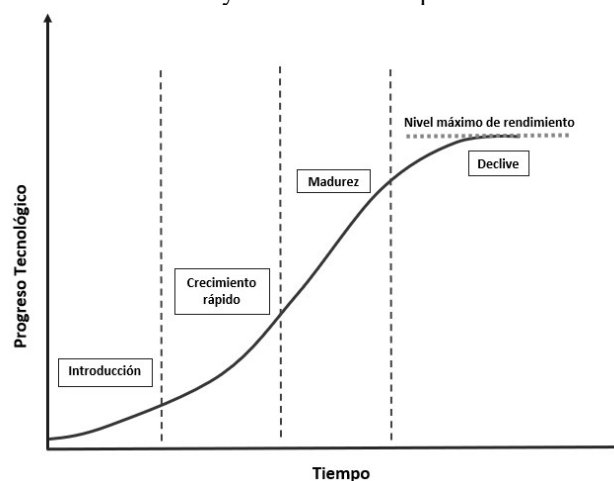


Fig. 1 Curva de vida útil de la tecnología, basada en [3].

Al revisar el caso de la tecnología médica (Fig. 2), el comportamiento es igualmente incremental en el tiempo hasta llegar a la etapa de difusión donde logra estabilidad durante la utilización y conservación hasta alcanzar la disposición final, en la cual se evalúa si puede continuarse utilizando luego de ajustes y bajo determinadas condiciones específicas que permitan el funcionamiento seguro o si debe retirarse de uso definitivamente.

Se han identificado factores críticos en la evaluación de la sustitución de dispositivos médicos, tales como el año de introducción, los costos de reparación, la discontinuación de componentes y fallos múltiples [4].

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

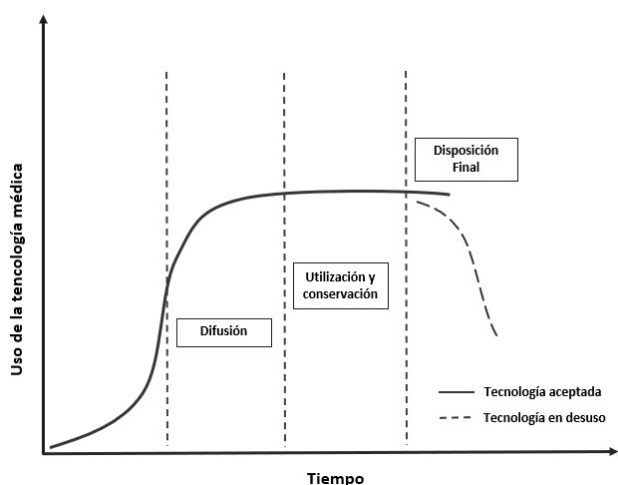


Fig. 2 Curva de uso de la tecnología médica, basada en [5].

Un 70% de los residuos electrónicos acaban en un lugar no declarado o desconocido, muy probablemente en un vertedero. Una vez en estas ubicaciones, las sustancias tóxicas pueden filtrarse a las aguas subterráneas, afectando a los ecosistemas locales, contaminando los alimentos e incluso amenazando la salud humana [6].

De acuerdo con las estadísticas a nivel mundial, solamente el 17% de los residuos se somete a un proceso de recolección y reciclaje oficial, lo que resulta en una pérdida de recursos valiosos y en impactos ambientales adversos [7]. El ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) se presenta como una razón de ello, pues cuanto más corta sea la vida útil de un artículo, mayor será su proporción en una determinada cantidad de residuos electrónicos [8].

El número de empresas dedicadas al tratamiento y eliminación de residuos electrónicos ha aumentado significativamente en casi todas las naciones, sin embargo, en su mayoría aún carecen de conocimientos tecnológicos y a pesar de varias iniciativas interesantes, todavía no ha sido posible crear normas tecnológicas que tengan en cuenta las características regionales. En América Latina, el aumento del volumen de aparatos electrónicos que se recogen legalmente al final de su vida útil es un factor que contribuye a la expansión de la industria del reciclaje [9]. Colombia y Argentina son ejemplos de países que cuentan con lineamientos técnicos y buenas prácticas en el manejo de RAEE.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia cuenta con un documento que establece lineamientos generales para cada una de las diferentes etapas, así como las recomendaciones sobre el cuidado y correcto manejo de casos específicos en algunos residuos de aparatos eléctricos y electrónicos [10].

