

Caracterización de plaquetas de circuito impresas en Cooperativa para la Revalorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, Tandil (2017-2022)

Characterization of printed circuit boards in the Cooperative for the Revaluation of Electrical and Electronic Devices, Tandil (2017-2022)

Agostina Flores Medrano¹

Salomé Laborde¹

Carina Morando^{1, 2, 3}

Oswaldo Fornaro^{1, 2, 3}

¹ Instituto de Física de Materiales Tandil (IFIMAT), Facultad de Cs. Exactas, UNCPBA

² Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN,-UNCPBA-CICPBA-CONICET), Pinto 399, B7000GHG Tandil, Argentina

³ CONICET.

E mail afloresmedrano@alumnos.exa.unicen.edu.ar

Medrano, A.F.; Laborde, S.; Morando, C.; Fornaro, O. (2024). Caracterización de plaquetas de circuito impresas en Cooperativa para la Revalorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, Tandil (2017-2022). *Revista Estudios Ambientales*, 12 (2), 189-200.

Recibido: 31/07/2024 - **Aceptado:** 01/11/2024 – **Publicado:** 28/12/2024

RESUMEN

El aumento demográfico y la creciente tendencia al uso de tecnología electrónica incrementan los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Adicionalmente, se debe considerar otras formas insostenibles de consumo de tecnología. La Cooperativa de Revalorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (COOPRAEE) ubicada en la Estación Centro del Punto Limpio de la ciudad de Tandil, Provincia de Buenos Aires, recupera y repara equipos eléctricos y electrónicos, separando partes como repuestos y materiales para reciclar (plásticos, cables). El remanente, las Placas de Circuito Impreso (PCB), se almacenan protegidas de la intemperie, para evitar que sus componentes peligrosos reaccionen con el medio ambiente. Entre 2017 a 2022, se ha acumulado PCB sin gestionar, generando un problema de ocupación del espacio ocioso en la cooperativa. El objetivo de este trabajo fue obtener datos cualitativos y cuantitativos sobre los PCB acumulados y diseñar estrategias de recuperación y aprovechamiento de acuerdo a la información obtenida.

La metodología empleada incluye técnicas de muestreo estadístico sistemático, tomando como parámetros la tecnología de fabricación de las placas de circuito impreso (Tecnología Through Hole y Tecnología Surface Mount), y su geometría (peso, área superficial) y procedencia, para obtener una cuantificación de los componentes electrónicos presentes. Los datos indican que durante el periodo de estudio se acumularon aproximadamente 2,25 toneladas de PCBs, predominando la tecnología THT (90%), que es más antigua y requiere menor estabilidad electrónica (dispositivos de audio y video, línea blanca) sobre la tecnología SMT (10%) utilizada en informática, telefonía, comunicaciones. Teniendo en cuenta las tecnologías involucradas, los elementos pasivos como capacitores y resistencias fueron los componentes más abundantes con una proporción de 35% y 30% respectivamente, incluso superior al número de componentes activos.

PALABRAS CLAVE: RAEE, medio ambiente, gestión de residuos, economía circular.

ABSTRACT

The demographic increase and growing use of electronic technology contribute to the rising volume of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), exacerbated by unsustainable consumption patterns. The Cooperative for the Revalorization of Electrical and Electronic Devices (COOPRAEE for its name in Spanish) in Tandil, Buenos Aires province, Argentina, recovers and repairs electrical and electronic equipment, separating reusable parts and materials for recycling, such as plastics and wires. Printed Circuit Boards (PCBs) are stored at the cooperative to prevent environmental contamination from their hazardous components. From 2017 to 2022, unmanaged PCB accumulation has led to space constraints at the cooperative. This study aimed to collect both qualitative and quantitative data on the accumulated PCBs to design recovery and utilization strategies. A systematic statistical sampling approach was used, considering PCB manufacturing technology (Through Hole Technology, THT, and Surface Mount Technology, SMT), geometry (weight and surface area), and origin to quantify the electronic components present. The results revealed that approximately 2.25 tons of PCBs were accumulated during the study period, with THT technology (90%) predominating. THT is typically older technology, used in audio/video equipment and white goods, while SMT (10%) is found in computing and communications devices. The most common components were passive elements, with capacitors (35%) and resistors (30%) outnumbering active components.

KEY WORDS: WEEE, environment, waste management, circular economy.

