SEÑAL PERDIDA



Impulsando una economía circular para los teléfonos móviles en América del Norte

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

RESUMEN EJECUTIVO

LOS TELÉFONOS MÓVILES CONSTITUYEN UNA DE LAS FUENTES DE MATERIALES DE ALTO VALOR MÁS AMPLIAMENTE DISTRIBUIDAS EN LA ECONOMÍA ACTUAL

Están integrados en la vida cotidiana como pocos otros dispositivos electrónicos.[1] Facilitan el trabajo, la navegación, la autenticación, el pago y el intercambio social, y para muchas personas funcionan como su principal interfaz informática. Estos usos imponen requisitos de diseño específicos: los teléfonos deben ser portátiles, seguros y funcionar de forma continua, lo que ha dado lugar a una clase de dispositivos con una alta densidad de plásticos (40 %), vidrio y cerámica (25 %), y el resto compuesto por otros 63 materiales, incluidos minerales críticos como el cobalto, el litio y el neodimio (Bruno, Sotera y Fiore, 2022). Gran parte del valor económico recuperable de un teléfono móvil proviene de estos minerales críticos, mientras que los plásticos y otros materiales tienen un menor valor comercial y son más difíciles de recuperar con alta calidad. Cuando los teléfonos se reemplazan o se retiran, muchos se vuelven a usar. Sin embargo, tras su reúso, suelen quedar fuera de circulación.

Este reporte, basado en modelos de flujo de teléfonos móviles en América del Norte, explora el potencial de la circularidad para los teléfonos móviles, centrándose en las oportunidades al inicio de la cadena para los tomadores de decisiones en los sectores público y privado.

América del Norte ya cuenta con una base de economía circular para los teléfonos móviles, pero aún hay mucho margen de mejora. Entre el 50 % y el 70 % de los teléfonos que terminan su primer uso entran en reúso, o “segundas vidas”, mediante la transferencia, reparación, reacondicionamiento y reventa, con el apoyo de programas comerciales de intercambio, recompra y reacondicionamiento. Los desarrollos de políticas públicas subnacionales, como la legislación sobre el derecho a reparar y la contratación pública circular, están empezando a reforzar estas vías y a reducir la proporción de teléfonos móviles (entre el 30 % y el 50 %) que se convertirían prematuramente en residuos. Sin embargo, a medida que el consumo de teléfonos móviles sigue aumentando, también lo hace el volumen total de teléfonos que salen de la circulación. En las condiciones actuales, se estima que 2,000 millones de teléfonos llegarán al final de su vida útil para el 2040 en Estados Unidos, junto con 410 millones en México y 180 millones en Canadá (RTI International, 2025).

Las deficiencias en el diseño, la recolección y la recuperación siguen provocando pérdidas de valor en toda la región. Los modelos de negocio actuales priorizan el valor de la primera venta y promueven la sustitución frecuente mediante ciclos de actualización y acuerdos de financiación, mientras que muchos teléfonos están diseñados de forma que reducen su vida útil. A menudo, el soporte de software es limitado, su hardware es difícil de desmontar y algunos componentes están bloqueados digitalmente, lo que restringe su reemplazo a piezas autorizadas y proveedores de reparación aprobados. Muchos consumidores también almacenan o desechan los teléfonos usados en lugar de devolverlos al mercado, ya que la recolección y la reventa siguen siendo inconvenientes, y porque la preocupación por la seguridad de los datos reduce su confianza en los programas de devolución de teléfonos. Incluso cuando los teléfonos se devuelven al final de su vida útil, la región aún carece de capacidad de procesamiento y refinamiento, así como de una demanda estable de materiales recuperados, para mantener un mayor valor dentro de las cadenas de suministro regionales y reducir el impacto ambiental de la extracción de materia prima virgen.

Sin vías eficientes de reúso y recuperación de materiales a nivel nacional, América del Norte seguirá absorbiendo los impactos de un sistema con grandes pérdidas. Los minerales críticos utilizados en la fabricación de teléfonos son insumos esenciales para importantes industrias regionales como los vehículos eléctricos, la infraestructura de redes eléctricas, la electrónica avanzada y la defensa, en un momento en que la demanda y la volatilidad de la cadena de suministro van en aumento (Agencia Internacional de Energía, 2021). Cuando los teléfonos que podrían reutilizarse, repararse, reacondicionarse, remanufacturarse o reciclarse se desechan o exportan fuera de América del Norte, la región pierde valor mineral, lo que incrementa la necesidad de extracción de minerales vírgenes. Incluso si se expanden la minería y el refinado, es improbable que el suministro de materia prima virgen por sí solo proporcione una base segura y sostenible de minerales críticos a un costo y riesgo aceptables. La extracción de minerales vírgenes también genera daños como la pérdida de hábitat, la contaminación del agua e impactos que a menudo afectan de manera desproporcionada a las comunidades marginadas, especialmente a los pueblos indígenas (Instituto de Recursos Mundiales, 2024; Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigaciones, 2025; Secretaría del Convenio de Basilea, 2026). El diseño de teléfonos con plásticos derivados de combustibles fósiles y aditivos químicos, incluidos retardantes de llama, también aumenta el riesgo de fugas y contaminación cuando los teléfonos se manipulan incorrectamente, lo que conduce a la pérdida de dispositivos y materiales de la circulación antes de que se pueda recuperar su valor.

La implementación de una economía circular para el 2040 podría mejorar la seguridad de los materiales, reducir la degradación ambiental y recuperar aproximadamente 2,200 millones de dólares ($US) estadounidenses en minerales críticos provenientes de teléfonos móviles al final de su vida útil. Este documento presenta recomendaciones (Sección 4) sobre cómo los gobiernos y la industria pueden aprovechar esta oportunidad transformando la forma en que se diseñan y comercializan los teléfonos móviles, cómo se recolectan y recirculan, y cómo se procesan los materiales y se reintegran a la cadena de suministro. Las recomendaciones se centran en las siguientes áreas:

- **Diseño y modelos de negocio:** garantizar que los teléfonos estén diseñados y respaldados para una mayor durabilidad, modularidad, reparación y desmontaje no destructivo, de modo que los dispositivos, las piezas y los materiales puedan seguir circulando hasta que su reúso ya no sea posible, y luego recuperarse a su máximo valor.
- **Recolección y movimiento:** facilitar y abaratar el reúso y devolución de teléfonos, incluso de los dispositivos más antiguos o que no funcionan, a través de políticas públicas específicas e inversión en infraestructura de recolección y logística inversa. Unificar definiciones, clasificaciones y documentación para que los teléfonos y componentes puedan gestionarse mediante procesos de reúso y recuperación de materiales con estándares uniformes y un manejo seguro de los datos.
- **Procesamiento y demanda:** ampliar el procesamiento primario y secundario a nivel nacional para que los materiales recuperados de teléfonos que ya no son aptos para su reúso puedan reincorporarse a las cadenas de suministro de fabricación, con el apoyo de una demanda suficiente y economías de escala que hagan viables los sistemas de recuperación.

Estos cambios prolongarían la vida útil de los teléfonos, expandirían los mercados de reparación y reacondicionamiento, y generarían nuevas oportunidades de ingresos más allá de la venta inicial mediante actividades como la reventa, el arrendamiento y el mantenimiento. También podrían convertir el elevado volumen actual de teléfonos móviles infrautilizados y, finalmente, desechados, en un suministro regional fiable de productos duraderos, reacondicionados y remanufacturados, así como de materiales recuperados, incluidos los minerales críticos. Al reducir la dependencia de cadenas de suministro globales volátiles y de la extracción de materiales vírgenes, estos cambios podrían fortalecer la resiliencia regional y reducir los residuos, la contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero. Para los consumidores, estos cambios aumentarían la disponibilidad y la durabilidad de teléfonos nuevos y usados, facilitarían y abaratarían las reparaciones, y mejorarían el acceso a dispositivos reacondicionados y remanufacturados asequibles. A medida que jurisdicciones como la Unión Europea comiencen a introducir requisitos de ecodiseño para los productos que entran en sus mercados, incluidas las importaciones, estos cambios también podrían ayudar a las industrias en América del Norte a mantenerse competitivas en mercados globales cada vez más condicionados por los requisitos de durabilidad, reparabilidad y transparencia de los materiales. Los teléfonos móviles representan una de las oportunidades más viables para aplicar estrategias de economía circular a gran escala.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO			02
LISTA DE ABREVIATURAS Y RESUMEN			05
PROPÓSITO Y ENFOQUE			06
01	**UNA ECONOMÍA CIRCULAR PARA LOS TELÉFONOS MÓVILES**		**07**
02	**DIAGNÓSTICO DEL CICLO DE VIDA: CÓMO SE MUEVEN LOS TELÉFONOS MÓVILES A TRAVÉS DEL SISTEMA DE AMÉRICA DEL NORTE**		**10**
	2A.	EN EL INICIO DE LA CADENA	14
	2B.	EN EL MEDIO DE LA CADENA	19
	2C.	AL FINAL DE LA CADENA	23
03	**LOS TELÉFONOS MÓVILES CIRCULAN EN MERCADOS COMPARTIDOS A LO LARGO DE AMÉRICA DEL NORTE, PERO SE RIGEN POR TRES ARQUITECTURAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS DISTINTAS**		**25**
	3A.	CANADÁ	28
	3B.	MÉXICO	32
	3C.	ESTADOS UNIDOS	35
RECOMENDACIONES			38
APÉNDICE			44
AGRADECIMIENTOS			54
COLABORADORES			55
BIBLIOGRAFÍA			57
NOTAS			60

LISTA DE ABREVIATURAS

CHARGE	Recursos Críticos y Avanzados de Alto Valor procedentes de Residuos Electrónicos Verdes *(Critical and High-value Advanced Resources from Green E-waste)*
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
DPP	Pasaporte digital de producto *(digital product passport)*
EPEAT	Herramienta de Evaluación Ambiental de Productos Electrónicos *(Electronic Product Environmental Assessment Tool)*
EPRA	Asociación de Reciclaje de Productos Electrónicos *(Electronic Products Recycling Association)*
RAP	Responsabilidad Ampliada del Productor
ESPR	Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles [UE] *(Ecodesign for Sustainable Products Regulation)*
UE	Unión Europea
TI	Tecnologías de la Información
LGEC	Ley General de Economía Circular
OEM	Fabricante de equipos originales *(original equipment manufacturer)*
R2	Reciclaje responsable
R2R	Derecho a reparar *(right to repair)*
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

RESUMEN

Este informe analiza cómo los teléfonos móviles pasan por los sistemas de uso, reúso, recolección y procesamiento en Canadá, México y Estados Unidos, y cómo el diseño del producto, los modelos de negocio, los sistemas de recolección, la infraestructura de procesamiento y el comercio influyen en los resultados de la economía circular en América del Norte. Si bien muchos teléfonos ya pasan por múltiples ciclos de uso, los sistemas actuales siguen priorizando el reemplazo frecuente y las vías de recuperación de bajo valor añadido sobre los procesos de uso prolongado y retención de valor, como el reúso, la reparación y la restauración.

Combinando el modelado del flujo de materiales realizado por RTI International con consultas a actores clave, análisis de políticas públicas e investigación documental, este informe compara las políticas y las condiciones de mercado en los tres países, incluyendo los sistemas de reparación, los modelos de devolución, la capacidad de procesamiento y los enfoques emergentes para la reparabilidad, la durabilidad y la recuperación de materiales. A lo largo del documento se utilizan figuras, diagramas de Sankey, tablas y estudios de caso que ilustran cómo los teléfonos, sus componentes y sus materiales se mueven a través de los sistemas regionales y dónde se conserva, se degrada o se pierde valor.

PROPÓSITO Y ENFOQUE

Este informe preparado por la Fundación Ellen MacArthur se centra en las oportunidades en el inicio de la cadena de los teléfonos móviles para que tanto el sector público como el privado implementen una economía circular para estos electrónicos en América del Norte. Si bien el informe utiliza el concepto “teléfonos móviles” como una categoría, el modelo cuantitativo utilizado en el estudio se centra en los teléfonos inteligentes. Para los fines de este análisis, los teléfonos inteligentes se consideran la subcategoría dominante de teléfonos móviles. Muchas de las conclusiones del estudio pueden extrapolarse a otras categorías de la electrónica de consumo (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2025).

La investigación emplea un enfoque de métodos mixtos que combina la consulta a actores clave, la investigación documental y el modelado cuantitativo realizado por RTI International. Entre abril y septiembre de 2025, el equipo de investigación consultó a más de 90 actores relevantes en 11 sectores de los tres países: finanzas, gobierno, asociaciones industriales, logística, manufactura, reciclaje y disposición de activos de tecnología de la información (TI), reparación, investigación y sociedad civil, comercio minorista, empresas emergentes y telecomunicaciones. Mediante cinco mesas redondas y 16 entrevistas semiestructuradas, se siguió un proceso desarrollado junto con representantes federales de los tres países. El modelo CHARGE de RTI se utilizó para establecer líneas de base regionales y nacionales, así como para fundamentar el análisis y las recomendaciones del informe (Sección 4). El Apéndice 2 proporciona la metodología del modelo.

Alcance: Este estudio identifica las principales barreras para la adopción de la economía circular en el sector de la telefonía móvil y las oportunidades más relevantes con especial atención a las intervenciones en el inicio de la cadena. No se trata de un análisis del tamaño del mercado ni pretende cuantificar la totalidad de los impactos ambientales o en la salud humana. No debe interpretarse como una evaluación exhaustiva de todas las intervenciones sectoriales.

Interpretación de los resultados del modelo: El modelo CHARGE (Recursos Críticos y Avanzados de Alto Valor procedentes de Residuos Electrónicos Verdes) de RTI estima cómo los teléfonos móviles se mueven a través del primer uso, el reúso, la recolección y el procesamiento, y finalmente hacia los mercados de materias primas, la eliminación o la exportación. Los diagramas de Sankey muestran los flujos probabilísticos de dispositivos en toneladas en lugar de los resultados de recuperación de materiales. No tienen en cuenta las pérdidas durante el procesamiento, ni reflejan cuánto tiempo permanecen los dispositivos en uso o almacenamiento. Por esa razón, los valores de Sankey no coinciden exactamente con los indicadores clave de rendimiento basados en materiales del modelo, que rastrean la proporción de material de dispositivos que llega a los mercados nacionales de materias primas y la proporción que se pierde por eliminación o exportación. La exportación se define ampliamente como el material enviado a otro país desde la recolección de reciclaje o el procesamiento secundario para cualquier propósito (consulte el Apéndice 3 para las definiciones). Debido a que el manejo posterior no es consistentemente rastreable una vez exportado, los flujos se tratan como “exportación” en lugar de atribuirse a resultados específicos como el reúso o el reciclaje.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

01

UNA ECONOMÍA CIRCULAR PARA LOS TELÉFONOS MÓVILES



01 UNA ECONOMÍA CIRCULAR PARA LOS TELÉFONOS MÓVILES

EL DISEÑO, LA RECOLECCIÓN Y LA RECUPERACIÓN PUEDEN TRABAJAR JUNTOS PARA MANTENER LOS TELÉFONOS MÓVILES EN CIRCULACIÓN CON SU MÁXIMO VALOR

En una economía circular, los teléfonos móviles están diseñados para permanecer en uso el mayor tiempo posible antes de que sea necesario recuperar los materiales (Figura 1). Los teléfonos son duraderos, reparables y fáciles de desmontar. Cuentan con soporte de software a largo plazo y modelos de negocio que incentivan la reparación y la compra de dispositivos reutilizados, reacondicionados o remanufacturados, en lugar de la compra de dispositivos nuevos. Una vez que un teléfono cambia de manos o llega al final de su vida útil, los sistemas de recogida y reventa facilitan su reincorporación a la circulación mediante la reparación, el reacondicionamiento, la remanufactura y su posterior uso. Solo cuando el reúso deja de ser viable, los teléfonos entran en sistemas de recuperación, diseñados para separar y procesar componentes y materiales de alto valor para que puedan reincorporarse a las cadenas de suministro de fabricación. En este tipo de sistema, los procesos de retención de valor, como el reúso, la reparación y el reacondicionamiento, reducen la necesidad de extraer y fabricar nuevamente, mientras que la recuperación de alta calidad reduce tanto la pérdida de materiales como la dependencia de un suministro virgen.