R. Ávila & J. F. Jaramillo en su investigación titulada *Recomendaciones para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE en Colombia el caso Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla* destacan que aún con un marco que funciona de guía, todavía se presentan dificultades en el flujo adecuado del proceso conllevando a

una inadecuada disposición de sustancias y a una pérdida de materia prima valiosa [11].

El Ministerio de Salud de Argentina, cuenta con un documento para desarrollar y documentar procedimientos asociados a la adecuada gestión los RAEE, cumpliendo con normas el marco normativo ambiental y la seguridad y salud ocupacional [12]. Sin embargo, es claro que los RAEE necesitan una ley nacional propia para asegurar la protección del medio ambiente y la utilización más adecuada de los elementos que los componen [13].

En Honduras, los procesos de supervisión y regulación de la gestión de los residuos sólidos son realizados por La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA - MIAMBIENTE+) [14] y la Secretaría de Salud (SESAL) [15], siendo cada una encargada, respectivamente, de garantizar la gestión efectiva de los residuos electrónicos y de velar por que el manejo de los estos no perjudique la salud de las personas en ninguna etapa del proceso. Respecto a los RAEE, en el país existen siete operadores que gestionan la basura electrónica, suelen desmontar y separar las piezas de valor (como las placas de circuitos impresos) de las piezas sin valor; tan solo en 2019 se estimó que en el país se generaron más de 25 millones de kilogramos de residuos electrónicos [16].

Honduras ha elaborado dos publicaciones principales relacionadas con la gestión y las estadísticas de los residuos electrónicos: en 2014 el estudio "Estimación de la Generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Honduras" [17], y en 2019 el informe "Gestión ambientalmente racional de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Honduras". Ambos documentos fueron generados por el Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), que depende de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MiAmbiente+) y el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

La administración y tratamiento de los Residuos Médicos (RM) constituyen una inquietud de magnitud debido a su potencial amenaza para la salud humana y el entorno, especialmente en naciones en desarrollo [18].

De acuerdo con Gutiérrez Vera, et al. en su investigación *Desechos tecnológicos, un enemigo del medio ambiente en el siglo XXI* indican que los desechos tecnológicos afectan la tierra, el agua y el aire haciendo imperativo abordar las actividades de reciclado con un enfoque responsable, dado que, además de los metales preciosos, se identifican otros compuestos que poseen características contaminantes, tóxicas y cancerígenas [19].

La tecnología médica inevitablemente se convierte en un residuo electrónico con el paso del tiempo, representando una amenaza para el medio ambiente con un impacto directo en el cambio climático.

Los equipos médicos contienen una serie de materiales potencialmente peligrosos, como el cobre y el titanio-niobio presente en elementos esenciales como ser los imanes de las resonancias magnéticas; plomo, utilizado en monitores CRT y otros dispositivos; mercurio, utilizado en las pantallas LCD;

cadmio, utilizado en baterías, plásticos, resistencias y TRC; plásticos clorados utilizados en los cables y el cableado; retardantes de llama bromados, utilizados en carcasas de ordenadores y placas de circuitos [20].

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su documento oficial de 2019 sobre el desmantelamiento y disposición final de equipos médicos, establece directrices que abarcan diversas prácticas de eliminación, como el enterramiento, depósito, descarga, vertido, colocación o liberación intencionada de estos dispositivos. En el caso de residuos radiactivos, se exige su depósito en instalaciones aprobadas o su vertido controlado en el medio ambiente, sin la intención de recuperación posterior [21].

La disposición final puede implicar el desmantelamiento de equipos médicos con el propósito de reciclar componentes, siempre que se garantice la seguridad en su reutilización. Por otro lado, se desaconseja enfáticamente la eliminación de residuos sanitarios sin tratar en vertederos municipales. Dependiendo de la infraestructura y la capacitación disponible en los centros de salud, el tratamiento y la eliminación de residuos pueden ser llevados a cabo en el lugar por personal cualificado o fuera del sitio por entidades acreditadas con experiencia en la gestión de residuos sanitarios.