INTRODUCCION

El aumento en la generación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se ha dado tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo y se caracteriza principalmente por la falta de una responsabilidad extendida por parte del productor (REP). Esta responsabilidad involucra la gestión del aparato una vez que su vida útil ha finalizado y su ausencia genera como resultado un inadecuado tratamiento y disposición final del RAEE. Existe, también, una programación previa de la durabilidad del aparato para que su vida útil se acorte (obsolescencia programada) y una influencia ejercida del entorno para actualizar constantemente funciones y tecnologías novedosas (obsolescencia percibida).

La basura electrónica es difícil de separar, clasificar y revalorizar. Cuando se descarta un celular o un electrodoméstico junto a residuos urbanos, éste es recolectado sin ser diferenciado del resto y son enterrados en un relleno sanitario o basurero municipal. Si bien cada categoría de aparato electrónico tiene una amplia gama de materiales que los componen, los metales son imprescindibles para cumplir funciones específicas en los equipos: poseen una alta conductividad y son resistentes a la corrosión. Es decir, se entierran e incineran metales como cobre, estaño, oro, plata y diversos plásticos. Durante su vida útil no presentan peligro, éste se presenta cuando reaccionan con el agua, la materia orgánica y otros elementos. Por ejemplo, el plomo ha sido estudiado en medios acuáticos a lo largo de los años por su toxicidad en animales y plantas incluso a bajas concentraciones. Por lo que la disposición final y el tratamiento correcto de RAEE es de suma importancia para evitar estas problemáticas.

En Tandil, en el 2023, para asegurar una correcta disposición de este tipo de residuos entró en vigencia la Ordenanza N° 17899/2023 (Asunto N° 794/2022, Expte. N° 2022/08797/00) la cual establece que los Puntos Limpios designados por el Municipio serán los lugares autorizados para depositar estos residuos, prohibiendo su eliminación junto con los residuos sólidos urbanos. Es el caso de la Cooperativa para la Revalorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (COOPRAEE) que funciona desde el 2017 y trabaja conjuntamente con la Facultad de Ciencias Exactas y la Municipalidad de Tandil. El objetivo principal de esta cooperativa es recibir, recuperar y comercializar los RAEE. Cuando los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) descartados son ingresados, los trabajadores realizan una primera etapa de evaluación del estado y las condiciones del aparato. Generalmente, las computadoras y pequeños aparatos electrodomésticos son reparados y comercializados mientras que los que no se pueden reparar son desmantelados para aprovechar en primera instancia sus repuestos, mientras que sus partes no utilizables se almacenan en bolsones de rafia para su futuro tratamiento. Este es el caso de las Plaquetas de Circuito Impreso (PCB) (Figura 1).

Las Plaquetas de Circuito Impreso (PCB)

Las PCB son plataformas donde se montan componentes electrónicos como *chips*, semiconductores y capacitores. Se componen de una base polimérica (generalmente epoxy o baquelita) donde se disponen las interconexiones eléctricas entre componentes, y las podemos encontrar en casi todos los AEE, como celulares, televisores y electrodomésticos.



Figura 1. PCB acopiadas en bolsones en la COOPRAEE (Noviembre, 2024).
Fuente: elaboración propia.

Según la forma en que los componentes electrónicos se conectan a la PCB, se pueden distinguir dos tipos principales de tecnologías de montaje:

- Tecnología de agujeros pasantes (Through Hole Technology - THT): estas plaquetas cuentan con orificios a través de los cuales son colocados y soldados los componentes. Son plaquetas más frágiles y los componentes son reconocidos fácilmente por personal no técnico.
- Tecnología de Montaje Superficial (Surface Mount Technology - SMT): se diferencian de la tecnología de agujeros pasantes por contener componentes más pequeños y livianos que están soldados a la superficie de la

plaqueta. El reconocimiento de los componentes no es sencillo, al ser estos mucho más pequeños y frecuentemente con codificación propia de la empresa que los manufactura. Esta tecnología es más moderna e implica mayor densidad de integración de componentes.

En definitiva, las PCB están constituidas por numerosos metales, cerámicos y polímeros. El componente polimérico de la base es difícil de separar debido a que generalmente está mezclado con compuestos metálicos o cerámicos. Por otro lado, los metales aparecen formando parte de las secciones conductoras de las placas y de los componentes utilizados en su armado. Debido a lo mencionado anteriormente, para generar procedimientos de recuperación de las

PCB es primordial realizar un análisis previo sobre los elementos presentes en ella. La presencia de metales pesados, como el plomo, podría entorpecer los procesos de reciclaje, ya que se trata de un elemento potencialmente tóxico y peligroso.