LA ECONOMÍA CIRCULAR

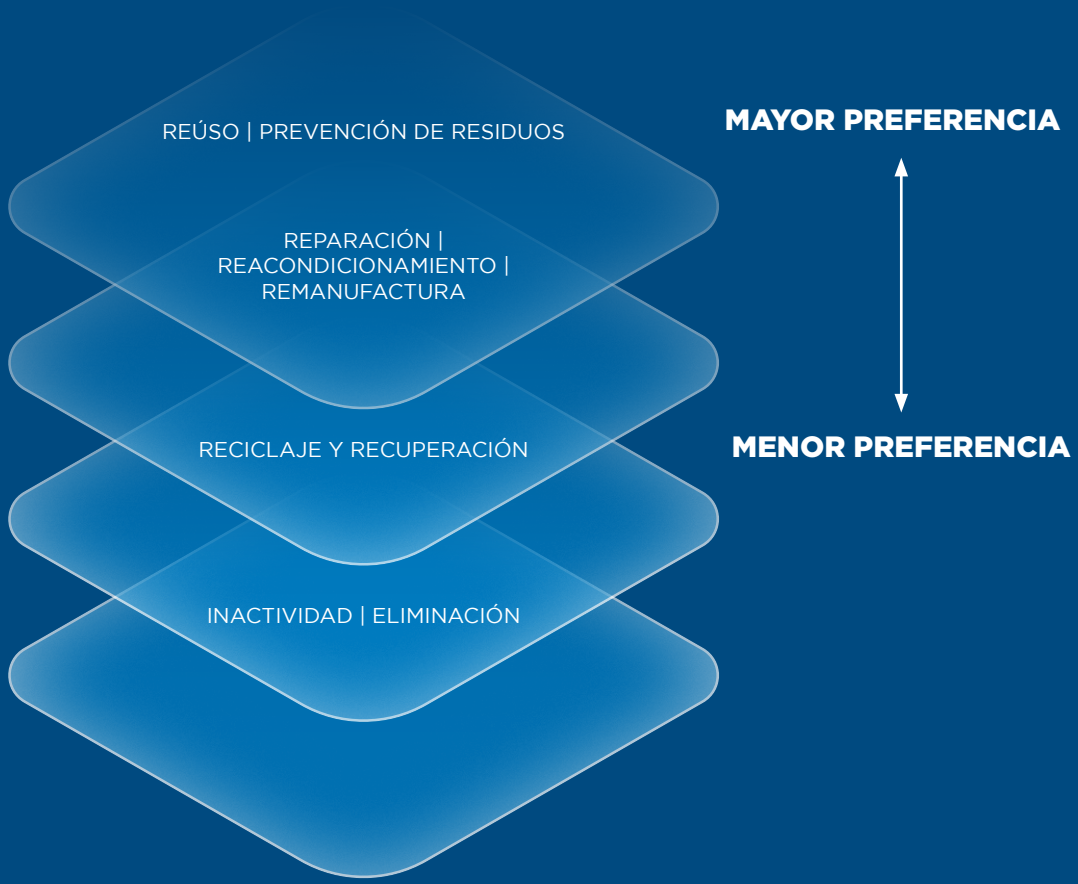
En este estudio, definimos la “economía circular” como un sistema en el que los materiales nunca se convierten en residuos y la naturaleza se regenera. En una economía circular, los productos, piezas y materiales se mantienen en uso, conservando su máximo valor mediante procesos como la reparación, el reacondicionamiento y la remanufactura, y, cuando su uso ya no es posible, mediante el reciclaje y el compostaje. La economía circular aborda el cambio climático y otros desafíos globales, como la pérdida de biodiversidad, los residuos y la contaminación, al desvincular la actividad económica del consumo de recursos finitos.

La economía circular se basa en tres principios impulsados por el diseño:

- eliminar los residuos y la contaminación;
- circular los productos y materiales a su máximo valor;
- regenerar la naturaleza

Respaldada por una transición hacia energías y materiales renovables, la economía circular es un sistema resiliente que beneficia a las empresas, a las personas y al medioambiente (Ellen MacArthur Foundation, s.f.).

FIGURA 1. JERARQUÍA DE RETENCIÓN DE VALOR



Nota: Entre las estrategias de economía circular, el reúso conserva la mayor cantidad de valor inherente a la mano de obra, la energía y los materiales, a la vez que requiere el menor procesamiento industrial.

A pesar de los crecientes avances hacia la circularidad en toda la región, los teléfonos móviles en América del Norte aún no se integran completamente en este sistema. Los dispositivos suelen reemplazarse antes de que finalice su vida útil y las barreras a lo largo del ciclo de vida dificultan tanto el reúso como la recuperación de materiales de alto valor. Esto provoca que grandes volúmenes de teléfonos móviles y sus materiales queden fuera de circulación. Según el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigaciones (2025), en el año 2022 se generaron alrededor de 62 millones de toneladas de residuos electrónicos a nivel mundial y esta cifra sigue aumentando cada año. Canadá, México y Estados Unidos generan en conjunto alrededor de 9.5 millones de toneladas anuales, que incluyen productos tan diversos como televisores, ordenadores portátiles y teléfonos móviles. En términos de peso, los teléfonos móviles representan una pequeña proporción de los residuos electrónicos, pero contienen una mezcla concentrada de materiales recuperables. La demanda de estos materiales está creciendo y, en las condiciones actuales, este informe (utilizando el modelo CHARGE) estima que el valor de los minerales críticos recuperables de los teléfonos al final de su vida útil en América del Norte podría alcanzar los US$2,200 millones para el 2040.

La oportunidad ahora consiste en aprovechar los cimientos de la circularidad de los teléfonos móviles en América del Norte y transformarlos en un sistema que permita usos múltiples y prolongados, prevenga el desperdicio, conserve el valor y reduzca la demanda de extracción de materiales vírgenes. Extender la vida útil de los teléfonos en el inicio de la cadena mediante el reúso, la reparación, el reacondicionamiento y la remanufactura preserva un valor intrínseco significativamente mayor que la recuperación de materiales al final de la cadena, además de reducir los residuos y la contaminación asociados con el reemplazo y la eliminación frecuentes. La sección 2 examina dónde se puede conservar el valor a lo largo de las tres etapas, o “flujos”, del ciclo de vida de los teléfonos móviles:

- **En el inicio de la cadena,** donde el diseño del producto, el soporte de software, la configuración de la cadena de suministro y los incentivos del modelo de negocio determinan la longevidad del teléfono y su eventual recuperación.
- **En el medio de la cadena,** donde la clasificación, la recogida, la reparación, el reacondicionado, la remanufactura y la confianza determinan si los teléfonos permanecen en circulación con un alto valor o pasan a vías de menor valor.
- **Al final de la cadena,** donde la recolección al final de su uso, la capacidad de procesamiento y las condiciones del mercado afectan si los materiales recuperados vuelven a entrar en las cadenas de suministro de fabricación o se pierden a través de la eliminación, la exportación o la recuperación de bajo valor.

02

DIAGNÓSTICO DEL CICLO DE VIDA

CÓMO SE MUEVEN LOS TELÉFONOS MÓVILES A TRAVÉS DEL SISTEMA DE AMÉRICA DEL NORTE

02 DIAGNÓSTICO DEL CICLO DE VIDA
CÓMO SE MUEVEN LOS TELÉFONOS MÓVILES A TRAVÉS DEL SISTEMA DE AMÉRICA DEL NORTE

NUESTRA INVESTIGACIÓN SUGIERE QUE, TRAS EL PRIMER USO, ENTRE EL 50 % Y EL 70 % DE LOS TELÉFONOS MÓVILES PASAN POR AL MENOS UN CICLO DE USO ADICIONAL (O REÚSO), PERO ENTRE EL 30 % Y EL 50 % NO SE RECUPERAN DE FORMA FIABLE CUANDO FINALIZA DICHO REÚSO (FIGURA 3)

Los teléfonos móviles suelen reemplazarse a cada dos o tres años, aunque estudios recientes sugieren que su vida útil puede extenderse hasta cuatro o cinco años (RTI International, 2025; Assurant, 2026; Mohammadi y Habib, 2026). La presión sobre los usuarios para reemplazar sus teléfonos se debe a varios factores. Los frecuentes lanzamientos de modelos, las campañas de marketing y los incentivos de actualización pueden crear la percepción de que un teléfono existente es obsoleto antes de que finalice su vida útil. Simultáneamente, esa vida útil se acorta físicamente debido al soporte de software limitado y a los diseños de productos que utilizan materiales poco duraderos o piezas difíciles de reemplazar.

EL RESULTADO SON GRANDES CANTIDADES DE DISPOSITIVOS INACTIVOS QUE NO PUEDEN SER RECOGIDOS NI REUTILIZADOS

Tras el primer uso, los consumidores se quedan con pocas opciones más allá de la reventa informal o de limitados programas formales de intercambio y recompra. Esto provoca que muchos teléfonos permanezcan en los hogares durante años, donde se heredan para su reúso o se almacenan. Almacenados, el estado de la batería, el soporte de software y el valor de reventa del teléfono disminuyen gradualmente. Los usuarios guardan sus teléfonos por diversas razones, principalmente por la falta de opciones de devolución convenientes y por la preocupación de que sus datos no se borren por completo.

El resultado son grandes cantidades de dispositivos inactivos que no pueden ser recogidos ni reutilizados. Según los flujos probabilísticos contemplados en el modelo CHARGE, cientos de millones de teléfonos pueden pasar por estos periodos de inactividad, durante los cuales disminuye el número de ciclos de reúso viables y aumenta el riesgo de que acaben desechados o exportados, en lugar de ser recuperados como material de alto valor a nivel nacional.

FIGURA 2. EL CICLO DE VIDA DEL TELÉFONO MÓVIL EN AMÉRICA DEL NORTE

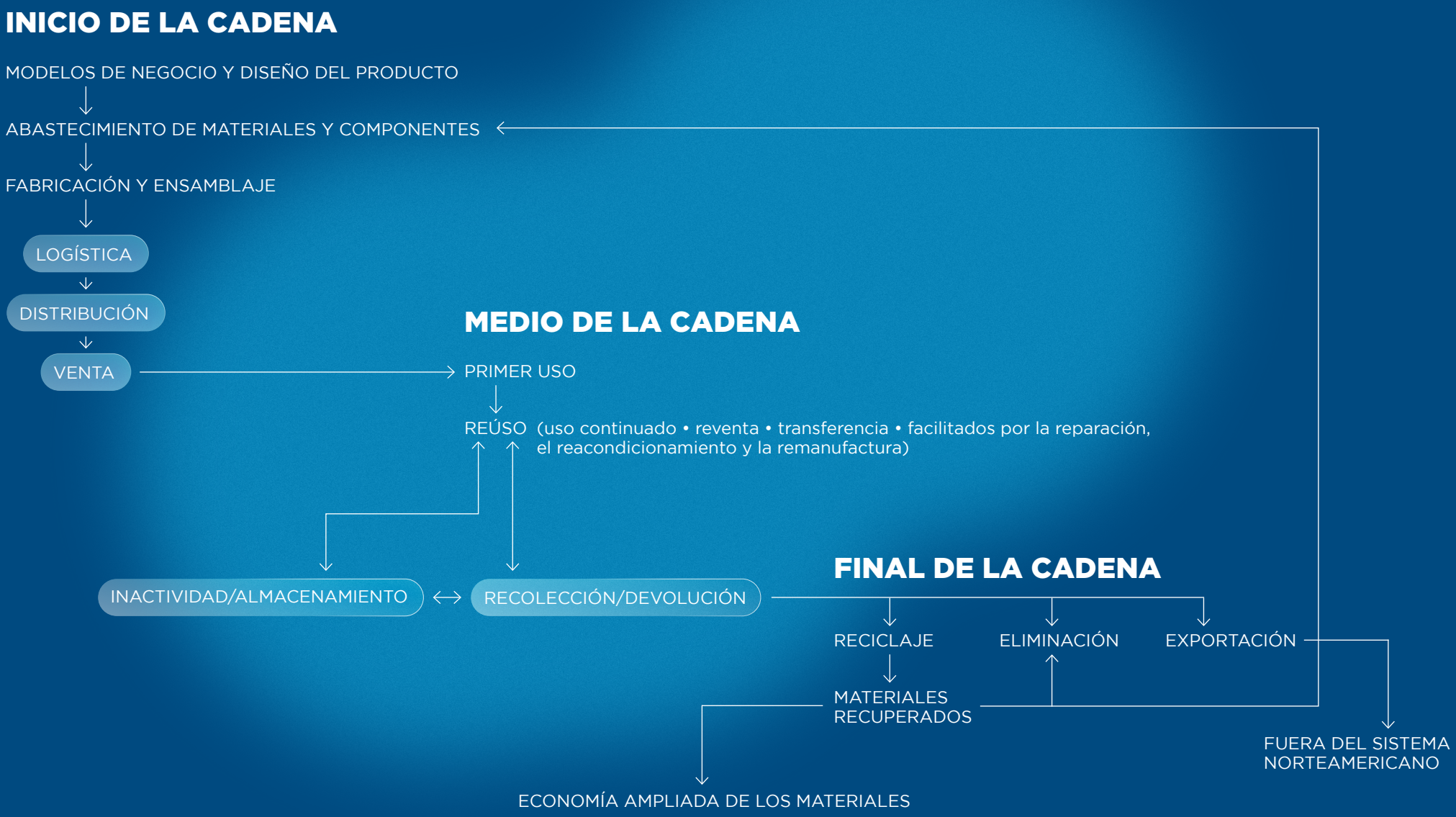
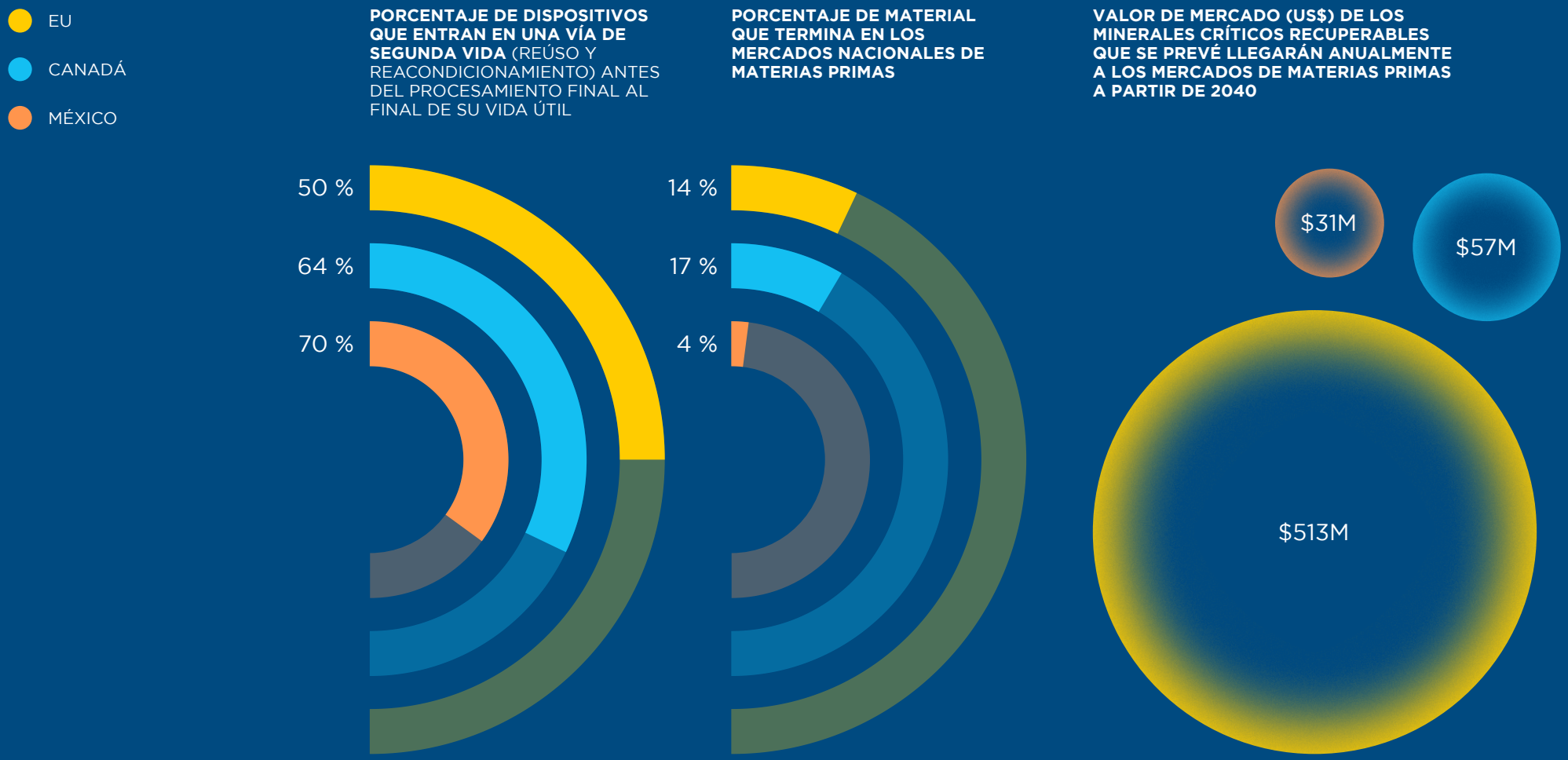


FIGURA 3.