A nivel del sector de salud pública hondureña, dentro de los hospitales los equipos médicos, son considerados bienes del Estado y por lo tanto están bajo la jurisdicción de la Dirección Nacional de Bienes del Estado (DNBE), la cual tiene como misión dirigir la administración, el registro y control de bienes. Los departamentos que representan a la DNBE en cada centro de atención médica de la Secretaría de Salud (SESAL) son llamados Bienes Nacionales, parte de su función es autorizar dar de baja a los equipos médicos de los cuales se haya comprobado que su uso no es seguro ya sea por malfuncionamiento o porque ha llegado al final de su vida útil, más no gestionan su disposición final.

Dado el crecimiento constante de la demanda tecnológica en los hospitales a nivel nacional, la necesidad de adquirir nuevos equipos para apoyar tanto el diagnóstico como el tratamiento de la población también aumenta de manera concomitante. Los equipos médicos que ya no proporcionan beneficios operativos ni son seguros, de acuerdo con la evaluación de los responsables de la gestión, son naturalmente excluidos por lo que la carencia de un enfoque formal para la disposición final de estos dispositivos tiene repercusiones perjudiciales tanto en la viabilidad económica del hospital como en el medio ambiente y la comunidad circundante que se beneficia de los servicios prestados; se infiere la necesidad de contar con una herramienta o documento oficial que establezca pautas apropiadas para que los centros de atención médica puedan realizar la eliminación adecuada de sus equipos médicos en función de minimizar el impacto negativo de los residuos electrónicos en el entorno, preservar la salud de la comunidad y optimizar la gestión interna de la tecnología médica en cada hospital.

## II. MÉTODOS

Se realizó un estudio de nivel perceptual tipo descriptivo [22], utilizando métodos integrados cualitativos, se tomaron en cuenta técnicas cuantitativas (conteo de equipos médicos, porcentajes de sustancias químicas peligrosas en equipos médicos, cantidad de almacenes) así como técnicas cualitativas (entrevista a personal de mantenimiento, encuestas con preguntas abiertas y cerradas) con un alcance exploratorio. Se consideraron elementos como los criterios para el descarte siendo aquellos requisitos que deben ser cumplidos previo al descarte de los equipos. el proceso de disposición final, el estado físico y operacional y el impacto ambiental.

Se realizó revisión de literatura, indagando en documentos como manuales, tesis y artículos científicos para brindar un sustento teórico al estudio; las entrevistas y cuestionarios fueron aplicados al personal de los hospitales para conocer el proceso de disposición final de los equipos médicos. A partir de estas se recolectaron los datos cualitativos y cuantitativos. Se estableció Microsoft Excel como la herramienta para organizar esta información para su comprensión y análisis [23]. La metodología empleada se compone de cuatro etapas, las cuales en conjunto conllevan evaluar la generación de una guía destinada a orientar a las instituciones de salud en la correcta disposición final de equipos médicos promoviendo la estandarización y el cumplimiento de las mejores prácticas en este ámbito.

De forma inicial se realizaron visitas técnicas para conocer la estructura de los departamentos de los hospitales. Con los datos obtenidos a través de los listados de descargo de equipo médico compartidos por el personal de Bienes Nacionales, se realizaron conteos de los equipos médicos y sus tipos, se indagó sobre la presencia de las sustancias químicas peligrosas para calcular el porcentaje existente de las mismas en los equipos médicos.

Se tomaron en cuenta las condiciones de almacenamiento, nivel de conocimiento del personal con relación al proceso de descarte y disposición final, las sustancias químicas peligrosas encontradas en los equipos médicos descartados, entre otros factores internos.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dado que la gestión de hospitales públicos en el ámbito nacional es notablemente homogénea, ambas organizaciones comparten similitudes en lo que respecta a la disposición final del equipo médico. No obstante, se distinguen por sus enfoques administrativos y directrices particulares. Estas diferencias se manifiestan a través de elementos distintivos que ejercen una influencia significativa en la ejecución del ciclo de gestión de la tecnología médica y, a su vez, en los resultados obtenidos en cada etapa de dicho proceso. Estos resultados repercuten directamente en la gestión general de cada establecimiento y, en última instancia, en la calidad de atención brindada a los pacientes.