La base de las PCB suele ser de polímeros termoestables como la baquelita, Pertinax o resinas de fibra de vidrio reforzadas, lo cual dificulta el reciclaje mediante calor. Para este tipo de polímeros el reciclaje mecánico es el más adecuado en donde se reduce el tamaño de los materiales mediante molinos trituradores.

La fracción metálica de las plaquetas proviene principalmente de los componentes electrónicos. Se destacan los metales refractarios (tantalio, niobio, wolframio), galio, los lantánidos, y los metales preciosos (plata, oro) que incluye a los del grupo del platino (paladio, radio, y más) (Maurice, 2021). En los últimos años se han desarrollado procesos de recuperación, como la lixiviación química, la pirometalurgia, entre otros.

La molienda obtenida a partir de las PCB, con una previa separación de componentes metálicos, podría utilizarse entre otras cosas en la producción de nuevos materiales de construcción y plásticos (Kumar, 2022). La fracción metálica de los componentes electrónicos podría recuperarse mediante procesos físico-químicos, una actividad conocida actualmente como minería urbana y que merece ser analizada separadamente debido a las posibles implicancias ambientales y laborales.

El objetivo de este trabajo es obtener una estimación cuali y cuantitativa de las PCB desechadas en la COOPRAEE de la ciudad de Tandil, a fin de establecer datos estadísticos que servirán de base para diseñar mecanismos de recuperación, manipulación y separación apropiada de manera tal de solucionar el problema de acumulación que se da actualmente. Para esto se buscó estimar una tasa de acumulación en la cooperativa, clasificar las PCB según la procedencia y el tipo de

tecnología utilizada y determinar la cantidad y tipo de componentes electrónicos que las conforman.

METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La población de estudio está constituida por las PCB de la COOPRAEE que se encontraban almacenadas desde enero del 2017 hasta noviembre del 2022, en bolsones apilados unos sobre otros. Los trabajadores de la cooperativa realizaron un acopio diferencial en base a la tecnología de fabricación (THT y SMT). Una de las dificultades al momento de seleccionar la metodología de estudio fue que durante su acopio no se registró el peso ni se tuvo en cuenta la variable tiempo en las instancias de ingreso de RAEE a la cooperativa. Es decir, no es posible calcular una tasa de acumulación real, aunque sí es posible estimar una tasa de acopio en base a la estructura de trabajo de los recuperadores. La metodología más adecuada para estos casos es la del muestreo probabilístico sistemático debido a varios factores:

- La población es muy grande y no se conoce su tamaño exacto: los trabajadores no llevaban un recuento de cantidad de PCB acopiadas.
- Para asegurar una distribución uniforme de la muestra ya que no existe un patrón de comportamiento de acumulación: las plaquetas se encontraban apiladas por los trabajadores de manera aleatoria; se retiraban de los RAEE a medida que éstos ingresaban a la estación.
- Se buscó simplicidad en la selección: debido al tamaño considerable de la población total no resultaba práctico en cuanto al tiempo que involucra realizar una caracterización completa.
- Al establecer un intervalo fijo predeterminado se reduce la

posibilidad de introducir sesgos por decisiones subjetivas.

Tipo de tecnología

Los bolsones contaban con 3 tamaños establecidos de fábrica y se clasificaron en chico, mediano y grande. La población total de la tecnología THT era de 1 bolsón chico, 8 bolsones medianos y 6 bolsones grandes. La población de la tecnología SMT sólo contaba con dos bolsones de tamaño mediano. Para ambas tecnologías

se tomó un bolsón de cada tamaño para realizar el muestreo y se denominaron con las letras A, B, C y D como se muestra en la Tabla 1. La selección de la muestra se realizó en intervalos de 8 unidades para el bolsón chico, 11 para el mediano y 14 para el grande. El tamaño de muestra para cada uno de ellos se estableció en 16, 24 y 30 respectivamente.

Tabla 1: Bolsones seleccionados para su estudio, indicando grupo, tipo y dimensiones de los bolsones y cantidad de plaquetas muestreadas

Bolsón	Tipo de tecnología	Tamaño de bolsón	Volumen de bolsón (m³)	Tamaño de muestra (n)
A	THT	chico	0,8	16
B		mediano	1,1	24
C		grande	1,6	30
D	SMT	mediano	1,1	24

Fuente: elaboración propia.