MOVIMIENTO PROBABILÍSTICO DE TELÉFONOS MÓVILES (EN TONELADAS) A TRAVÉS DE CANADÁ, MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS COMBINADOS, GENERADO MEDIANTE EL MODELO CHARGE DE RTI INTERNATIONAL



Fuente: Datos de RTI International (2025).

Nota: Las cifras se derivan del modelo CHARGE, desarrollado por RTI International, que rastrea los flujos de teléfonos inteligentes a través de las vías de primer uso, reúso y reacondicionamiento, los canales de recolección, la infraestructura de reciclaje, los flujos de exportación y los resultados al final de su vida útil, incluida la entrada en los mercados de materias primas o en vertederos. Ver apéndice 3 para las definiciones.

2A. EN EL INICIO DE LA CADENA
EL DISEÑO DEL PRODUCTO Y LOS MODELOS DE NEGOCIO ESTABLECEN EL LÍMITE DE LA RETENCIÓN DE VALOR Y LA SEGURIDAD DE LOS MATERIALES

LAS DECISIONES QUE SE TOMAN EN EL INICIO DE LA CADENA OCURREN MUCHO ANTES DE QUE LOS TELÉFONOS MÓVILES ENTREN EN USO, PERO DETERMINAN GRAN PARTE DE LO QUE SERÁ POSIBLE MÁS ADELANTE EN SU CICLO DE VIDA



La durabilidad, la reparabilidad, la transferibilidad y, en última instancia, la recuperación de los teléfonos móviles dependen de los diseños y modelos de negocio que elijan los fabricantes, los operadores y los proveedores de plataformas. El diseño del producto también influye considerablemente en el coste y el impacto ambiental, lo que lo convierte en el punto de partida más importante para reducir ambos.

2A.I MODELOS DE NEGOCIO Y MECANISMOS DE CONTROL

La mayoría de las estrategias de modelos de negocio actuales priorizan el valor de la primera venta, a pesar del creciente número de fuentes de ingresos provenientes de reparaciones, garantías extendidas y suscripciones. La división de servicios de Apple, por ejemplo, generó US$9,000 millones anuales solo con AppleCare (Mickle, Koeze y Chen 2023). Pero en lugar de reducir la dependencia de los reemplazos frecuentes, estas fuentes de ingresos tienden a complementar o incluso reforzar las ventas de dispositivos. Los teléfonos de consumo masivo diseñados y comercializados en torno a la reparabilidad y la longevidad siguen siendo poco comunes en América del Norte. Estas características son más comunes en dispositivos robustos y empresariales, como la línea Galaxy XCover de Samsung, que cuenta con baterías reemplazables y componentes reparables (Samsung Electronics, s.f.), cuyo diseño es recompensado por los requisitos de adquisición de empresas y el sector público. También existen ejemplos en el mercado de consumo, como el Teracube 2e (con batería reemplazable y garantía estándar de cuatro años) en América del Norte, pero actualmente son un nicho de mercado (Teracube, s.f.). Esto se debe en parte a que carecen de la distribución, el respaldo de los operadores y el atractivo de marca de los fabricantes de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés) dominantes, y se enfrentan a obstáculos específicos de cada región, como la cobertura del servicio.

Los modelos de negocio en los que los proveedores conservan la propiedad del teléfono, como el arrendamiento o el dispositivo como servicio (PaaS), podrían alinear mejor los incentivos comerciales con la durabilidad y la reparación, al permitir la recuperación de valor a lo largo de múltiples ciclos de uso en lugar de mediante una única venta. También pueden aumentar la proporción de dispositivos que se devuelven y se destinan sistemáticamente a procesos de reúso y recuperación, siempre que se aborden las preocupaciones sobre la confianza y los datos (Sección b). Esto ya se observa en el crecimiento de los mercados profesionales de reacondicionamiento y reventa, como Back Market (17 países, incluidos los Estados Unidos), Mobile Klinik (Canadá) y Reuse (México, Chile, Perú). Los principales fabricantes y operadores de telecomunicaciones también han ampliado sus programas de intercambio y recompra, que recogen millones de dispositivos para su prueba y reacondicionamiento formal, lo que refleja la creciente demanda de los consumidores de teléfonos usados asequibles y de alta calidad, así como el valor intrínseco de los dispositivos devueltos.

2A.II HARDWARE, SOFTWARE Y REPARACIÓN

La retención de valor también depende de la interfaz hardware-software.

En cuanto al hardware, los teléfonos móviles actuales se diseñan para ser delgados, eficientes energéticamente y con un alto rendimiento de fabricación.[2] Las baterías y las pantallas suelen estar unidas con adhesivos, lo que significa que acceder a ellas requiere calor, disolventes o fuerza.[3] A nivel de placa, componentes clave como el sistema en chip y las unidades de gestión de energía están densamente integrados para mejorar el rendimiento, creando una de ellas estricta interdependencia entre las piezas. Acceder o reemplazar una a menudo conlleva el riesgo de dañar otras, lo que aumenta la tasa de fallos (Speight, 2025) y encarece la reparación a nivel de placa sin equipos y documentación especializados. La información, como los esquemas, el historial de componentes y los diagnósticos avanzados, suele ser inaccesible para las empresas de reacondicionamiento, lo que dificulta su capacidad para realizar evaluaciones y reparaciones complejas.

En cuanto al software, el control del fabricante sobre los sistemas operativos y las actualizaciones de firmware también afecta la vida útil de un teléfono móvil. Cuando un teléfono pierde soporte para actualizaciones o su compatibilidad de software se degrada, resulta más difícil reutilizarlo de forma segura. Incluso un teléfono con un diseño más duradero necesitará ser reemplazado en tal caso. Esta forma de obsolescencia es cada vez menos común, como se observa en los modelos insignia recientes de Google (serie Pixel 10) y Samsung (serie Galaxy S26), que ahora ofrecen periodos de hasta siete años, en comparación con los modelos más antiguos que solían ofrecer entre dos y tres. Otras barreras relacionadas con el software para la reparación y el reacondicionamiento incluyen la autenticación de componentes y el emparejamiento de piezas. Por ejemplo, las cámaras, los sensores biométricos y las baterías suelen estar vinculados digitalmente al dispositivo original. Reemplazar uno de ellos con un componente no reconocido o no autorizado por el software del teléfono puede provocar un mal funcionamiento. Este tipo de controles de software aumenta los costos de reparación, excluye a las empresas de reacondicionamiento y remanufactura independientes y socava la confianza en la fiabilidad de los teléfonos reparados.

AVANCE DESTACADO 1

LAS NORMAS SOBRE EL DERECHO A REPARAR Y EL ECODISEÑO ESTÁN EMPEZANDO A TRANSFORMAR LOS MERCADOS DE TELEFONÍA MÓVIL

El movimiento por el derecho a reparar se está expandiendo por toda América del Norte, a medida que la sociedad civil responde al aumento de los costos de reparación y a las crecientes restricciones a la reparación independiente. Las iniciativas comunitarias de reparación, como los Repair Cafés, siguen creciendo. Repair Café International (s.f.) informa de más de 4,000 grupos en todo el mundo, incluidos cientos en Estados Unidos y un número cada vez mayor en Canadá.

Paralelamente a estas iniciativas, la legislación sobre el derecho a reparar está avanzando. En Estados Unidos, varios estados han promulgado o impulsado medidas que amplían el acceso a piezas, herramientas e información de reparación (por ejemplo, California, Colorado, Connecticut, Minnesota, Nueva York, Oregón y Texas), mientras que algunos han restringido el emparejamiento de piezas (por ejemplo, Colorado y Oregón). En Canadá, las reformas federales de derechos de autor de 2024 aclararon que las medidas de protección tecnológica podrían obviarse para realizar reparaciones legales. El Proyecto de Ley 29 de Quebec introdujo disposiciones de protección al consumidor relevantes para la obsolescencia programada. Manitoba ha estado explorando una legislación similar desde 2026. México ya cuenta con extensas redes informales de reparación y reventa que mantienen los dispositivos en circulación. La Ley General de Economía Circular (LGEC), promulgada en 2026, establece una base legal que podría fortalecer el ecosistema de reparación mediante el acceso a información, piezas, herramientas y opciones de reparación.

Los requisitos de diseño duradero y reparable también están ganando terreno fuera de América del Norte. La Unión Europea (UE) introdujo recientemente requisitos de ecodiseño más amplios para teléfonos móviles, tabletas y otros productos mediante el Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles (ESPR, por sus siglas en inglés) y medidas relacionadas. Estas normas afectan a la durabilidad, la reparabilidad, el rendimiento de la batería, el soporte de software y el acceso a piezas de repuesto e información de reparación para los productos en la UE, incluidas las importaciones de América del Norte. Se espera que el Reglamento de Baterías de la UE, que exige una mayor reemplazabilidad de las baterías a partir de 2027, también reduzca las barreras para la reparación. Estas medidas están convirtiendo la durabilidad y la reparabilidad en atributos estándar en los mercados electrónicos mundiales.

AVANCE DESTACADO 2

LA CERTIFICACIÓN IMPULSADA POR LA INDUSTRIA FOMENTA LA CONTRATACIÓN PÚBLICA CIRCULAR

EPEAT, gestionada actualmente por el Consejo Mundial de Electrónica (s.f.), es una etiqueta ecológica reconocida mundialmente que fomenta la adquisición de productos electrónicos más sostenibles, incluidos los teléfonos móviles. Los fabricantes pueden registrar sus productos en EPEAT declarando el cumplimiento de múltiples criterios de sostenibilidad (en lugar de una única puntuación de circularidad), como la reparabilidad, los materiales, el consumo de energía y la gestión al final de su vida útil.

En Estados Unidos, la certificación EPEAT está integrada en los requisitos de compra federales para muchas categorías de productos electrónicos. Canadá y México también fomentan las ecoetiquetas y, en ocasiones, hacen referencia a EPEAT en sus procesos de contratación pública. Al vincular la certificación con las compras institucionales, EPEAT incentiva a los fabricantes a alinear el diseño de sus productos con criterios de sostenibilidad y economía circular.

En 2025, el marco actualizado "EPEAT 2.0" amplió los criterios relacionados con la circularidad, el impacto climático, los productos químicos y la sostenibilidad de la cadena de suministro, incluyendo las sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas, los salarios dignos y la gestión del agua en la fabricación. Los criterios actualizados de circularidad refuerzan los requisitos de reparabilidad y amplían los criterios para los plásticos, incluyendo la divulgación y los umbrales mínimos para los plásticos reutilizados, reciclados y de base biológica posconsumo. EPEAT 2.0 también introduce un criterio voluntario que fomenta la divulgación y el mayor uso de minerales críticos reciclados en productos electrónicos.



Incluso cuando la ley obliga a garantizar el acceso a reparaciones, los OEM pueden limitarse a cumplir de manera mínima con dichas obligaciones. Pueden impedir las reparaciones restringiendo el suministro de piezas, proporcionando documentación incompleta, limitando el acceso a herramientas de diagnóstico o manteniendo bloqueos de software. Para los operadores independientes, estas acciones pueden no afectar la viabilidad técnica de la reparación, pero sí la hacen comercialmente inviable y, en los casos en que las normas contra la elusión restringen la posibilidad de eludir los bloqueos de software, ilegal. Sin embargo, la información de las entrevistas sugiere que, si bien la mayoría de los OEM inicialmente se resistieron a la ampliación de las regulaciones de reparación, muchos ahora ofrecen servicios de reparación autorizados y programas de piezas de autorreparación, aunque la asequibilidad y la disponibilidad varían. No obstante, las restricciones sobre la información de reparación a nivel de placa, las herramientas de diagnóstico y el software siguen limitando a muchos talleres independientes de reparación y reacondicionamiento.

Las adquisiciones y las certificaciones también pueden influir en las expectativas del mercado respecto al diseño de hardware y software. Por ejemplo, las ecoetiquetas voluntarias como la Herramienta de Evaluación Ambiental de Productos Electrónicos, EPEAT, por sus siglas en inglés, (Avance destacado 2) y TCO Certified[4] se utilizan en las compras públicas ecológicas en Canadá, Estados Unidos e internacionalmente, incentivando a los principales compradores a mejorar el desempeño en cuanto a reparabilidad, reciclabilidad y eficiencia de materiales mediante herramientas y estándares prácticos. La participación de Canadá en el Pacto por Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) Circulares y Justas (s.f.) refuerza esta tendencia en las adquisiciones, mientras que el LGEC de México sienta las bases para las preferencias de adquisición vinculadas a criterios de circularidad.

2A.III COMPOSICIÓN DE LOS MATERIALES

Los teléfonos móviles se componen principalmente de plásticos (40 %), vidrio y cerámica (25 %) y metales (35 %) (Bruno, Sotera y Fiore, 2022). Gran parte de su valor recuperable proviene de los metales, incluidos los minerales críticos, mientras que los plásticos y otros materiales generalmente tienen un menor valor comercial y son más difíciles de recuperar con alta calidad. El teléfono móvil promedio contiene alrededor de 63 elementos, muchos en cantidades traza incrustadas en componentes estrictamente miniaturizados (Figura 4). Con base a estas concentraciones, 1,000 kg de teléfonos móviles al final de su vida útil pueden contener hasta 53 kg de cobre, 141 g de oro, 270 g de plata, 10 g de platino, 18 g de paladio y 3.3 kg de elementos de tierras raras (Gomez et al., 2023), lo que en conjunto representa un valor comercial de aproximadamente US$20,000, a precios actuales.[5]

Los teléfonos móviles que no están diseñados para ser desmontados y reparados, o que carecen de componentes modulares, tienen más probabilidades de ser recuperados mediante métodos que conservan menos de su valor intrínseco. Sus materiales tienden a ser degradados en los sistemas de reciclaje que recuperan con mayor fiabilidad materiales de gran volumen como el aluminio y el cobre,[6] o se pierden durante su eliminación o exportación, lo que aumenta la probabilidad de daños ambientales. Los teléfonos móviles también contienen plásticos y resinas con aditivos químicos que pueden mejorar su rendimiento, por ejemplo, proporcionando resistencia a los rayos ultravioleta o resistencia al fuego, pero que complican su posterior separación y recuperación (sección 2c.ii).

Los materiales de mayor importancia económica y estratégica (como el oro y el paladio en conectores y placas de circuitos impresos; el cobalto en baterías de iones de litio, y los elementos de tierras raras en altavoces y motores hápticos) representan una gran parte del valor recuperable. Muchos de ellos se obtienen y refinan a través de cadenas de suministro concentradas fuera de América del Norte, lo que expone a la región a interrupciones y crisis de suministro para las industrias que utilizan estos materiales, como las energías renovables, la electrónica avanzada y la infraestructura de redes eléctricas. Estos riesgos podrían aumentar en los próximos años, ya que se prevé que la demanda de varios minerales críticos crezca y supere la oferta (Agencia Internacional de Energía, 2025a).