En la tabla 1 se muestra la comparativa entre ambas instituciones.

TABLA I  
COMPARATIVA ENTRE HOSPITALES DEL ESTUDIO

Criterio	Descripción
Evaluación de personal técnico	Personal técnico evalúa para conocer a qué se debe el inconveniente.
Posibilidad de reparación	Personal técnico determina si la reparación procede.
Obsolescencia	Consideración si el tiempo de vida útil del equipo es una barrera para la adquisición de partes y repuestos.
Costo-beneficio de la puesta en marcha	Análisis con respecto a la rentabilidad de la reparación del equipo médico.

En el análisis de resultados, se han considerado métodos de disposición final de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y equipos médicos a nivel mundial, tomando en cuenta las pautas y legislaciones de diferentes países. Entre los representantes clave en este campo, destacan los siguientes: en Estados Unidos, la Ley de Portabilidad y Responsabilidad de los Seguros Médicos [6] ofrece valiosas directrices; en el Reino Unido, la "Gestión de productos sanitarios: Guía para organizaciones de asistencia sanitaria y social" [9] proporciona orientación esencial. Además, en Colombia, los "Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos" emitidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en 2010, y en El Salvador, los "Lineamientos técnicos para el adecuado manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos" del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de 2015 [22] ofrecen pautas específicas. Por último, en Argentina, el "Manual: Gestión integral de RAEE" de la Organización Internacional del Trabajo [12] constituye una referencia fundamental en este ámbito. Estos recursos aportan información crucial para la mejora de las prácticas de gestión de RAEE y equipos médicos a nivel global.

La investigación realizada ha posibilitado la identificación de resultados significativos en relación con cada elemento analizado, aportando información para la toma de decisiones en lo que respecta a los criterios de eliminación, el proceso de disposición final, el estado físico y operacional de los elementos estudiados, y su impacto en el entorno ambiental.

#### A. Criterios de descarte

Es relevante destacar que los criterios de descarte siguen directrices establecidas que son aplicables a todos los hospitales públicos a nivel nacional, lo que asegura una uniformidad en la toma de decisiones sobre el retiro de equipos médicos, buscan garantizar que los hospitales se rijan por estándares comunes para asegurar la eficiencia y calidad de sus recursos y servicios.

Los criterios para determinar el momento adecuado de descartar un equipo son definidos por los departamentos de mantenimiento o biomédica, dependiendo de la estructura específica de cada hospital. Estos departamentos juegan un papel crucial en la decisión de cuándo retirar un equipo del servicio. Los criterios para el descarte se muestran en la siguiente tabla.

TABLA II  
CRITERIOS PARA EL DESCARTE DE EQUIPO MÉDICO EN LAS INSTITUCIONES BAJO ESTUDIO

Ítem	Hospital 1	Hospital 2
Departamento encargado de equipos médicos	Unidad de Biomédica	Departamento de Mantenimiento
Cantidad de personal en departamento encargado	2	12
Total de equipos médicos descartados	292	24
Cantidad de tipos de equipos médicos descartados	31	10
Costo histórico total de equipos médicos descartados	L. 2, 258, 100	L. 3,045,038
Cantidad de personal en Bienes Nacionales	5	3
Año de último descargo	2009	2015
Manejo de almacenamiento	4 contenedores, 3 bodegas, 1 espacio al aire	3 bodegas, 1 espacio al aire libre

Antes de llegar a esta etapa de descarte, se llevan a cabo actividades como la limpieza exhaustiva de los equipos médicos y su evaluación técnica a través de pruebas de funcionamiento. Cuando se detecta una falla, el personal técnico especializado evalúa si el equipo es reparable. La etapa de descarte comienza cuando se concluye que un equipo médico ya no puede cumplir eficazmente con su función original ya sea porque es obsoleto y no hay piezas de repuesto disponibles, o si el costo de la reparación supera el de adquirir un equipo nuevo. En caso de que se determine que un equipo debe ser descartado, es posible retirar componentes útiles para su uso futuro como repuestos, lo que puede ser un enfoque económico y sostenible. La figura 3 muestra el flujo del proceso para el descarte.