Procedencia de las PCB

Se clasificaron las PCB según su procedencia de acuerdo al tipo de electrodomésticos de los cuales se recuperaron en cuatro categorías: línea blanca, informática, audio/vídeo y telecomunicaciones. La línea blanca corresponde a electrodomésticos relacionados con la cocina, la limpieza, la ventilación y la refrigeración, como los hornos, heladeras, lavarropas, aires acondicionados, etc. La categoría de informática incluye notebooks, computadoras de escritorio y dispositivos como teclados, mouse, etc.; la categoría Audio/Vídeo hace referencia a las provenientes de televisores, reproductores de CD/DVD, cámaras, entre otros; y finalmente, por telecomunicaciones, nos referimos a

aparatos como módem Wi-Fi, routers y decodificadores satelitales.

Peso y superficie

Se utilizaron cintas métricas y una balanza (Balanza Comercial Digital Systel Bumer) para medir las dimensiones de cada una de las plaquetas en gramos y centímetros cúbicos.

Cantidad y proporción de componentes

Se cuantificaron los siguientes componentes electrónicos: resistencias, capacitores, semiconductores e inductores. Además de establecer la cantidad de cada uno, también es de interés establecer su proporción. Esto se realizó solamente para el grupo THT debido a que se podía contar

manualmente y reconocer los distintos componentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tipología de plaquetas

En la Tabla 2 se presentan las diferentes procedencias de las PCB según el tipo de electrodomésticos de los cuales se recuperaron:

Tabla 2: Cantidad y porcentaje de plaquetas por procedencia

Tipo de plaqueta	Cantidad	
	THT	SMT
Audio/Video	49	0
Línea Blanca	9	0
Informática	12	21
Telecomunicación	0	3

Fuente: elaboración propia.

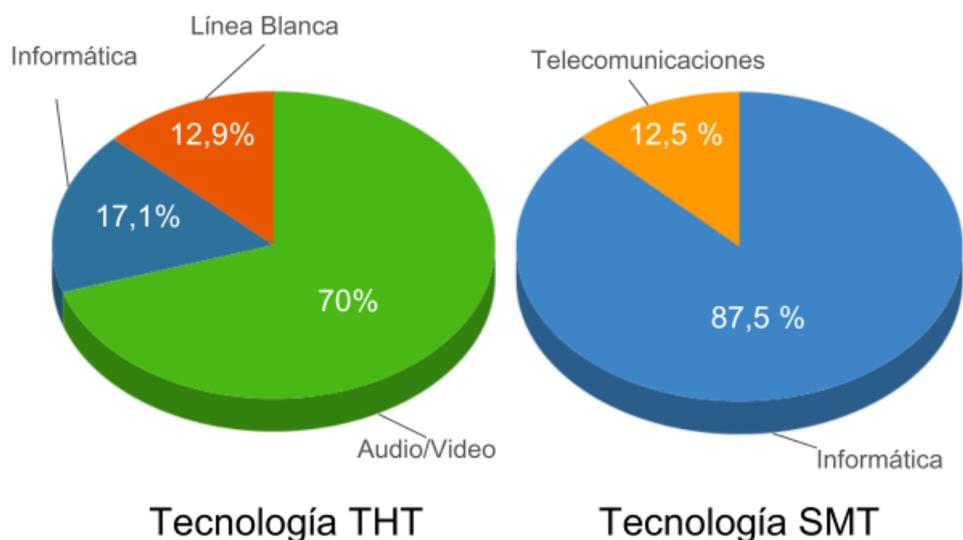


Figura 2. Distribución porcentual de los distintos tipos de plaquetas.

Fuente: elaboración propia.

El gráfico de torta de la Figura 2 muestra la distribución porcentual de cada categoría basada en los valores proporcionados por la Tabla 2. Para la tecnología THT, se observa una mayor cantidad (70%) de PCB provenientes de aparatos electrónicos descartados de

Audio/Video, seguido de los aparatos de Informática (17,1%) y de Línea Blanca (12,9%). En el caso de la tecnología SMT, la categoría de Informática ocupa la mayor parte (87,5%), seguido de Telecomunicaciones (12,5%).