Aunque se expandan la minería y el refinado, es improbable que el suministro de materia prima virgen por sí solo proporcione una base segura y sostenible de minerales críticos a un costo y riesgo aceptables. La minería, la fundición y el refinado también conllevan importantes impactos ambientales y para la salud, incluyendo la contaminación por partículas y la liberación de metales y contaminantes asociados en suelos y vías fluviales, que pueden persistir mucho después de que las operaciones cambien o cesen. Los efectos en la salud, como enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares y riesgos para el desarrollo, han afectado de manera desproporcionada a las comunidades de primera línea socioeconómicamente desfavorecidas, incluyendo a los pueblos indígenas, que viven cerca de los sitios de extracción y procesamiento.[7]



Al prolongar la vida útil de los teléfonos mediante procesos de conservación de valor, se puede reducir la dependencia de la extracción de materias primas, la fabricación y sus impactos ambientales asociados. Dado que alrededor del 80 % de las emisiones incorporadas en un teléfono móvil se producen antes de que llegue al usuario (Lövehagen et al., 2023), tanto el reúso como la producción secundaria pueden reducir significativamente el impacto en los gases de efecto invernadero, el agua y la energía en comparación con las cadenas de suministro mineras convencionales (Machala et al., 2023), al tiempo que fortalecen la resiliencia de la cadena de suministro.

FIGURA 4.

CONCENTRACIONES PROMEDIO DE 63 METALES Y METALOIDES EN TELÉFONOS MÓVILES AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL (MICROGRAMOS DE ELEMENTO POR GRAMO DE MATERIAL DEL TELÉFONO)

CÁMARA 3,809 µg/g
Tántalo • Trazas de oro • Tierras raras

PANTALLA 7,816 µg/g
Indio • Elementos de tierras raras • Plata • Estaño

PLACA DE CIRCUITO IMPRESO 77,504 µg/g
Oro • Paladio • Plata • Cobre

ALTAVOZ Y MOTOR 4,680 µg/g
Neodimio • Praseodimio • Hierro • Boro



Cu	Cobre	53,260 µg/g
Al	Aluminio	7,892 µg/g
Ba	Bario	4,856 µg/g
Fe	Hierro	4,435 µg/g
Ni	Níquel	4,103 µg/g
Ca	Calcio	4,088 µg/g
REEs	Tierras raras*	3,380 µg/g
Sn	Estaño	2,963 µg/g
B	Boro	1,467 µg/g
Zn	Zinc	1,109 µg/g
Mg	Magnesio	799 µg/g
Ti	Titanio	763 µg/g
U	Uranio	749 µg/g
Pb	Plomo	559 µg/g
Na	Sodio	416 µg/g
Ag	Plata	270 µg/g
K	Potasio	151 µg/g
Sr	Estroncio	149 µg/g
Au	Oro	141 µg/g
Mn	Manganeso	121 µg/g
W	Tungsteno	121 µg/g
Zr	Zirconio	108 µg/g
Cr	Cromo	103 µg/g
Ga	Galio	76 µg/g
As	Arsénico	52 µg/g
Te	Telurio	48 µg/g
In	Indio	44 µg/g
Co	Cobalto	42 µg/g
Ge	Germanio	31 µg/g
Sb	Antimonio	28 µg/g
Ta	Tántalo	24 µg/g
Mo	Molibdeno	21 µg/g
Pd	Paladio	18 µg/g
Nb	Niobio	16 µg/g
Ir	Iridio	15 µg/g
Pt	Platino	10 µg/g
Bi	Bismuto	8 µg/g
Li	Litio	7 µg/g
Y	Itrio	7 µg/g
V	Vanadio	3 µg/g
Cd	Cadmio	2 µg/g
Hf	Hafnio	2 µg/g
Re	Renio	2 µg/g
Be	Berilio	1 µg/g
Sc	Escandio	1 µg/g

Fuente: Gómez *et al.* (2023).

Nota: En esta figura, los elementos de tierras raras se muestran como una sola categoría, aunque en el conjunto de datos subyacente están compuestos por múltiples elementos individuales. Si bien las baterías representan la mayor fracción de metales críticos integrados, el componente se excluyó del análisis elemental.

2B.

EL MEDIO DE LA CADENA
LA INFRAESTRUCTURA DE RECOLECCIÓN Y MECANISMOS DE CONFIANZA DETERMINAN SI LOS TELÉFONOS SIGUEN EN CIRCULACIÓN

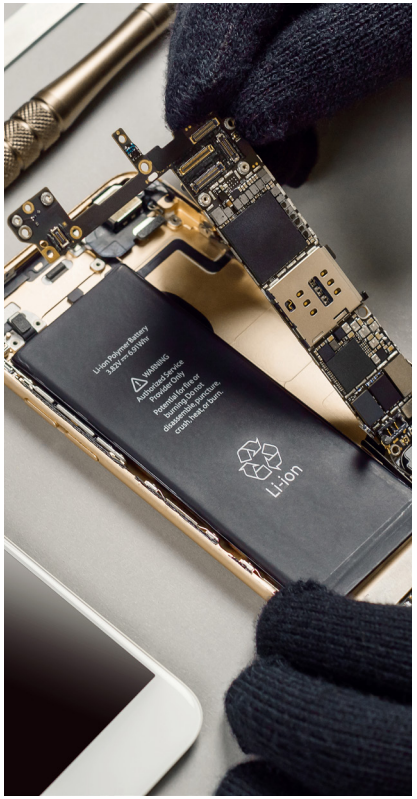
QUE LOS TELÉFONOS MÓVILES SIGAN EN USO DEPENDE EN PARTE DE LA CONFIANZA QUE LOS USUARIOS DEPOSITEN EN LOS SISTEMAS QUE LOS RECOLECTAN, ESPECIALMENTE EN LO QUE RESPECTA AL TRATAMIENTO Y LA ELIMINACIÓN DE DATOS PERSONALES

Una vez que los teléfonos salen de las manos de los usuarios, pasan por una serie de procesos de reventa, reparación, reacondicionamiento, remanufactura y recuperación. Algunos de estos procesos están controlados por los fabricantes mediante rutas “cerradas” que priorizan el reacondicionamiento y la recuperación de piezas bajo la marca. Otros tienen rutas “abiertas” que conectan un ecosistema de recolectores, reacondicionadores, remanufacturadores y recicladores. Las decisiones sobre estas rutas influyen en si los teléfonos siguen siendo aptos para su reúso, si entran en procesos de recuperación de materiales de menor valor o si abandonan por completo las cadenas de suministro regionales.

2B.I RECOLECCIÓN Y MOVIMIENTO

Tras su primer uso, los teléfonos pueden entrar en los circuitos formales de recolección y devolución mientras aún son aptos para su reúso, o pueden pasar a una inactividad y, posteriormente, a la gestión del final de su vida útil. Almacenar o retrasar la disposición de un dispositivo en lugar de devolver los teléfonos de manera oportuna, a través de vías formales o informales, reduce la posibilidad de reúso antes de su recuperación (Google LLC 2021).[8,9]

Las vías formales incluyen redes de recolección financiadas por los productores, intercambios entre operadores, programas de devolución de minoristas y quioscos (Avances destacados 3 y 4). Las vías informales incluyen la reventa entre particulares, pequeños talleres de reparación y recolección no regulada. Estas vías difieren no solo en escala, sino también en la información que acompaña al dispositivo: si se ha evaluado su estado, verificado el borrado de datos y si se ha documentado su cadena de custodia. Las inconsistencias en estos controles obligan a los agentes posteriores a considerar el riesgo y a desviar los dispositivos hacia rutas de manejo de menor valor, lo que reduce la proporción que puede destinarse a un reúso verificado.





AVANCE DESTACADO 3

LOS SISTEMAS DE DEVOLUCIÓN DE TELÉFONOS MÓVILES EN AMÉRICA DEL NORTE MUESTRAN DIFERENTES VÍAS PARA AMPLIAR LA RECOLECCIÓN DE TELÉFONOS MÓVILES

ecoATM demuestra cómo la infraestructura de recompra automatizada puede aumentar la recolección formal: en medio de un panorama normativo fragmentado, ecoATM ha construido una red de más de 7,000 quioscos automatizados en Estados Unidos y se ha expandido a Canadá (Recycling Today, 2026). Los quioscos utilizan diagnósticos automatizados y visión artificial para evaluar el estado de los dispositivos y generar ofertas de efectivo inmediatas, lo que permite a los consumidores vender teléfonos usados en establecimientos comerciales cotidianos en cuestión de minutos. EcoATM (2020) informa haber recolectado más de 50 millones de dispositivos y pagado más de US$1,560 millones a los consumidores desde su lanzamiento en 2009. Alrededor del 75 % de los dispositivos recolectados son reacondicionados o revendidos por ecoATM y el resto se envía para el reciclaje de materiales.

Coppel–Reuse demuestra cómo la infraestructura minorista existente puede respaldar la reventa y reacondicionamiento a nivel nacional. Coppel, una de las mayores cadenas de electrónica y electrodomésticos de México, se asoció con la plataforma chilena Reuse para ofrecer a sus clientes crédito digital por la compra de teléfonos móviles a cambio de dispositivos usados. Los teléfonos devueltos se recolectan a través de los canales minoristas, se reacondicionan y se revenden en el mercado nacional (Reuse México, s.f.). Al integrar el programa de intercambio en el punto de venta y utilizar la infraestructura minorista y logística existente, el programa recupera teléfonos que de otro modo se habrían almacenado o desechado informalmente, al tiempo que incrementa las ventas.

Los programas de intercambio liderados por operadores crean flujos predecibles de recolección y reacondicionamiento. Los principales operadores de redes móviles en los Estados Unidos operan programas de intercambio a gran escala que someten los dispositivos a procesos estandarizados de borrado de datos, pruebas técnicas y clasificación según su calidad antes de dirigirlos a canales certificados de reacondicionamiento, reventa o recuperación de materiales. Los créditos de intercambio, que van desde decenas hasta varios cientos de dólares, impulsan la participación del consumidor. El control de los operadores sobre el flujo de dispositivos genera un suministro predecible para reacondicionadores y procesadores. La devolución a gran escala se ve respaldada por instalaciones de reacondicionamiento y procesamiento concentradas en centros logísticos como Dallas-Fort Worth, Texas, donde operan fabricantes de equipos originales y proveedores de servicios como Samsung, Foxconn y Apkudo. Muchas empresas de procesamiento operan bajo estándares reconocidos, como la certificación R2 y e-Stewards, lo que refuerza el control ambiental y la responsabilidad en la cadena de suministro.



AVANCE DESTACADO 4

LA RED NACIONAL DE RECOLECCIÓN DE CANADÁ PODRÍA CONVERTIRSE EN UNA INFRAESTRUCTURA QUE PRIORICE EL REÚSO

Desde 2007, la Asociación de Reciclaje de Productos Electrónicos (EPRA, por sus siglas en inglés) (s.f.) ha coordinado la recolección y el reciclaje de aparatos electrónicos y baterías en nueve provincias canadienses a través de una red de más de 3,150 puntos de entrega públicos, lo que permite a la mayoría de los canadienses acceder a un punto de recolección cercano. Gracias a esta extensa red formal para el reciclaje de aparatos electrónicos al final de su vida útil, la infraestructura de EPRA ha evitado que más de 1.3 millones de toneladas de residuos electrónicos terminen en vertederos y sean exportados ilegalmente.

Las provincias establecen las normas y los objetivos de sus propios programas de Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP), mientras que los productores financian la recolección y el procesamiento mediante tasas de gestión ambiental. La EPRA coordina a los recicladores, procesadores, proveedores de logística y socios minoristas de recolección del sector privado, como Best Buy (2022) y Staples (s.f.). Los programas de RAP que administra se evalúan actualmente en función de la cantidad de material que recolectan y reciclan, lo que incentiva el reciclaje sobre otras estrategias de mayor valor, como el reúso y el reacondicionamiento. Sin embargo, la EPRA también apoya el reúso y el reacondicionamiento a través de organizaciones aprobadas. Su guía en Quebec, por ejemplo, establece que los aparatos electrónicos funcionales deben priorizarse para el reúso antes que la recuperación de materiales (EPRA, 2026).

En el futuro, las provincias podrían utilizar la extensa red de recolección de EPRA para incentivar el reúso antes que el reciclaje, cambiando sus objetivos hacia estrategias de mayor valor, en lugar de requerir una infraestructura completamente nueva.

2B.II DIAGNÓSTICO, CLASIFICACIÓN Y FORMACIÓN DE CONFIANZA

Que los teléfonos entren en procesos de retención de valor, sean reciclados o terminen en vertederos depende menos de su estado físico que de la confianza del consumidor en que los datos de su antiguo dispositivo se borrarán correctamente y de que los dispositivos usados estén en buen estado. La infraestructura de confianza —es decir, los estándares, los registros y las prácticas de verificación que permiten a los agentes intermedios (por ejemplo, operadores de gestión de activos de TI, empresas de reacondicionamiento, procesadores) validar el estado del dispositivo, asignar responsabilidades y demostrar controles como el borrado seguro de datos— influye en la disposición de los consumidores para deshacerse de sus teléfonos y en la confianza de los compradores en los dispositivos usados (Avance destacado 5).

La infraestructura de confianza es desigual en América del Norte. Los sistemas de clasificación no son legalmente vinculantes ni se pueden usar de forma consistente entre los operadores. Las iniciativas estadounidenses, como la Escala de Clasificación de Dispositivos Inalámbricos de la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones Celulares, proporcionan un vocabulario común para el estado estético y funcional, pero su adopción es voluntaria. La alineación de la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones Celulares con el estándar R2 de *Sustainable Electronics Recycling International* en 2024 marcó un paso hacia la interoperabilidad en el mercado estadounidense.[10] La falta de estándares compartidos traslada los costos de valoración y evaluación de los artículos a las empresas y los usuarios, lo que aumenta los costos de transacción y desalienta la inversión en vías de mayor valor.



Las lagunas de información y responsabilidad agravan el problema de la confianza. Las entrevistas revelan que los OEM y las empresas pueden optar por la destrucción en lugar de la reventa o reacondicionamiento por terceros, por temor a que las reparaciones se atribuyan erróneamente a fallos del producto, además de consideraciones contables y fiscales. Una aversión al riesgo similar influye en las decisiones sobre el manejo de datos. Incluso cuando existen herramientas de borrado seguro, los dispositivos pueden destruirse o reciclarse masivamente si no se puede demostrar el borrado de forma auditable. En esta etapa, las decisiones se basan más en la capacidad de defensa que en la viabilidad.

Los diagnósticos automatizados, las pruebas estandarizadas y los controles de procesos auditables, especialmente para el borrado de datos y la clasificación, pueden reducir la incertidumbre y facilitar el reúso, la reparación y el reacondicionamiento de dispositivos. Apkudo, una plataforma para probar, clasificar y recircular productos electrónicos usados, procesa más de 16 millones de dispositivos anualmente (Apkudo, 2025), principalmente mediante operadores de telecomunicaciones y logística estadounidenses (Avance destacado 3).

A falta de normas más claras y registros auditables, los actores del medio de la cadena tienden, racionalmente, a optar por la destrucción, el reciclaje o la exportación, en lugar de vías que conserven un valor mayor.

AVANCE DESTACADO 5

LAS PUNTUACIONES DE REPARABILIDAD HACEN QUE LA DURABILIDAD SEA VISIBLE PARA LOS CONSUMIDORES

Francia introdujo un índice de reparabilidad en 2021 (*Indice de réparabilité*, s.f.), que obliga a los minoristas a mostrar una puntuación de reparación para productos eléctricos y electrónicos (calculada por los fabricantes) en el punto de venta. El índice evalúa la documentación, el desmontaje y montaje, la disponibilidad y el precio de las piezas de repuesto, además de otros criterios específicos del producto.[11] Una evaluación realizada por *Halte l'Obsolescence Programmée* (2022) reveló que tres cuartas partes de los consumidores consideraban útil el índice a la hora de tomar decisiones de compra y un estudio del gobierno francés encontró una asociación positiva entre puntuaciones de reparabilidad más altas y ventas de productos más reparables (Direction interministérielle de la transformation publique, 2023).

En 2025, Francia sustituyó el índice de reparabilidad por un índice de durabilidad más amplio que incorpora tanto la reparabilidad como la fiabilidad (Ministère de la Transition écologique, 2024). Este cambio refleja los crecientes esfuerzos por orientar la demanda de los consumidores hacia productos que se mantengan funcionales durante más tiempo y tengan menos probabilidades de quedar obsoletos prematuramente.

Este enfoque ha influido tanto en el debate internacional como en la UE. Desde junio de 2025, los nuevos requisitos de la UE sobre etiquetado energético y diseño ecológico para teléfonos inteligentes y tabletas exigen que los productos comercializados en la UE muestren información sobre su reparabilidad (Comisión Europea, s.f.). Estos requisitos se aplican tanto a productos de fabricación nacional como a productos importados, incluidos los productos de América del Norte. Otros avances en políticas públicas importantes que afectan a la circularidad de la electrónica fuera de América del Norte se resumen en el Apéndice 1.