#### B. Proceso de disposición final

La disposición final de todos los equipos médicos descartados (EMD) sigue un procedimiento uniforme en los centros de atención médica bajo la supervisión de la Secretaría de Salud (SESAL). Cabe destacar que este proceso no se limita exclusivamente a los equipos médicos, sino que engloba todos los activos desechados, como mobiliario, vehículos, computadoras y otros bienes. No obstante, el personal de Bienes Nacionales ha indicado la necesidad de diferenciar el equipo médico del resto para una mejor gestión.

Cuando se retira un equipo médico de servicio, la responsabilidad recae en el departamento de Bienes Nacionales, la entidad encargada de gestionar todos los activos considerados inservibles. El departamento de Bienes Nacionales en cada hospital lleva a cabo la identificación de los equipos médicos destinados a ser descargados, almacena estos elementos en sus bodegas, emite un dictamen sobre el estado de cada equipo para certificar que es inservible (Fig. 4)

y envía una solicitud de descargo a la Dirección de Bienes del Estado en Tegucigalpa, siguiendo un formato estandarizado.

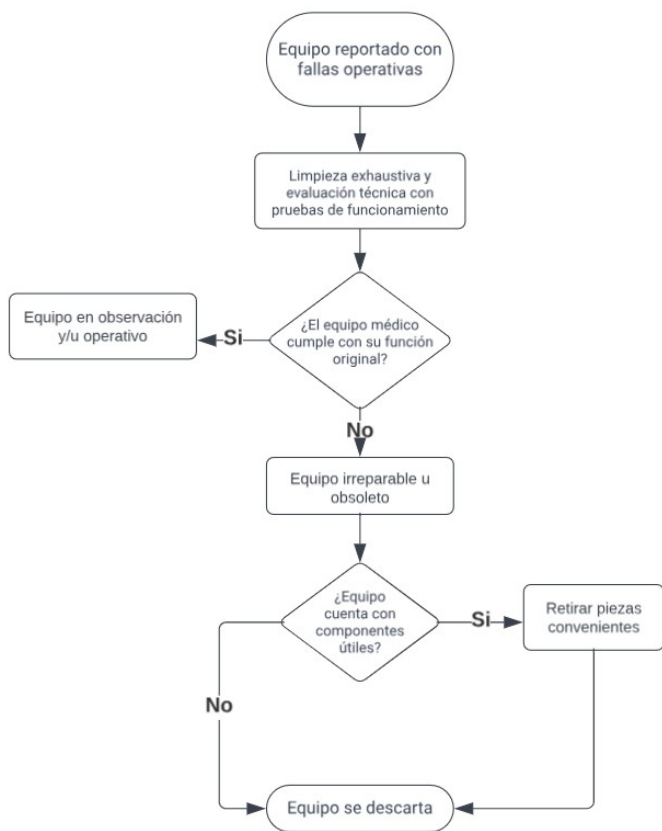


Fig. 3 Síntesis del proceso para descarte de equipo médico.

Una vez que la solicitud es aprobada, se procede a efectuar el descargo correspondiente en el Sistema de Administración Financiera Integrada (SIAFI), una herramienta empleada para gestionar inventarios a nivel nacional por todas las secretarías del Estado.

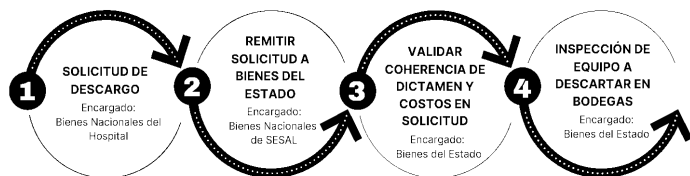


Fig. 4 Síntesis del proceso para descargo de equipo médico.

Una vez que la solicitud de descargo ha sido aprobada, firmada y sellada por la Dirección de Bienes del Estado, se entregan los documentos pertinentes a Bienes Nacionales de SESAL. Se trasladan los bienes hacia Tegucigalpa, donde se lleva a cabo una subasta de acuerdo con las disposiciones del Reglamento de Organización y Funcionamiento de la Dirección Nacional de Bienes del Estado, según lo establecido en el Acuerdo No. 226-2017. En los casos en los que el equipo

no sea considerado para ser subastado, se lleva a cabo el proceso de incineración o destrucción (Fig. 5).