Un aspecto fundamental a tener en cuenta del proceso de recuperación y reparación de RAEE que se da en la Estación Centro es el año de fabricación de los aparatos que se descartan. Es decir, es más probable que aparatos con tecnologías obsoletas no sean reparados por los trabajadores. Por ejemplo, electrodomésticos como heladeras antiguas, teléfonos fijos, reproductores de DVD, entre otros, pueden ser reparados y comercializados pero esto no se realiza debido a que la aparición de nuevas tecnologías ha provocado que este tipo de aparatos caigan en desuso. Esto es más notable en Informática y

Telecomunicaciones, donde se comienza a ver en las PCB descartadas el cambio gradual de las tecnologías de fabricación, tendiendo a la mayor densidad de componentes y el paso de montaje de THT a SMT.

Peso y superficie

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para el peso y la superficie de las PCB en ambos grupos THT y SMT. Se entiende el peso como la sumatoria de la pesada directa de cada PCB. La superficie es la medida simple del área ocupada, (es decir, no se considera la altura de las PCB):

Tabla 3: Peso y superficie total de las plaquetas de los grupos THT y SMT

Tipo de tecnología	Peso total (kg)	Superficie total (cm ²)
THT	8.733	12.388
SMT	6.097	7.441

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la Tabla 3, la acumulación en estos bolsones de tecnología THT cuenta con un 30% más de peso y un 40% más de superficie que la tecnología SMT. Nuevamente, debemos considerar que el tipo de tecnología acumulada, su antigüedad y la proveniencia de las mismas, afectan a estos valores. Es de esperar que en próximos años, aparezcan cada vez con mayor frecuencia dispositivos descartados, que hayan sido manufacturados con tecnología SMT.

Componentes electrónicos

Se analizó a continuación la población de componentes en el grupo THT. En cada placa, se separó, marcó y contabilizó cada tipo de componente. De este modo, se puede inferir qué cantidad de elementos pasivos y/o activos están presentes, sin considerar ni analizar el circuito electrónico en particular. Observar que de

acuerdo a la Tabla 2, los dispositivos que componen este grupo corresponden a Audio/Video, Informática (compartido con la tecnología SMT) y Línea Blanca. Es decir, que se encuentra el despiece de televisores de tecnología mayormente de TRC (tubo de rayos catódicos), raramente plasmas o LCD, reproductores de audio mecánicos (casete y DVD), *motherboards* de Informática de primera generación y baja densidad de componentes, similarmente centrales de alarma y telefonía, y equipamiento pesado como controles electrónicos de heladeras/aire acondicionado/lavarropas.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se obtuvieron los datos que se presentan en la Tabla 4:

Tabla 4: Cantidad y proporción de componentes electrónicos de la tecnología THT

		Tipo de placa THT			TOTAL
		Audio/Video	Informática	Línea Blanca	
CANTIDAD	Inductores	210	75	43	328
	Capacitores	1810	467	67	2344
	Resistencias	1220	404	76	1700
	Semiconductores	864	358	60	1282
PROPORCIÓN	Inductores	5,12%	5,75%	17,48%	9,45%
	Capacitores	44,10%	35,81%	27,24%	35,72%
	Resistencias	29,73%	30,98%	30,89%	30,53%
	Semiconductores	21,05%	27,45%	24,39%	24,30%

Fuente: elaboración propia.