El interés por enfoques similares también está aumentando en América del Norte. En Canadá, organizaciones como Équiterre (2024, 2026) han explorado la puntuación de durabilidad como herramienta de transparencia para el consumidor. Su investigación sugiere que la información sobre durabilidad puede influir en las decisiones de compra. Varios estados de Estados Unidos han propuesto o explorado sistemas de puntuación de reparabilidad (Apéndice 1). Si bien México aún no ha implementado sistemas de puntuación de reparabilidad comparables, el énfasis de la LGEC en la reparabilidad y la información al consumidor podría sentar las bases para enfoques similares en el futuro.

2C.

EL FINAL DE LA CADENA

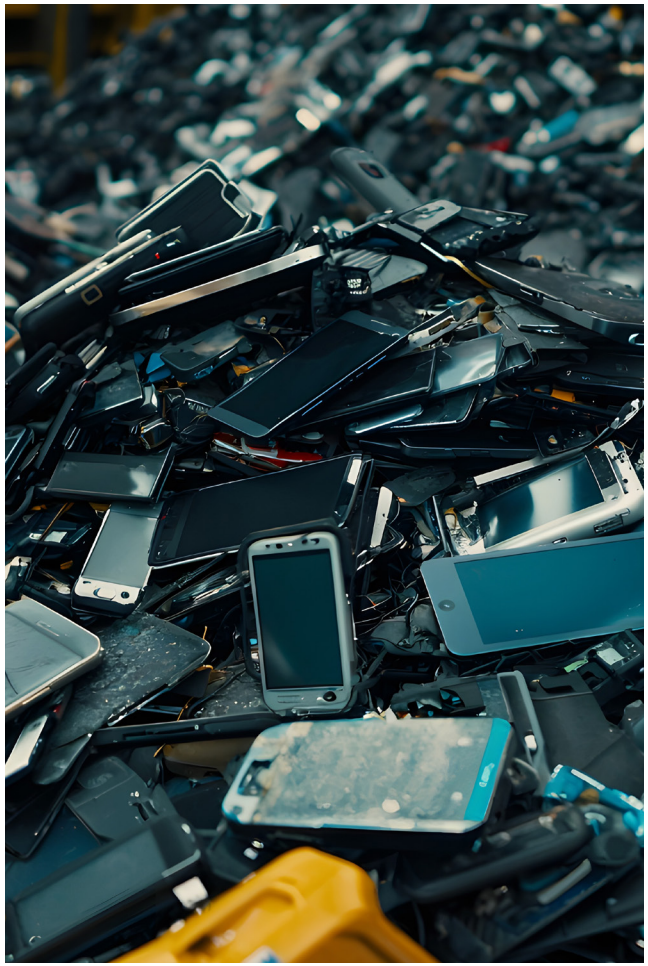
LA RECOLECCIÓN, EL TRATAMIENTO Y EL REFINADO AL FINAL DE LA VIDA ÚTIL DETERMINAN SI LOS MATERIALES VUELVEN AL CICLO DE SUMINISTRO O SE PIERDEN

LAS ETAPAS AL FINAL DE LA CADENA SE VEN AFECTADAS POR LAS TASAS DE RECOLECCIÓN, LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y LOS INCENTIVOS DEL MERCADO QUE FAVORECEN LAS VÍAS DE FIN DE VIDA ÚTIL EN LUGAR DE LA RETENCIÓN DE VALOR, ASÍ COMO LOS CUELLOS DE BOTELLA EN EL PROCESAMIENTO QUE SIGUEN EMPUJANDO EL MATERIAL AL EXTRANJERO

2C.I LAS DEFICIENCIAS EN LA RECOLECCIÓN AL FINAL DE LA VIDA ÚTIL LIMITAN LA RECUPERACIÓN DE MATERIALES

En toda América del Norte, RTI estima que sólo entre el 10 % y el 30 % de los dispositivos se destinan a la recolección formal, mientras que entre el 14 % y el 23 % se pierden en vertederos, incineración y exportación, según el país (RTI International, 2025). El resto circula informalmente o no se contabiliza. La recolección se basa en una combinación de programas subnacionales (Sección 3) y programas de mercado, junto con proyectos piloto y campañas periódicas con una cobertura regional desigual. Muchos programas también siguen midiendo el rendimiento mediante el peso de la recolección y los volúmenes de reciclaje, lo que puede perjudicar las vías de reúso y reacondicionamiento.

La baja tasa de recuperación es un mecanismo fundamental de fuga de materiales. Cuando los teléfonos al final de su vida útil no se recogen formalmente, las plantas procesadoras no pueden garantizar un suministro constante de materia prima, e incluso la capacidad de recuperación avanzada de materiales resulta insuficiente. Las pérdidas resultantes impulsan la demanda hacia la extracción de materiales vírgenes, lo que incrementa sus costos e impactos.

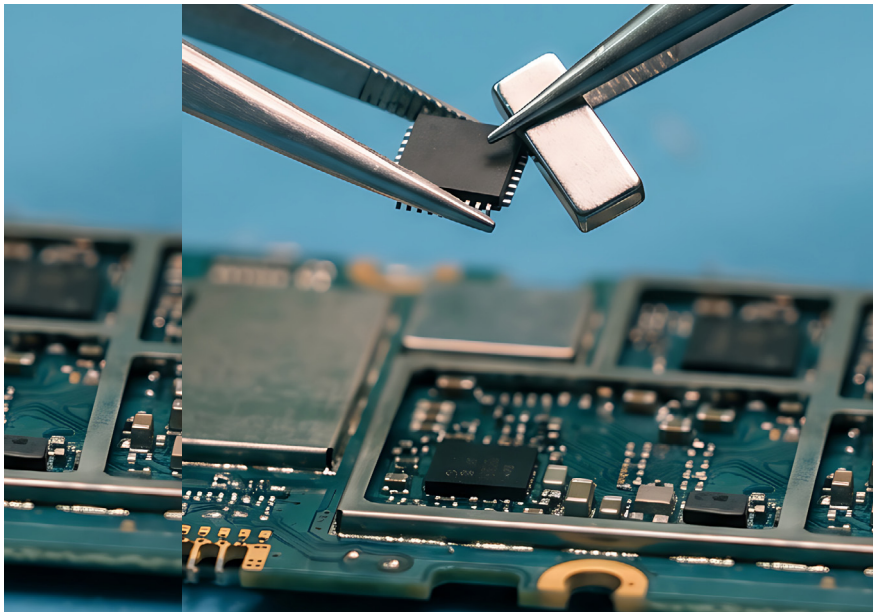


2.C.II NORMAS, CUELLOS DE BOTELLA EN EL PROCESAMIENTO Y DEPENDENCIA DE LAS EXPORTACIONES

El manejo posterior también se ve afectado por esquemas de certificación como Reciclaje Responsable(R2) y e-Stewards, que establecen requisitos para la seguridad de los trabajadores, la protección de datos y una gestión ambientalmente responsable. Si bien estas normas son esenciales, no resuelven la limitada capacidad regional para el procesamiento secundario y el refinado, que requieren una gran inversión de capital y dependen de un suministro constante de flujos clasificados (por ejemplo, fracciones de placas de circuitos impresos y baterías separadas de teléfonos), en lugar de cargas mixtas o contaminadas.

Los teléfonos móviles pueden someterse a un procesamiento primario (que incluye clasificación, desmantelamiento, trituración y separación mecánica), pero son mucho menos las instalaciones que ofrecen el procesamiento secundario necesario para recuperar los metales de componentes complejos como las placas de circuitos impresos.[12] La capacidad de América del Norte para recuperar materiales de alto valor de las placas de circuitos impresos a gran escala es baja y actualmente se concentra en Quebec, Canadá (Quebec, Ministère de la Culture et des Communications, s.f.).

Instalaciones como la fundidora Horne de Glencore en Quebec procesan chatarra electrónica compleja,[13] incluyendo fracciones de placas de circuitos impresos. Inversiones más recientes, como la planta de Aurubis en el condado de Richmond, Georgia, también pueden producir productos intermedios, como cobre blister, que requieren un refinamiento adicional. El procesamiento en México se concentra principalmente en actividades de recolección y procesamiento primario, con rutas nacionales limitadas para la recuperación metalúrgica de alto valor. En toda la región, la capacidad de procesamiento final especializado es escasa, por lo que muchas fracciones de teléfonos recuperadas se exportan para su fundición y refinamiento final (Aurubis AG, 2025). Incluso cuando se recolectan y procesan teléfonos, los productos recuperados podrían no cumplir con los requisitos de calidad y volumen para reingresar a las cadenas de suministro de fabricación. Como resultado, se estima que entre el 4 % y el 17 % del material recuperado llega a los mercados nacionales de materias primas, mientras que entre el 83 % y el 96 % se pierde por eliminación o exportación. Por lo tanto, gran parte del valor inherente a los residuos electrónicos no se materializa mediante la recuperación formal y los materiales secundarios a menudo se comercializan con descuento en comparación con sus equivalentes vírgenes, lo que debilita los incentivos a la inversión en la capacidad de procesamiento necesaria para obtener resultados secundarios más consistentes.



SE ESTIMA QUE ENTRE EL 4 % Y EL 17 % DEL MATERIAL RECUPERADO LLEGA A LOS MERCADOS NACIONALES DE MATERIAS PRIMAS, MIENTRAS QUE ENTRE EL 83 % Y EL 96 % SE PIERDE POR ELIMINACIÓN O EXPORTACIÓN

Los teléfonos móviles también contienen aditivos especializados, incluidos los retardantes de llama bromados, que pueden contaminar los flujos de reciclaje de polímeros y reducir el valor y la seguridad de los productos reciclados. Cuando se gestionan incorrectamente, ya sea por incendios accidentales o quema al aire libre, estos materiales pueden provocar liberaciones tóxicas (Resource Recycling, 2025). Los procesadores al final de la cadena también heredan limitaciones de diseño del inicio de la cadena que reducen la separabilidad de las piezas y los materiales, lo que conlleva una recuperación de menor valor. En estas condiciones, la exportación (a menudo a Asia) y otros resultados de bajo valor siguen siendo la opción por defecto (Associated Press 2025).

03

LOS TELÉFONOS MÓVILES CIRCULAN EN MERCADOS COMPARTIDOS A LO LARGO DE AMÉRICA DEL NORTE

PERO SE RIGEN POR TRES ARQUITECTURAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS DISTINTAS

03 LOS TELÉFONOS MÓVILES CIRCULAN EN MERCADOS COMPARTIDOS A LO LARGO DE AMÉRICA DEL NORTE, PERO SE RIGEN POR TRES ARQUITECTURAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS DISTINTAS

TABLA 1. MECANISMOS DE POLÍTICAS ACTUALES QUE CONFIGURAN LOS RESULTADOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA LOS TELÉFONOS MÓVILES EN AMÉRICA DEL NORTE

POLÍTICAS INTERNACIONALES

MECANISMO DE POLÍTICAS	DEFINICIÓN GENERAL	CANADÁ	MÉXICO	ESTADOS UNIDOS
Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (que sustituyó al Tratado de Libre Comercio de América del Norte)	Un marco comercial regional que permite la circulación de bienes y materiales secundarios entre Canadá, México y Estados Unidos.	Es parte	Es parte	Es parte
Convenio de Basilea	Tratado internacional que regula los movimientos transfronterizos de residuos electrónicos. No se aplica a los teléfonos móviles que se comercializan para su reparación, reúso o reacondicionamiento.	Es parte	Es parte	No es parte
Convención de Estocolmo	Se centra en la eliminación de contaminantes orgánicos persistentes, incluidos ciertos retardantes de llama presentes en los plásticos utilizados en los teléfonos móviles.	Es parte	Es parte	No es parte

POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONALES Y SUBNACIONALES

MECANISMO DE POLÍTICA PÚBLICA	DEFINICIÓN GENERAL	CANADÁ	MÉXICO	ESTADOS UNIDOS	IMPLICACIONES EN ECONOMÍA CIRCULAR
Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP)	Estos programas exigen que los fabricantes financien o gestionen el final de la vida útil de los productos electrónicos.	El sistema provincial de RAP está en vigor para los teléfonos móviles en todas las provincias y se completó cuando Saskatchewan añadió los teléfonos celulares a la lista de productos cubiertos en 2025. En 2024, el Yukón se convirtió en el primer territorio en contar con un programa RAP. Los programas son gestionados por organizaciones de responsabilidad del productor lideradas por la industria. La cobertura, los indicadores y la financiación varían según la provincia.	La LGEC exige un sistema federal de RAP basado en la responsabilidad compartida, que se implementará a través de los acuerdos sectoriales o de producto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). El alcance para electrónicos aún está por definir.	El sistema de RAP a nivel estatal está vigente en 24 estados, además del Distrito de Columbia. Los productos cubiertos, los criterios de recopilación y la financiación varían significativamente según el estado. Algunas leyes abarcan los dispositivos electrónicos en general, otras cubren las baterías integradas, incluidos los teléfonos móviles, y otras son específicas para los teléfonos móviles.	Permiten la construcción de infraestructuras de recolección y recuperación de materiales, pero actualmente los incentivos siguen vinculados al tonelaje reciclado en lugar del reúso, el reacondicionamiento o el valor conservado.
Derecho digital a reparar (R2R, por sus siglas en inglés)	Leyes que obligan a los fabricantes a proporcionar piezas, herramientas y documentación a los talleres de reparación independientes y a los consumidores.	Las enmiendas federales a la Ley de Derechos de Autor han allanado el camino legal para la reparación al eliminar la infracción de derechos de autor, que impedía a los consumidores realizar reparaciones. El proyecto de ley 29 de Quebec protege a los consumidores de la obsolescencia programada y promueve la durabilidad y la reparación.	No existe un mandato federal de R2R, pero la LGEC 2026 fomenta la reparabilidad como parte de los “Planes de Gestión Circular” obligatorios para los productores y el artículo 28 de la Ley de Economía Circular de la Ciudad de México, que establece una preferencia por la reparación sobre la sustitución del producto.	Siete estados cuentan con leyes R2R vigentes sobre electrónicos de consumo, incluyendo teléfonos móviles. Recientes proyectos de ley se centran en prohibir el emparejamiento de piezas para garantizar que los talleres independientes puedan utilizar componentes que no sean de OEM sin bloqueos de software.	Amplía las posibilidades de reparación, pero por sí solo no garantiza que los productos estén diseñados para ser duraderos, modulares o reparables.
Preferencias de adquisición	Políticas públicas gubernamentales que exigen o fomentan la compra de productos que cumplan con los criterios de diseño circular y conservación de valor (por ejemplo, EPEAT, productos reacondicionados, o productos como servicio).	La Estrategia Federal de Desarrollo Sostenible 2022-2026, a través de Servicios Públicos y Adquisiciones de Canadá, exige que todas las ofertas de telefonía móvil incluyan criterios de circularidad, lo que convierte la reparabilidad y el reúso al final de la vida útil en una parte obligatoria de las evaluaciones para licitaciones.	La LGEC establece planes de gestión circular y mecanismos de reconocimiento que pueden respaldar futuros criterios de contratación circular, potencialmente para teléfonos móviles, mientras que algunos municipios han adoptado políticas de compra ecológicas.	Las agencias deben priorizar los dispositivos registrados en EPEAT, pasar a dispositivos móviles no críticos “reacondicionados primero”, así como adoptar modelos de arrendamiento. Existen programas similares a nivel estatal, como la preferencia por la puntuación de reparabilidad en Nueva York.	Genera señales de demanda para dispositivos certificados, reacondicionados o basados en servicios, pero depende de la rigurosidad con la que se especifiquen y apliquen los criterios de circularidad.

Nota: Consulte el Apéndice 1 para obtener una comparación completa de los instrumentos internacionales, nacionales y subnacionales que afectan a la circularidad de los productos electrónicos en América del Norte.