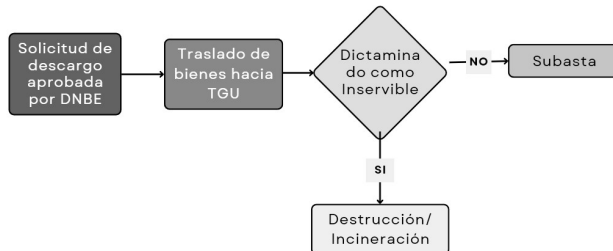


Fig. 5 Proceso para disposición final de equipos médicos.

### C. Estado físico y operacional

En el contexto de la gestión de equipos médicos en hospitales, es importante destacar que todos los dispositivos son desechados solamente cuando ya no cumplen de manera óptima con sus funciones, lo que implica que todos se encuentran en un estado no operacional.

En lo que respecta al estado físico de estos equipos almacenados en los hospitales, la situación es variada. La mayoría de los dispositivos presentan daños y muestran signos de suciedad. Muchos de ellos tienen piezas rotas o faltantes, lo que plantea desafíos significativos en su restauración o reutilización. Sin embargo, también es relevante señalar que existen equipos que, desde el punto de vista físico, se mantienen en buenas condiciones.



Fig. 6 Ejemplo de equipos almacenados en hospitales bajo estudio.

Un aspecto crítico que merece atención es la prolongada permanencia de estos equipos médicos en los almacenes hospitalarios. En el hospital 1 la acumulación de dispositivos descartados se remonta a partir del año 2009, y en el hospital 2, desde el año 2015. Esta prolongada estadia en condiciones no adecuadas contribuye al deterioro continuo del estado físico de los equipos médicos a lo largo del tiempo. En ambos hospitales, la totalidad de los equipos médicos ha sido



evaluada como estando en mal estado, y todos han sido declarados como inservibles, de acuerdo con los registros presentados por el departamento de Bienes Nacionales en las listas de descargo. Esta situación subraya la necesidad de abordar con urgencia la gestión de estos dispositivos médicos descartados para optimizar su ciclo de vida y minimizar su impacto en los recursos hospitalarios.

#### D. Impacto Ambiental

En el contexto del estudio impacto ambiental de equipos médicos descartados, se realizó un análisis detallado de cinco sustancias químicas peligrosas que se encuentran con mayor frecuencia en estos dispositivos. La selección de estas sustancias se basó en la lista proporcionada por Mayer Alloys Corporation, una fuente confiable que enumera las sustancias más comunes en equipos médicos. En la Tabla III [24] [25] se presentan estas sustancias, identificando los componentes de los equipos médicos en los que se encuentran y se describen los riesgos asociados con su exposición.

Este enfoque permite comprender mejor los impactos potenciales en el medio ambiente derivados de la gestión de residuos de equipos médicos que contienen estas sustancias peligrosas.

TABLA III  
SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS ENCONTRADAS EN LOS EQUIPOS MÉDICOS

Sustancia química	Componente (s) que lo posee	Riesgo porexposición
Retardantes de fuego bromados (RFB)	Placas de circuitos impreso	Problemas de aprendizaje y memoria, interferir con la tiroides y con el sistema hormonal del estrógeno.
Cadmio	Baterías recargables, contactos e interruptores	Se acumula en el ambiente y es muy tóxico. Afecta principalmente a los riñones y los huesos
Mercurio	Placas LCD, baterías, lámparas fluorescentes, interruptores	Afecta el sistema nervioso central, el sistema cardiovascular, pulmonar y provocar daños en los riñones y la vista
PVC	Cables, alambrado, circuitos, conectores	Si se incinera, libera dioxinas y furanos, los cuales son contaminantes ambientales persistentes.
Plomo	Monitores de tubo de rayos catódicos	Daño al cerebro, aumenta el riesgo de hipertensión arterial y lesiones renales

En las figuras siguientes se muestra el porcentaje de presencia de sustancias químicas peligrosas en los equipos médicos de cada hospital bajo estudio.