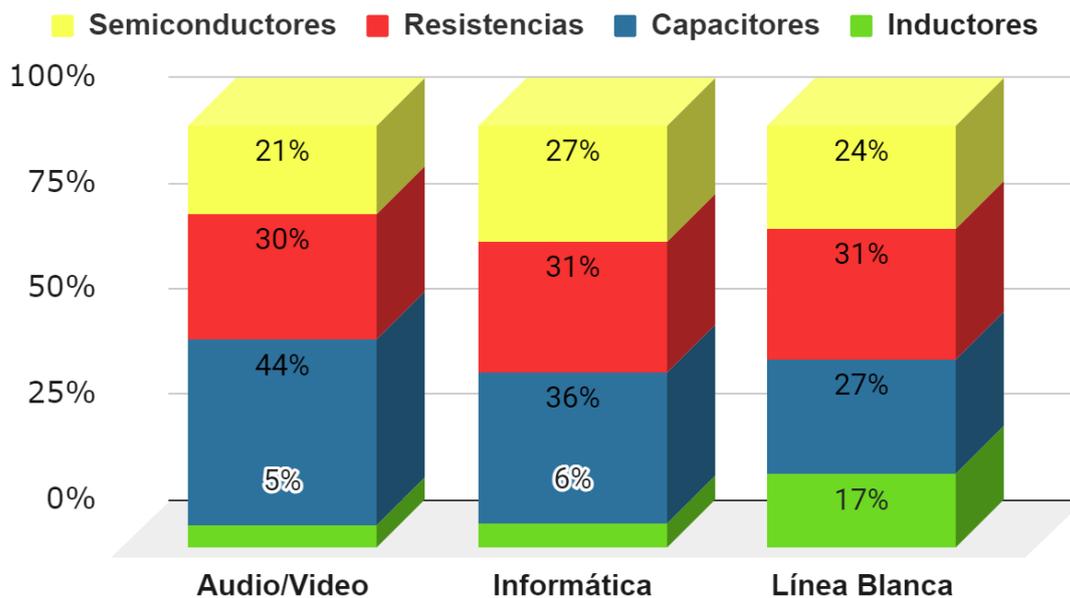


Figura 3. Proporción de componentes electrónicos en cada tipo de dispositivo.

Fuente: elaboración propia.

En el gráfico de columnas de la Figura 3, realizado en base a los datos de la Tabla

4, se observó que los componentes más abundantes son los capacitores (35%), seguidos de las resistencias (30%) y los semiconductores (24%). Los inductores fueron los menos abundantes (9%). La

composición relativa de componentes es similar en todas las categorías, con sesgos debidos al tipo de diseño electrónico. Por ejemplo, en la línea blanca son habituales los inductores de filtro y grandes capacitores, debido a la mayor potencia eléctrica necesaria. La relación entre resistencias y semiconductores, es debido a los circuitos de polarización de los mismos, ya que mayormente son transistores, tiristores y diodos. Debido a la antigüedad de los RAEE, no hay una gran cantidad de circuitos integrados, sí presentes en Informática. El tipo y cantidades de los

componentes, junto con un posible análisis relativo a su composición química, será útil para establecer una gestión precisa de reutilización o disposición sin riesgos de los desechos.

Tasas de acopio

Teniendo en cuenta que al momento de realizar el muestreo utilizado en este trabajo, había en”, 1 bolsón tipo A, 8 bolsones B, 6 bolsones C y 2 del D, es posible estimar pesos y cantidades de PCB acumulados al momento de la recolección de los datos:

Tabla 5: Cantidad de plaquetas contabilizadas por bolsón y en total

Plaquetas	Bolsones				TOTAL (kg)
	A	B	C	D	
Cantidad estimada por bolsón	499 ± 1	953 ± 2	1.468 ± 9	901 ± 2	
Peso estimado por bolsón (kg)	105 ± 2	90 ± 1	160 ± 1	228 ± 2	
Cantidad estimada total	499 ± 1	7.624	8.808	1.802	18.733
Peso estimado total (kg)	105 ± 2	726,24	962,46	457,88	2.251,7

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5 se resumen los resultados totales estimados. De acuerdo a ellos, en la COOPRAEE había, en noviembre de 2022, aproximadamente 2,25 toneladas de plaquetas electrónicas copiadas de distintas tecnologías. Asumiendo que esta acumulación se dio de manera constante desde el 2017, se puede decir que se acumularon 0,45 toneladas por año, solamente en este lugar.

Teniendo en cuenta que en el último censo poblacional de la ciudad de Tandil, en el 2022 hubo un incremento de 17,5% respecto al censo de 2010, y tomando este aumento como un comportamiento lineal, podemos estimar que se dará un incremento de plaquetas de 6,5 kg/año. Es decir, para el 2030 contaremos con 2,53 toneladas de PCB en la COOPRAEE de Tandil. Este cálculo no tiene en cuenta la aceleración en el consumo de nuevas tecnologías, los procesos de recuperación

en marcha que podrían reducir dicho impacto, ni las posibles acciones tendientes a que la población deposite más efectivamente sus desechos electrónicos en la cooperativa.

Tipo de tecnología

La Tabla 6 contiene datos de la cantidad y porcentaje de PCB para cada tecnología. Para este cálculo se contabilizaron 15 bolsones de la tecnología THT y 2 de la tecnología SMT.