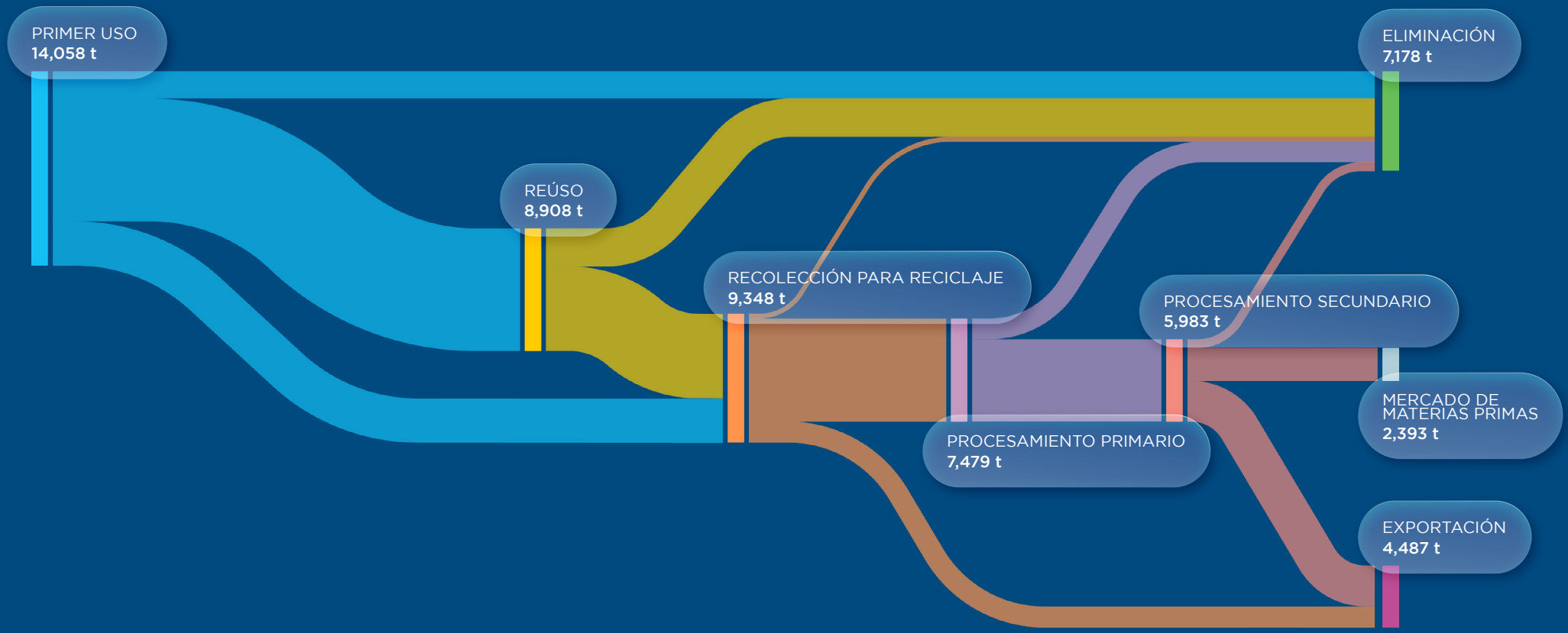
3A. CANADÁ

Los patrones actuales de uso de teléfonos móviles en Canadá se caracterizan por una fuerte tendencia al reúso a través de procesos como la reparación, el reacondicionamiento, la remanufactura, la transferencia y la reventa (el 64 % de los teléfonos se destinan a estos procesos). Sin embargo, una vez que los teléfonos llegan al final de su vida útil, es probable que sólo una pequeña parte (el 17 %) de los materiales del dispositivo llegue a los mercados nacionales (Figura 5). Según las proyecciones de RTI, de mantenerse las condiciones actuales, para el 2040 aproximadamente 180 millones de teléfonos llegarán al final de su vida útil en Canadá, lo que representa una oportunidad sustancial para conservar su valor económico y material al canalizar estos dispositivos hacia procesos de reúso y recuperación.

El panorama político canadiense está evolucionando en todos los niveles de gobierno. Si bien la recolección en la fase final está bien establecida mediante programas provinciales de Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP), gestionados por organizaciones como la Asociación de Reciclaje de Productos Electrónicos (EPRA) (Avance destacado 4), las recientes medidas federales, provinciales y territoriales están comenzando a abordar los derechos de reparación, la protección del consumidor, las adquisiciones y la declaración de materiales. En conjunto, estas medidas sientan las bases para reorientar los incentivos más allá de la recolección y el reciclaje basados en el tonelaje, hacia una mayor vida útil y una retención de valor más rastreable.

FIGURA 5.

MOVIMIENTO PROBABILÍSTICO DE TELÉFONOS MÓVILES (EN TONELADAS) A TRAVÉS DE CANADÁ GENERADO MEDIANTE EL MODELO CHARGE DE RTI INTERNATIONAL



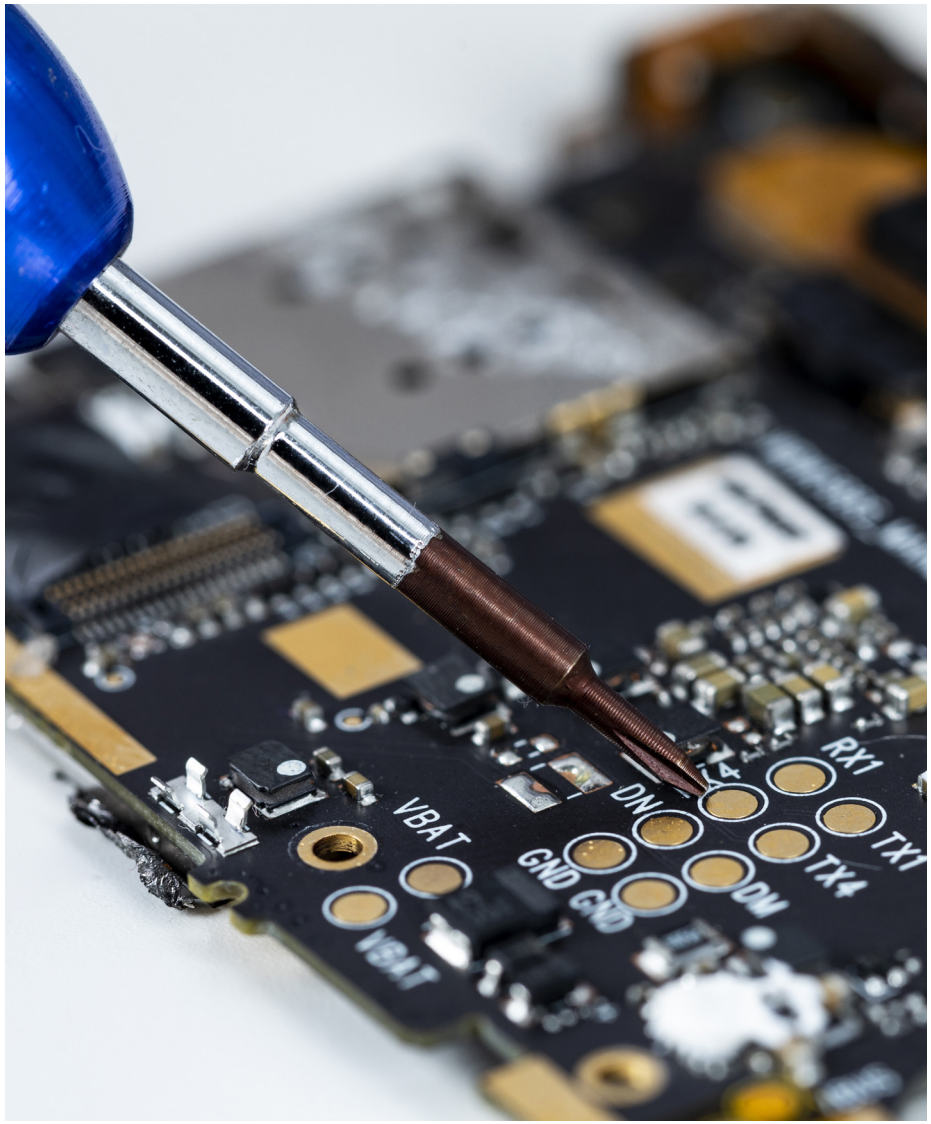
Nota: Ver apéndice 3 para las definiciones.

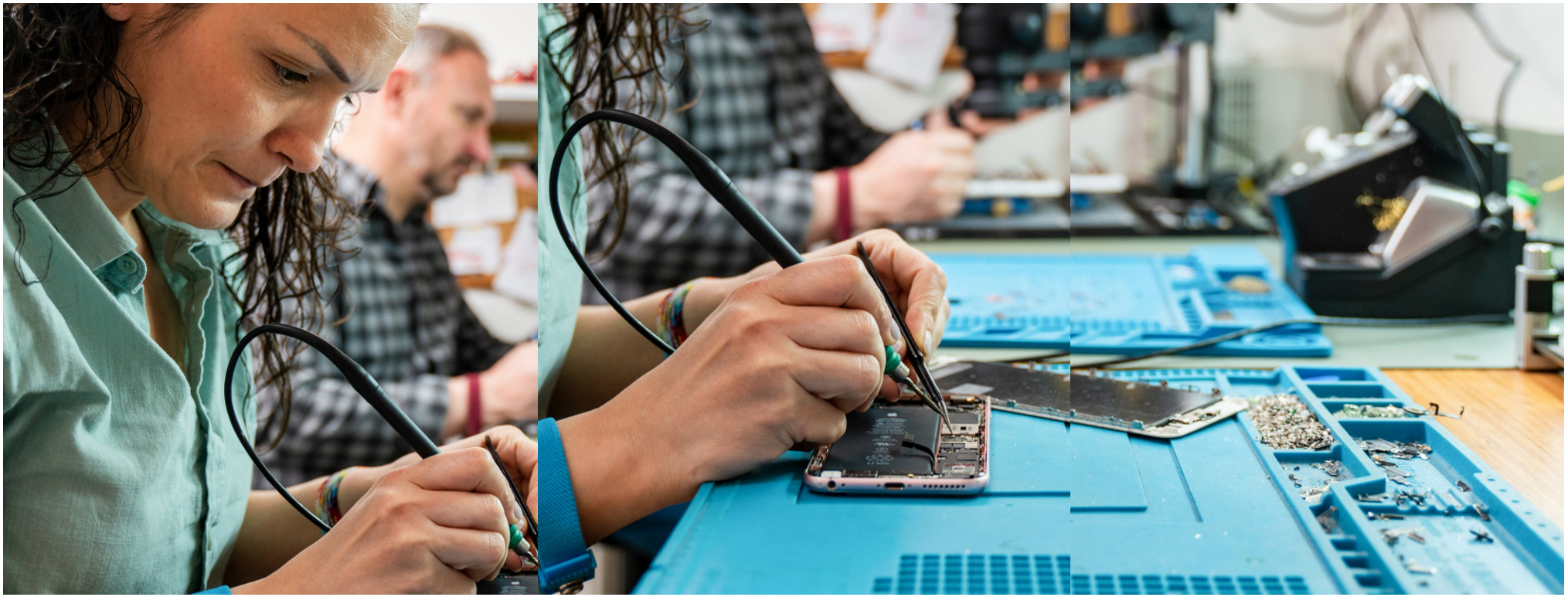
CANADÁ

POLÍTICAS PÚBLICAS VIGENTES CON IMPLICACIONES EN LOS RESULTADOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

- **Las reformas a la Ley de Derechos de Autor (Proyectos de Ley C-244 y C-294):** constituyen dos mecanismos federales distintos que mejoran la capacidad de los canadienses para reparar productos. El Proyecto de Ley C-244 establece una excepción a la Ley de Derechos de Autor que elimina las barreras para las actividades de diagnóstico, mantenimiento y reparación, reduciendo el riesgo legal en torno a la protección tecnológica relacionada con la reparación (Parlamento de Canadá, 2024a). El Proyecto de Ley C-294 aborda la interoperabilidad, apoyando la compatibilidad y la funcionalidad a lo largo de la vida útil de los dispositivos (Parlamento de Canadá, 2024b). Estas reformas fortalecen las condiciones que permiten la reparación independiente o por terceros y la mayor durabilidad de los productos.
- **La legislación de Quebec sobre el derecho a reparar (Proyecto de Ley 29):** modifica la Ley de Protección al Consumidor para prohibir la obsolescencia programada y establecer obligaciones en torno a las piezas y la información de reparación para determinados productos, incluidos los teléfonos móviles (Asamblea Nacional de Quebec, 2023). La cobertura está limitada por la disposición que permite a un comerciante o fabricante eximirse de estas obligaciones si divulga, antes de la venta, los servicios y la información de reparación que no se proporcionarán. Los requisitos más estrictos de información y rastreabilidad de Quebec pueden aumentar la supervisión y la confianza pública, pero podrían elevar los costos de cumplimiento y transacción para los operadores más pequeños.
- **Los compromisos federales de contratación pública ecológica (Política de Adquisiciones Verdes; Estrategia de Gobierno Ecológico):** generan señales de demanda para los equipos informáticos reacondicionados o remanufacturados (Gobierno de Canadá, 2022) y para los dispositivos que cumplen con los estándares de desempeño ambiental (Gobierno de Canadá, s.f.). Estas palancas influyen en las normas de compra y disposición a gran escala, reforzando las expectativas en torno a la certificación, la seguridad de los datos y el manejo posterior, en lugar de exigir cambios de diseño directamente. Canadá también participa (a través de la Secretaría del Consejo del Tesoro de Canadá) en el Pacto de TIC Circulares y Justas, una alianza internacional diseñada para utilizar el poder adquisitivo colectivo e impulsar el mercado de la electrónica más sostenible.
- **Los programas de RAP para productos electrónicos liderados por las provincias y territorios, guiados por el Plan de Acción para la RAP a nivel nacional en Canadá:** están en vigor para teléfonos móviles en todas las provincias y el Yukon,[14] Estos programas definen los productos cubiertos, las normas de notificación, las obligaciones de recolección y las métricas de desempeño, además de financiar el sistema de recolección y reciclaje a través de organizaciones de responsabilidad del productor. Sin embargo, las medidas de cumplimiento basadas en el peso a menudo se centran exclusivamente en el reciclaje (de bajo valor), incentivándolo por encima de estrategias circulares de mayor impacto, como el reúso y el reacondicionamiento. Al mismo tiempo, puede resultar más costoso reciclar y reutilizar dispositivos pequeños que se recolectan, clasifican y redistribuyen fuera de las principales áreas metropolitanas, debido a la gran extensión territorial de Canadá y a la dispersión de su población. Por lo tanto, la actividad de reacondicionamiento y reventa se concentra en torno a los centros urbanos, lo que dificulta el acceso constante a estas actividades circulares en las regiones rurales y del norte.[15]

- **Iniciativas federales para la reducción del uso de teléfonos móviles,** cuyo objetivo es reducir los costos de las telecomunicaciones, buscan disminuir la cantidad de dispositivos móviles proporcionados por el gobierno en toda la administración pública federal (Shared Services Canada, 2026). Si bien no abordan directamente el diseño, el reúso ni la recuperación de productos, la reducción de la demanda de nuevos dispositivos representa el nivel más alto de la jerarquía de retención de valor y puede disminuir los residuos, la contaminación, la dependencia de la producción de dispositivos nuevos y la rotación de dispositivos, al mismo tiempo que se extiende la vida útil de los teléfonos existentes.
- **El Registro Federal de Plásticos y Estrategia Nacional de Canadá para Cero Residuos Plásticos:** exige a los productores de productos electrónicos que informen sobre los flujos de materiales a partir de 2025, lo que fortalece la base de datos federal para la rendición de cuentas en materia de materiales. Esto complementa los esfuerzos más amplios de la estrategia para mejorar la circularidad y la transparencia de los materiales. Una mejor presentación de informes puede contribuir a una mayor transparencia en el enrutamiento y permitir una verificación más rigurosa en las etapas de reúso y procesamiento.
- **La Alianza para la Producción de Minerales Críticos (2025),** liderada por Canadá y que forma parte del Plan de Acción del G7 sobre Minerales Críticos, refleja el creciente interés federal en la seguridad de los materiales y los mercados basados en estándares para los minerales críticos. Los primeros 25 proyectos preseleccionados movilizan CS$6,400 millones canadienses para proyectos de minerales críticos, varios de ellos ubicados en Canadá, con el objetivo de ampliar los insumos de procesamiento con residuos electrónicos y relaves (Recursos Naturales de Canadá, 2025). Si bien no se centra específicamente en la industria telefónica, esta iniciativa podría respaldar los esfuerzos a largo plazo para fortalecer la capacidad nacional de procesamiento y recuperación de minerales críticos, incluyendo el posible uso de fuentes secundarias.