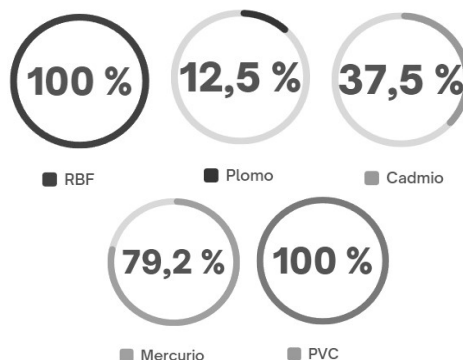


Fig. 7 Porcentaje de presencia de sustancias químicas peligrosas en los equipos médicos en hospital 1.



Fig. 8 Porcentaje de presencia de sustancias químicas peligrosas en los equipos médicos en hospital 2.

#### IV. CONCLUSIÓN

Existen dos actores clave en la gestión de equipos médicos en hospitales públicos: el personal técnico de los departamentos a cargo de determinar la idoneidad de la reparación o el descarte de equipos, y la Dirección Nacional de Bienes del Estado (DNBE), que supervisa la disposición final de los equipos médicos desechados.

Los beneficios que resultan de una gestión eficaz de la disposición final de equipos médicos incluyen la reducción de la contaminación causada por Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), la promoción del reciclaje de componentes, una gestión más eficiente y ordenada de los espacios de almacenamiento, y la consecución de la independencia la DNBE, lo que acelera y optimiza significativamente este proceso. Estos hallazgos resaltan la importancia de abordar este desafío de manera coordinada y estratégica para mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de equipos médicos, subrayan la importancia de mejorar la gestión integral de equipos médicos y la disposición de residuos electrónicos en el contexto hospitalario para promover la eficiencia y sostenibilidad en la gestión de equipos médicos en entornos hospitalarios. Se establece la necesidad de desarrollar una guía que establezca directrices para el comienzo de un proceso fundamental para la

estandarización y cumplimiento de las mejores prácticas a nivel nacional.