Tabla 6: Cantidad y porcentaje de plaquetas electrónicas según el tipo de tecnología

Tipo de tecnología	Cantidad	Porcentaje (%)
THT	16931	90,38%
SMT	1802	9,62%

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a estos valores, la tecnología THT es actualmente la más abundante (90%), sobre la SMT (10%) en los bolsones acopiados en la COOPRAEE. Estos valores irán cambiando con el avance de la tecnología de manufactura, y con el origen y tipo de los dispositivos que se comercialicen, ya que esto afecta también a la posible reutilización de los mismos, y por lo tanto a la cantidad de PCB descartadas.

CONCLUSIONES

Este trabajo consistió en el muestreo de Plaquetas de Circuito Impreso (PCB) desechadas en la Cooperativa para la Revalorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (COOPRAEE) ubicada en la Estación Centro del Punto Limpio de Tandil, provenientes de Residuos de Aparato Eléctrico y Electrónico (RAEE) para la obtención de datos estadísticos que sean de utilidad para el desarrollo de un sistema de gestión integral.

En la COOPRAEE se acumularon aproximadamente 2,25 toneladas de plaquetas desde el año 2017 a 2022. De estas, la tecnología THT (Through Hole Technology) es la más frecuente y la mayoría proviene de aparatos electrónicos de Audio/Video. Si bien estas ocupan mayor parte del peso total de la muestra debido a su abundancia, son

caracterizadas por ser más pequeñas y livianas. En ellas, los capacitores y resistencias son los componentes electrónicos más abundantes. Conociendo el tipo y las cantidades de cada componente, junto con un análisis de su composición química, será útil para definir la reutilización y/o disposición sin riesgos de los desechos.

Este estudio resulta de suma importancia para determinar qué tipo de plaqueta priorizar al momento de diagramar un sistema de gestión y recuperación de elementos presentes en ellas, así como también en la evaluación de costos y rentabilidad de un proyecto de tratamiento. Se buscó obtener una comprensión general de una problemática poco estudiada con el fin de orientar investigaciones futuras lideradas por los agentes adecuados.

Consolidar un sistema de información sobre problemáticas ambientales permite orientarnos en la toma de decisiones para desarrollar políticas integrales de gestión y tratamiento. Por lo tanto, obtener datos fehacientes es fundamental para desencadenar otros objetivos específicos como, por ejemplo, conocer la composición de metales del residuo y la fracción polimérica no reutilizable. Esto permitirá a futuro evaluar la posibilidad de generar un sistema de minería urbana a

partir de cooperativas o cualquier otro actor involucrado en la gestión.

El objetivo siempre será asegurar una correcta disposición y gestión integral de este tipo de residuos. Es importante destacar que la información obtenida debe ser considerada al momento de la estimación, ya que las cantidades de RAEE cambia dinámicamente, así como la tecnología de los dispositivos eliminados.

El trabajo no considera factores como el patrón de acumulación ni el modelo de acopio que se utilizó por parte de la COOPRAEE. En cuanto a una propuesta de mejora, sería interesante, incorporar un sistema de control de acceso de los materiales que van integrándose a este depósito, es decir lo que es finalmente descartado, para completar la estadística.

BIBLIOGRAFÍA

Bernardes, A., Bohlinger, I., Rodriguez, D., Mirbrandt, H., Wuth, W., (1997) Recycling of Printed Circuit Boards by Melting with Oxidising/Reducing Top Blowing Process. Proceedings of Sessions and Symposia Sponsored by the Extraction and Processing Division. TMS Annual Meeting, Orlando, Florida. pp. 363–375.

Fernández Shepherd, L. (2022). Uso de residuos plásticos para el desarrollo de hormigones sostenibles. Proyecto final de grado. Universidad Nacional de Mar del Plata. <https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/681/LFern%C3%A1ndezShepherd-TFG-IM-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kumar, A., Choudhary, V., Khanna, R., Mukherjee, P. S., Cayumil, R., Ikram-ul-Haq, M., Jayasankar, K., Mishra, B. K., Sahajwalla, V., (2022). Polymer Composites Utilizing Electronic Waste as Reinforcing Fillers: Mechanical and Rheological Properties. Current Applied Polymer Science. <https://www.eurekaselect.com/article/79688>

Maffei, L., Burucúa, A. (2020). Manual Gestión Integral de RAEE. Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular. (1a ed). Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_raee.pdf

Maurice, A. A., Dinh, K. N., Charpentier, N. M., Brambilla, A., Gabriel, J. C. P., (2021) Dismantling of Printed Circuit Boards enabling electronic components sorting and their subsequent treatment open improved sustainability opportunities. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/18/10357>