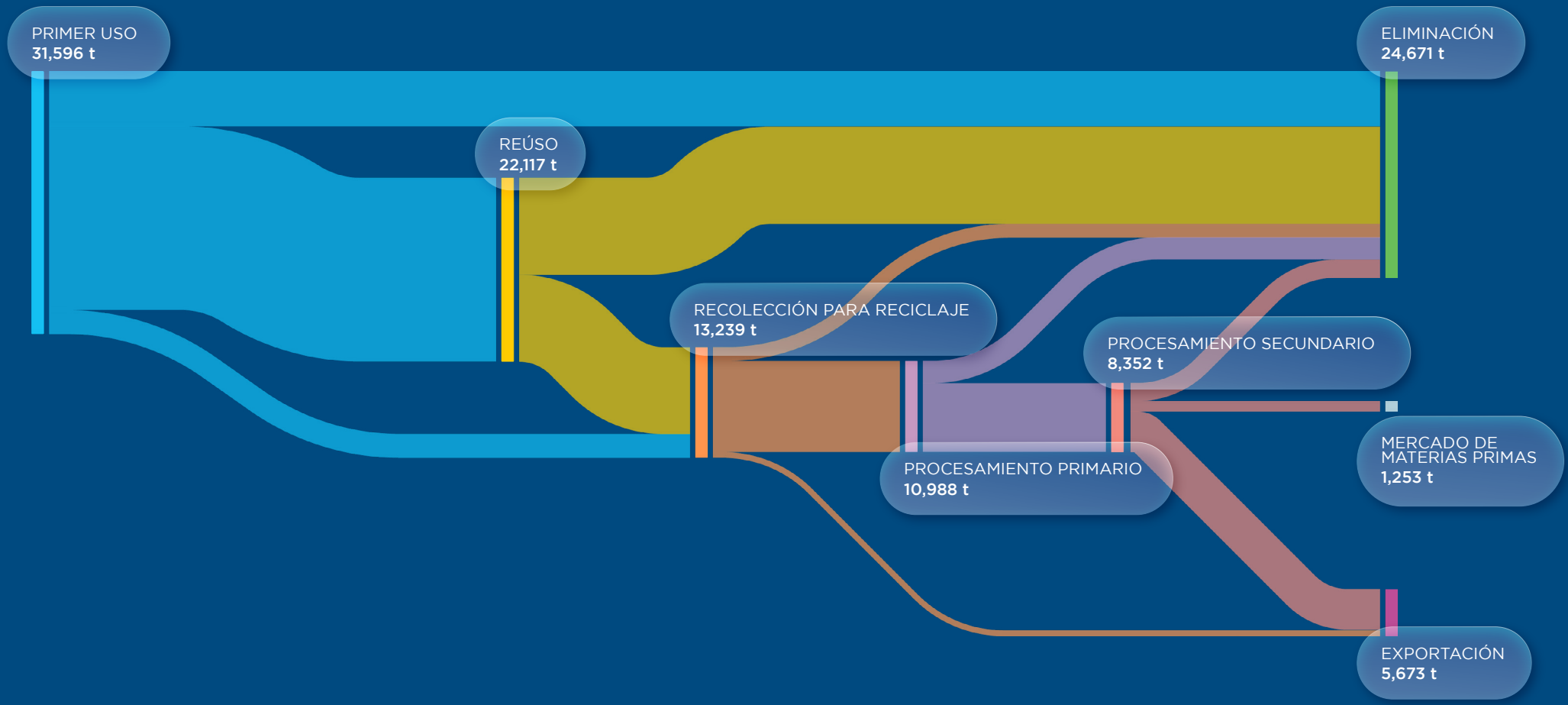
3B. MÉXICO

México tiene la mayor proporción de teléfonos que se reutilizan (70 %) en la región, pero una recolección formal relativamente baja (alrededor del 42 % termina en reciclaje) y una baja recuperación de materiales a nivel nacional (alrededor del 4 %), lo que significa que la mayor parte del material no se conserva en el país (Figura 6). La mayor parte de la reparación, el reacondicionamiento y la reventa se realiza en el sector informal, que presta servicios esenciales para la conservación del valor. Sin embargo, la limitada trazabilidad y supervisión del sector informal puede generar inconsistencias en la gestión del fin de vida útil y la recuperación de materiales. Según las condiciones de referencia de RTI, se proyecta que 410 millones de teléfonos llegarán al final de su vida útil para el 2040.

El panorama político de la economía circular en México ha cambiado con la entrada en vigor de la Ley General de Economía Circular (LGEC) en enero de 2026. La dirección federal es ahora más clara y los municipios siguen desempeñando un papel central en la gestión de residuos sólidos, mientras que un sector informal activo continúa gestionando gran parte de la recuperación de residuos electrónicos. El progreso dependerá de si las medidas federales, respaldadas por mecanismos de cumplimiento e incentivos, se alinean con las instituciones subnacionales y las prácticas de recuperación de materiales sobre el terreno.

FIGURA 6.

MOVIMIENTO PROBABILÍSTICO DE TELÉFONOS MÓVILES (EN TONELADAS) A TRAVÉS DE MÉXICO, GENERADO MEDIANTE EL MODELO CHARGE DE RTI INTERNATIONAL



Nota: Ver apéndice 3 para las definiciones.

MÉXICO

POLÍTICAS PÚBLICAS VIGENTES CON IMPLICACIONES EN LOS RESULTADOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

- **La LGEC (publicada en enero de 2026):** establece un marco nacional de economía circular y convierte la RAP en un instrumento obligatorio que debe implementarse mediante acuerdos sectoriales o específicos para cada producto. En el sector electrónico, su importancia radica en el marco regulatorio que crea para introducir requisitos de reparabilidad, trazabilidad y recuperación verificada a medida que se desarrollan los instrumentos de implementación. La LGEC define la reparabilidad como el acceso a información, piezas, herramientas y opciones de reparación, e identifica la prevención de la obsolescencia del producto como un objetivo para futuros acuerdos de implementación. Si estos acuerdos priorizan la reparación, el reúso y la recuperación verificada junto con los objetivos de recolección, podrían fortalecer la rendición de cuentas y la trazabilidad de los teléfonos al final de su vida útil.
- **La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos:** proporciona la estructura general de gobernanza de residuos para las autoridades federales, estatales y municipales, distinguiendo entre residuos sólidos urbanos, residuos de gestión especial y residuos peligrosos (Agencia Internacional de Energía, 2025b). La integración de los principios de la economía circular mediante reformas recientes puede permitir una mayor alineación entre la gestión de residuos y los objetivos circulares a lo largo del tiempo (incluyendo el convenio de Basilea), aunque las responsabilidades institucionales siguen estando distribuidas.
- **La NOM-161-SEMARNAT-2011 y las normas ambientales relacionadas:** definen los criterios para clasificar los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y otros residuos de gestión especial, así como exigen a los grandes generadores que elaboren y registren planes de gestión de residuos. Productos similares pueden estar sujetos a la supervisión municipal (residuos urbanos), estatal (residuos de gestión especial) o federal (residuos peligrosos). Esto complica el manejo de los aparatos electrónicos al final de su vida útil y, además, crea múltiples puntos de entrada formales al sistema de residuos para estos dispositivos.
- **Los programas subnacionales de recolección y coordinación:** proporcionan canales de captura periódicos y modelos de coordinación para los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Algunos ejemplos son el Reciclatrón de la Ciudad de México y el Sistema Estatal de Economía Circular de Querétaro (Mexico Business News, 2025). Estos programas demuestran experimentación institucional, pero aún no constituyen una red nacional de recolección consistentemente accesible.
- **Recolección e infraestructura:** la infraestructura formal de recolección sigue siendo desigual. Los datos oficiales indican que existen centros de recolección de materiales reciclables en 21 de los 32 estados, por lo que 11 estados no cuentan con ninguno (Semarnat, 2020). Como consecuencia, muchos teléfonos móviles circulan por vías mixtas, tanto municipales como informales.
- **El ecosistema de recuperación informal:** realiza la mayor parte de la recuperación de residuos electrónicos en México mediante el desmantelamiento y la extracción manual de materiales. Esta actividad permite la recuperación de materiales y la generación de ingresos, pero a menudo opera fuera de los controles ambientales estandarizados, los sistemas de trazabilidad y los protocolos de calidad verificados, lo que limita la confianza para la expansión de los mercados secundarios y el reciclaje conforme a las normas. Iniciativas lideradas por la industria, como la Asociación Mexicana de Recicladores de Residuos Electrónicos y el Sello de Economía Circular de la LGEC, señalan los esfuerzos por profesionalizar las prácticas y mejorar la auditabilidad.



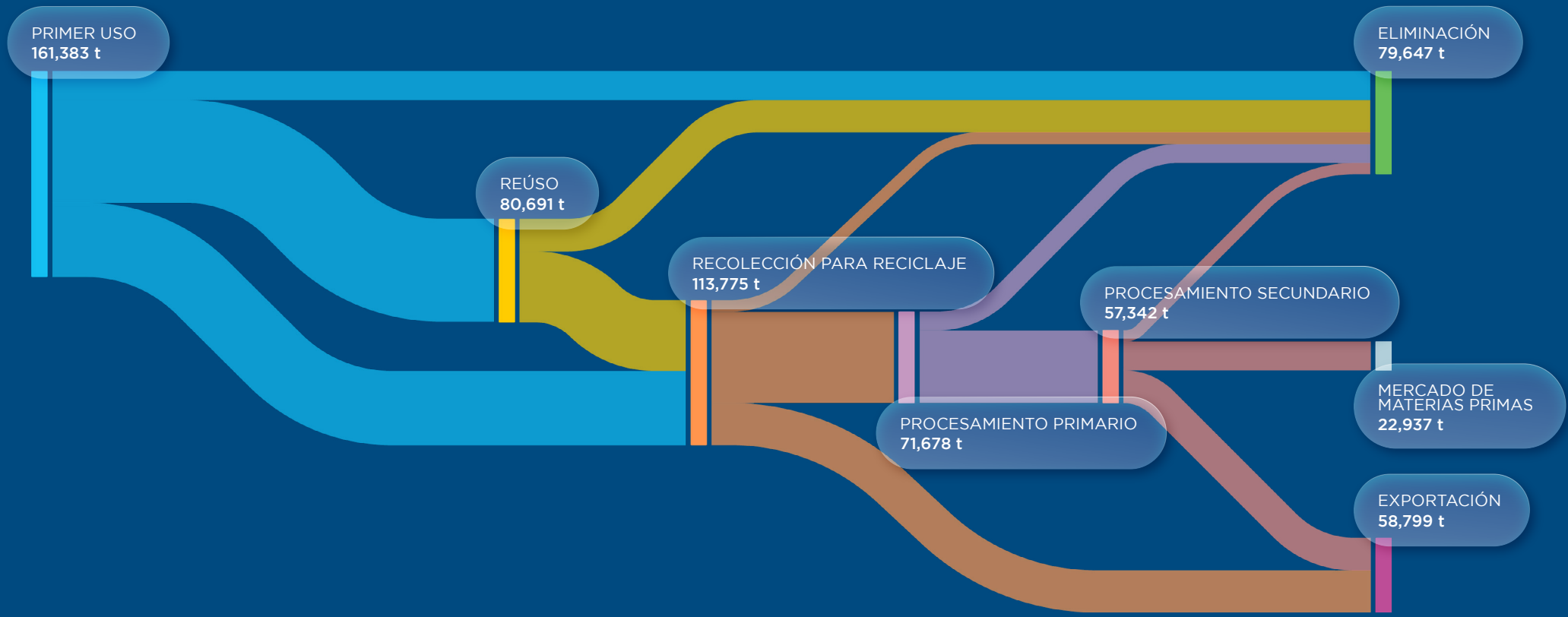
3C. ESTADOS UNIDOS

Según las proyecciones de RTI, Estados Unidos, el mercado de telefonía móvil más grande de América del Norte, tendrá aproximadamente 2,000 millones de teléfonos al final de su vida útil para el 2040. Alrededor de la mitad de los teléfonos móviles ingresan a programas de reúso y el 70 % pasa por recolectores formales, pero sólo alrededor del 14 % de los materiales se conservan en el país (Figura 7). Además, Estados Unidos posee la mayor reserva de teléfonos inteligentes inactivos de la región (aproximadamente 223 millones, reBuy, s.f.), lo que refleja tanto la escala del mercado como las características de su modelo dominante de actualización y financiamiento, que acelera la rotación de dispositivos y deja un valor sustancial de material inactivo y muchos dispositivos fuera de los canales de recolección habituales.

Ante la falta de coordinación federal vinculante, las leyes estatales establecen muchas de las normas operativas para la gestión de dispositivos al final de su vida útil y los canales del sector privado funcionan como la infraestructura de recogida de facto del país. El resultado es un volumen considerable de datos sin una política pública coherente que defina cómo deben enrutarse, verificarse y contabilizarse los dispositivos a lo largo de su ciclo de vida.

FIGURA 7.

MOVIMIENTO PROBABILÍSTICO DE TELÉFONOS MÓVILES (EN TONELADAS) A TRAVÉS DE ESTADOS UNIDOS, GENERADO MEDIANTE EL MODELO CHARGE DE RTI INTERNATIONAL



Nota: Ver apéndice 3 para las definiciones.

ESTADOS UNIDOS

POLÍTICAS PÚBLICAS VIGENTES CON IMPLICACIONES EN LOS RESULTADOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

- **La Estrategia Nacional para la Gestión Responsable de Productos Electrónicos (2011):** establece objetivos para el diseño, la recolección y el manejo responsable de productos electrónicos al final de su vida útil, reduciendo los daños asociados con la exportación de dispositivos que no funcionan. La función práctica de la estrategia es la de infraestructura flexible, un punto de referencia que las agencias, los estados y los programas voluntarios pueden utilizar para armonizar el lenguaje y las definiciones.
- **Las leyes estatales sobre el derecho a reparar,** cuando corresponde, exigen a los OEM que proporcionen piezas, herramientas y documentación para las categorías de dispositivos cubiertas, estableciendo las condiciones para la reparación independiente, el acceso a las piezas y el servicio posventa. La ley de Minnesota abarca ampliamente los dispositivos electrónicos, incluidos los teléfonos móviles, mientras que California, Colorado y Nueva York eximen ciertos tipos de productos o componentes esenciales para la reparación de teléfonos. Cuando las leyes se aplican a los teléfonos móviles, las decisiones de diseño del producto, como la modularidad limitada y el emparejamiento de software, aún pueden dificultar los resultados, por lo que los derechos de acceso no se traducen de manera confiable en reparaciones a gran escala sin requisitos complementarios de diseño ecológico o circular que eleven el nivel básico de desmontaje, durabilidad y soporte a largo plazo. Las obligaciones de los OEM también son desiguales en la práctica, lo que deja a los consumidores y a los reparadores independientes con un acceso limitado a piezas, herramientas y documentación asequibles.
- **Los requisitos federales de adquisición y disposición (Reglamento Federal de Adquisiciones y EPEAT):** son normas federales de compra que orientan a las agencias hacia dispositivos electrónicos que cumplan con criterios ambientales reconocidos (incluido el registro EPEAT). Los requisitos de disposición y las prácticas de las agencias canalizan los dispositivos dados de baja a través de recicladores certificados y proveedores de disposición de activos de TI, lo que estandariza las expectativas en torno al borrado de datos y la cadena de custodia para grandes flotas institucionales, aunque las vías de fin de uso para el consumidor siguen siendo insuficientes.
- **Las iniciativas de suministro de minerales críticos y tierras raras,** lideradas por el Departamento de Energía y complementadas por las inversiones del Departamento de Defensa en cadenas de suministro nacionales, desde la extracción hasta la fabricación de imanes, financian la capacidad nacional de procesamiento y recuperación, incluyendo la recuperación de imanes al final de su vida útil y otras fuentes secundarias. En febrero de 2026, la administración anunció una reserva estratégica de minerales críticos de US$12,000 millones ("Proyecto Vault"), reforzando la prioridad política otorgada a la seguridad de los materiales (Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales, 2026).
- **Marco de Responsabilidad Ampliada del Productor de Baterías de la Agencia de Protección Ambiental (2026):** un borrador de marco que establece los elementos clave para la Responsabilidad Ampliada del Productor de Baterías, incluyendo objetivos de reciclaje, estructuras de costos para el reciclaje obligatorio, requisitos de informes, diseño del producto, modelos de recolección y transporte de los materiales recolectados. Su objetivo es establecer un marco a nivel federal, aunque su impacto en los teléfonos móviles dependerá de su implementación práctica, ya que las normas que rigen la recolección y la presentación de informes se establecen actualmente a nivel estatal.
- **Las leyes estatales de reciclaje de productos electrónicos/ Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP) en 24 estados y el Distrito de Columbia:** establecen requisitos estatales que definen los productos electrónicos cubiertos, los canales de recolección elegibles, las métricas de desempeño y los informes. Algunas leyes cubren los productos electrónicos en general (con algunas exclusiones para teléfonos móviles), otras cubren las baterías integradas, incluidos los teléfonos móviles, y otras son específicas para teléfonos móviles. Estas leyes se traducen en numerosas e inconsistentes vías de gestión al final de la vida útil de los teléfonos móviles y limitan la cantidad de dispositivos que ingresan a la recolección formal y la cantidad de material de alto valor que se recupera.