## V. AGRADECIMIENTOS

A los hospitales y el personal de los departamentos involucrados que contribuyeron con la información utilizada, así como con el acceso a las áreas de estudio.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Chien CH, Huang YY, Chong FC. "A framework of medical equipment management system for in-house clinical engineering department." Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology, Nov. 11, 2010;2010:6054-7. doi:10.1109/IEMBS.2010.5627617
- [2] IETSI, "Vida útil de los equipos médicos (consideraciones tecnológicas y otros)", *Instituto de Evaluación de Tecnologías en Salud e Investigación*. [http://www.essalud.gob.pe/ietsi/BOLETINES\\_TECNOLOGICOS/pdf/boletin\\_tecnologico\\_004\\_2019.pdf](http://www.essalud.gob.pe/ietsi/BOLETINES_TECNOLOGICOS/pdf/boletin_tecnologico_004_2019.pdf) (accessed Aug., 2022).
- [3] [3] Z. Xiaoling, S. Minyi. "What we could get from S-curve." [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/The-S-curve-concept-of-technology-life-cycle\\_fig3\\_256859390](https://www.researchgate.net/figure/The-S-curve-concept-of-technology-life-cycle_fig3_256859390). [Accessed: Aug., 2022].
- [4] Seo G, Park S, Lee M. How to calculate the life cycle of high-risk medical devices for patient safety. *Front Public Health*. 2022 Sep 14; 10:989320. doi: 10.3389/fpubh.2022.989320.
- [5] Padilla, J., Martínez, F. Análisis del Ciclo de Vida de la Tecnología Médica desde una Aproximación Integral, Feb. 2010, 8(2),7-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250978002>
- [6] Perkins, D., Brune, M., Nxele, T., "Sly, P.E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health*", Aug. 2014, 80(4), 286-295 <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>
- [7] M. Wagner, C.P. Baldé, V. Luda, I. C Nnorom, R. Kuehr, G. Iattoni. Monitoreo regional de los residuos electrónicos para América Latina: resultados de los trece países participantes en el proyecto UNIDO-GEF 5554, Bonn (Alemania), 2022.
- [8] M. Premalatha, Tabassum-Abbasi, Tasneem, A., Abbasi, S. The Generation, Impact, and Management of E-Waste: State of the Art, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Jul. 10, 2014, 44:14, 1577-1678. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.782171>
- [9] Tiseo, I. "Global share of e-waste disposed by method" 2018. <https://www.statista.com/statistics/1066948/share-of-electronic-waste-disposed-globally/> (accessed Aug., 2022).
- [10] "Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos", Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. [https://www.residuos electronicos.net/wp-content/uploads/2012/03/Guia\\_RAEE\\_MADS\\_2011-reducida.pdf](https://www.residuos electronicos.net/wp-content/uploads/2012/03/Guia_RAEE_MADS_2011-reducida.pdf) (accessed Aug., 2022).
- [11] R. Ávila & J. F. Jaramillo, "Recomendaciones para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE en Colombia el caso Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla." [online]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/12387>.
- [12] "Manuel Gestión integral de RAEE 2019: Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular", Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual\\_race.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_race.pdf) (accessed Aug., 2022).
- [13] M. V. Bondaz, A. B. Pinatti, e L. A. Pellegrino, "Rae en Argentina: hacia una sociedad libre de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Análisis del marco legal / Weee na Argentina: para uma sociedade livre de resíduos elétricos e eletrônicos. Análise de quadro legal", *Braz. J. Anim. Environ. Res.*, vol. 5, nº 2, p. 1544–1565, abr. 2022.
- [14] CMH | Honduras. SERNA. <http://www.chmhonduras.org/index.php/acerca/ubicaciones/punto-focal/serna>. (accessed Oct., 2023).
- [15] Salud | Gobierno de la República. <https://www.salud.gob.hn/sshome/> (accessed Oct., 2023).
- [16] Forti V., Baldé C., Kuehr R., Bel G. "Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos 2020: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular." [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/gen/D-GEN-E\\_WASTE.01-2020-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/gen/D-GEN-E_WASTE.01-2020-PDF-S.pdf) (accessed Aug., 2022).
- [17] Rush, M., Cáliz, N. "Estimación de la Generación de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Honduras." [http://www.miambiente.gob.hn/media/adjuntos/pdf/CESCCO/2017-08-21/21%3A37%3A26.158527%2B00%3A00/Estimacion\\_RAEE.pdf](http://www.miambiente.gob.hn/media/adjuntos/pdf/CESCCO/2017-08-21/21%3A37%3A26.158527%2B00%3A00/Estimacion_RAEE.pdf) (accessed Aug., 2022).
- [18] Ordway, A., Pitonyak, J., Johnson, K. "Durable medical equipment reuse and recycling: uncovering hidden opportunities for reducing medical waste, Disability and Rehabilitation: Assistive Technology", 2020 Jan, 15(1), 21-28. doi: 10.1080/17483107.2018.1508516.
- [19] Gutierrez Vera, D., González García, T., Llosa Santana, M., Hernández Chisholm, D., & Bustamante López, T. "Desechos tecnológicos, un enemigo del medio ambiente en el siglo XXI." *Revista Cubana de Tecnología de la Salud*, 12(3), 9-16. <https://revtecnologia.sld.cu/index.php/tec/article/view/2444> (accessed Jan 31, 2024).
- [20] Lubell, I. "Top Concerns About E-Waste in the Healthcare Industry." <https://info.mayeralloys.com/ewaste-blog/3-top-concerns-about-e-waste-in-the-healthcare-industry> (accessed Aug., 2022).
- [21] World Health Organization. "Decommissioning of Medical Devices. WHO medical device technical series", <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330095/9789241517041-eng.pdf>
- [22] "Redacción de los objetivos de investigación", Universidad del Salvador. <https://medi.usal.edu.ar/archivos/medi/docs/25-que-son-y-como-se-escriben-los-objetivos-de-investigacion.pdf>.
- [23] Pérez, Luis. "Microsoft Excel: una herramienta para la investigación." *MediSur*, 2006 4(3),68-71. <https://www.redalyc.org/pdf/1800/180019873015.pdf> (accessed Aug., 2022).
- [24] "Lineamientos técnicos para el adecuado manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales", Ministerio De Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/194/Documento%20RAEE%2021%20sep%202015%20%28002%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed Aug., 2022).
- [25] European Chemical Agency. [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/institutions-and-bodies-profiles/echa\\_en](https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/institutions-and-bodies-profiles/echa_en) (accessed Aug., 2022).
- [26] "Tratamiento sostenible de RAEE". ACS Recycling <https://acsrecycling.es/> (accessed Aug., 2022).