04



RECOMENDACIONES

04 RECOMENDACIONES

A pesar de las diferencias entre los sistemas de telefonía móvil de los tres países, el modelado y el análisis revelan el mismo patrón subyacente. Se pierde valor cuando el diseño del producto, las vías de recolección, el movimiento transfronterizo, la capacidad de procesamiento y la demanda del mercado final priorizan el reemplazo sobre la retención de valor. Los mayores avances en circularidad se producen cuando las medidas previas a la producción se combinan con una capacidad nacional suficiente para la recuperación de materiales y una demanda predecible de los materiales recuperados.

Las siguientes recomendaciones proponen acciones prácticas para avanzar hacia un escenario ambicioso basado en los resultados modelados y aumentar la circularidad de los teléfonos móviles en América del Norte. Diseñadas para los responsables de la toma de decisiones en el gobierno y las empresas, pueden adaptarse a contextos nacionales y subnacionales, persiguiendo los mismos objetivos: retener más valor, fortalecer la resiliencia de la cadena de suministro, reducir la dependencia de materias primas vírgenes y mitigar la degradación ambiental.

1. DISEÑAR TELÉFONOS MÓVILES PARA UN USO REPETIDO, PROLONGADO Y UNA POSTERIOR SEPARACIÓN

BARRERA

EL DISEÑO ACTUAL Y LOS INCENTIVOS DEL MERCADO PERMITEN QUE ENTREN AL MERCADO PRODUCTOS QUE SON DIFÍCILES DE REUTILIZAR, REPARAR Y RECUPERAR A UN ALTO VALOR

Gobiernos:

- Establecer requisitos de reparabilidad y desmontaje en la normativa de productos, tomando como referencia precedentes como el Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles de la UE, para que los teléfonos puedan utilizarse durante más tiempo y desmontarse sin sufrir daños cuando su reúso ya no sea viable.
- Facilitar el acceso de los consumidores y de terceros a las herramientas de diagnóstico y a la información de reparación, exigiendo a los fabricantes que eliminen las restricciones técnicas y de propiedad intelectual que limitan las reparaciones independientes.
- Establecer períodos mínimos de soporte de software para que los teléfonos sigan siendo funcionales y duraderos durante más tiempo.
- Alinear los incentivos mediante normas de contratación (certificaciones de diseño) y una RAP actualizada (que incluya la modulación de tarifas e incentivos que recompensan los productos diseñados para la reparación, el reacondicionamiento y la recuperación de mayor valor) para que se recompensen los diseños más duraderos por encima de los productos que promueven el reemplazo prematuro.

Empresas:

- Diseñar teléfonos que permitan su mantenimiento y reúso a largo plazo mediante componentes duraderos y modulares, una batería de larga duración, soporte de software a largo plazo y un desmontaje no destructivo.
- Hacer visible la información sobre durabilidad y reparabilidad en el punto de venta.
- Alinear los modelos de actualización y financiación con estrategias comerciales que generen valor a partir de la reparación, el reacondicionamiento y el reúso, en lugar de la venta de dispositivos individuales. En ausencia de incentivos políticos, las empresas pueden adoptar estas medidas para conservar el valor a lo largo de los ciclos de uso y fidelizar a los clientes mediante la fiabilidad.

En Canadá, estas medidas podrían incluirse en futuras reformas federales para las restricciones a la reparación y en los debates sobre la reforma de la Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP); en México, en las disposiciones de la LGEC y en el diseño de los programas emergentes de RAP; en Estados Unidos, en la legislación emergente a nivel estatal sobre el derecho a reparar.

2. REINCORPORAR LOS TELÉFONOS A LA CIRCULACIÓN A TRAVÉS DE CANALES DE RECOLECCIÓN DE CONFIANZA

BARRERA

LOS INCENTIVOS INSUFICIENTES PARA LA DEVOLUCIÓN DE TELÉFONOS Y EL ACCESO LIMITADO A LOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN, ASÍ COMO EL MANEJO DE DATOS NO VERIFICABLE, PROVOCAN QUE LOS TELÉFONOS QUEDEN INACTIVOS, RETRASANDO SU REÚSO Y RECUPERACIÓN DE MATERIALES

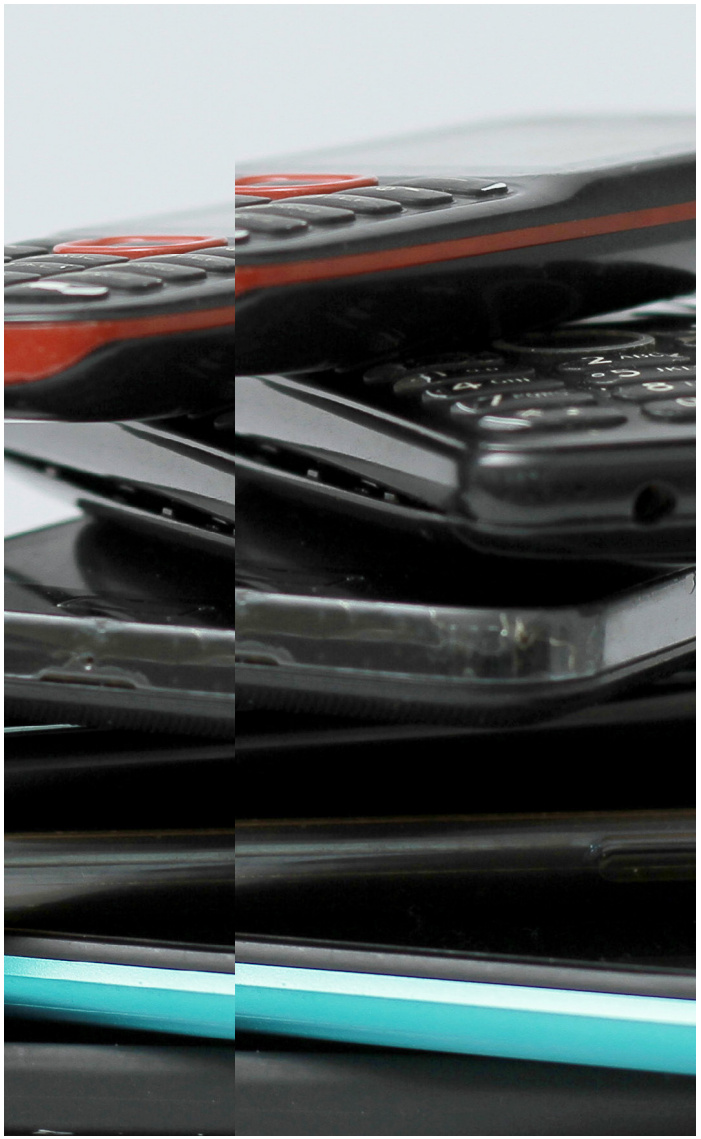
Gobiernos:

- Exigir que se ofrezcan opciones de devolución o recolección equivalentes en los lugares donde la gente actualmente compra, reemplaza o repara sus teléfonos.
- Establecer requisitos claros y verificables para el borrado y el manejo de datos, en consonancia con los estándares reconocidos, para que los teléfonos puedan entrar en el sistema de recolección, reventa y reúso sin riesgo para los consumidores ni para los operadores posteriores.
- Utilizar incentivos y condiciones del programa para aumentar la recolección a través de los canales aprobados en el momento de la actualización o el reemplazo, y evitar que los dispositivos permanezcan almacenados durante períodos prolongados o se eliminen prematuramente.

Empresas:

- Ofrecer un servicio de recolección de teléfonos usados cuando los clientes reemplacen sus dispositivos, incluso al actualizar sus teléfonos.
- Proporcionar información por adelantado sobre la eliminación de datos, el valor del dispositivo y las opciones de devolución.
- Adoptar prácticas de clasificación y pruebas uniformes para que el estado del dispositivo sea verificable en todos los canales de recolección y reventa.
- Conectar los canales de intercambio y devolución con los sistemas de reacondicionamiento y reúso certificados, garantizando la interoperabilidad entre minoristas, transportistas y redes de reacondicionamiento.

En Canadá, estas medidas podrían basarse en los sistemas de recolección provinciales a través de EPRA; en México, en redes de reparación y reventa (formales e informales); en Estados Unidos, en programas de intercambio y actualización liderados por las operadoras en el momento del reemplazo.



3. MEJORAR LA TRAZABILIDAD DE LOS FLUJOS TRANSFRONTERIZOS Y DE USO SECUNDARIO

BARRERA

LA FALTA DE REQUISITOS INTEROPERABLES PARA LA CLASIFICACIÓN, LAS PRUEBAS, LA EVALUACIÓN DEL ESTADO Y LA DOCUMENTACIÓN AUMENTA EL RIESGO DE DESVIAR TELÉFONOS FUNCIONALES DE LAS VÍAS DE REÚSO DE ALTO VALOR.

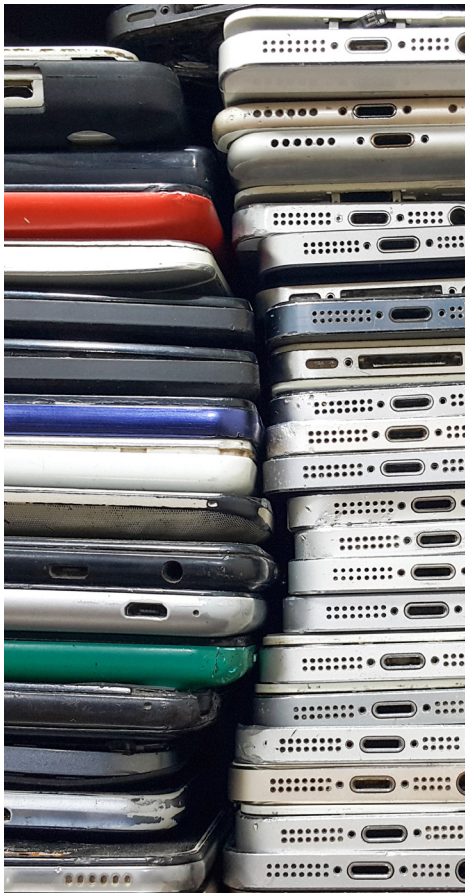
Gobiernos:

- Desarrollar requisitos de documentación interoperables y respaldar prácticas compartidas de prueba y clasificación para teléfonos destinados al reúso, reparación, reacondicionamiento y recuperación, en conformidad con las normas nacionales aplicables y los controles internacionales.
- Exigir pasaportes digitales de productos o registros interoperables equivalentes que permitan que la información relevante acompañe a los teléfonos durante las sucesivas etapas de uso, reparación, reacondicionamiento y recuperación, incluyendo el estado de funcionalidad y reparabilidad, la composición de materiales y componentes, la verificación del borrado de datos y la cadena de custodia.
- Considerar las oportunidades para simplificar la documentación digital y los procesos de cumplimiento normativo para los movimientos transfronterizos legítimos de teléfonos usados, componentes y materiales destinados al reúso o recuperación, manteniendo al mismo tiempo la protección de la salud humana y el medioambiente.

Empresas:

- Adoptar estándares de clasificación compartidos, documentación de la cadena de custodia, datos sobre el estado de los dispositivos y las rutas que siguen después de su uso para que puedan pasar por las vías de reventa, reparación y recuperación de materiales con información verificable adjunta.
- Compartir datos sobre el producto, su estado y las rutas que siguen después de su uso con los operadores al final de la cadena para que estos puedan ser redirigidos eficazmente a programas de reúso y reacondicionamiento en mercados formales e informales.
- Colaborar con los gobiernos nacionales para desarrollar vías más ágiles para el envío de dispositivos funcionales verificados, basadas en pruebas y certificaciones estandarizadas, con el fin de reducir las demoras asociadas a la clasificación de residuos.

En Canadá, estas medidas podrían basarse en los controles alineados con Basilea y en los sistemas de información existentes; en México, en la ampliación de la trazabilidad a través de los mercados de reparación y reventa; en Estados Unidos, en los acuerdos comerciales y las prácticas de documentación existentes para los productos electrónicos usados.





4.

AMPLIAR LA CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO NACIONAL PARA RETENER EL VALOR DENTRO DE LA REGIÓN

BARRERA

LA LIMITADA CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO DE TELÉFONOS MÓVILES AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL CONLLEVA LA EXPORTACIÓN PREMATURA DE MATERIALES RECUPERABLES Y LA PÉRDIDA DE SU VALOR ASOCIADO EN LA REGIÓN

Gobiernos:

- Utilizar instrumentos de inversión pública para ampliar las actividades de desmantelamiento, clasificación y otros procesos de tratamiento primario en centros de reciclaje de teléfonos al final de su vida útil.
- Vincular la financiación y los permisos a resultados de separación que preserven las piezas reutilizables y recuperen componentes como placas de circuitos impresos y baterías, según un estándar adecuado para su reúso doméstico o procesamiento secundario.
- Garantizar que las actividades de desmantelamiento y almacenamiento se realicen bajo medidas de protección ambiental, incluyendo la prevención de incendios, la reducción de la contaminación y la manipulación segura de materiales peligrosos.

Empresas:

- Invertir en capacidad de desmantelamiento, clasificación y separación alineada con el diseño del producto, la disponibilidad de materiales para procesamiento y la capacidad procesamiento y refinación al final de la cadena.
- Establecer vías coordinadas para la gestión de las piezas y materiales recuperados, incluyendo acuerdos con empresas de reacondicionamiento, procesadores y compradores al final de la cadena, de modo que los productos recuperados se utilicen en lugar de exportarse o almacenarse.

En Canadá, estas medidas podrían centrarse en ampliar la capacidad de procesamiento para la recuperación de teléfonos al final de su vida útil que tengan mayor valor; en México, en la implementación de Planes de Gestión Circular bajo la LGEC, para canalizar los dispositivos hacia el procesamiento nacional; en Estados Unidos, en alinear la capacidad de procesamiento con la demanda industrial existente de materiales recuperados.

5. CREAR UNA DEMANDA ESTABLE DE MATERIALES RECUPERADOS PARA RESPALDAR LA INVERSIÓN

BARRERA

LA INVERSIÓN EN SISTEMAS DE RECUPERACIÓN ES LIMITADA, DEBIDO A LA FALTA DE CERTEZA Y PREVISIBILIDAD EN LA DEMANDA DE MATERIALES RECUPERADOS

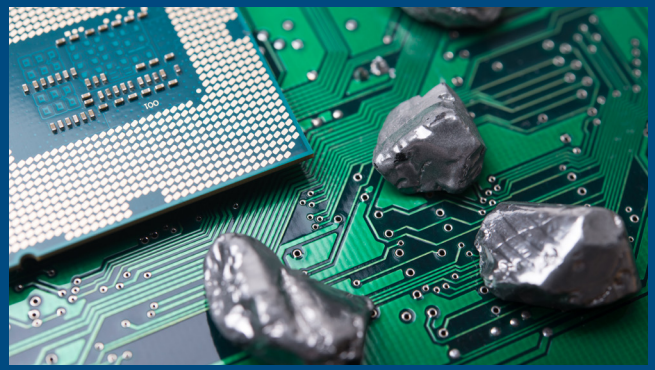
Gobiernos:

- Utilizar la contratación pública, especialmente para flotas gubernamentales de TI y fabricación financiada públicamente, para estimular la demanda de materiales recuperados de teléfonos móviles, especialmente de minerales críticos utilizados en las cadenas de suministro de electrónicos y baterías.
- Dirigir la financiación pública y el apoyo a la fabricación hacia los materiales recuperados que cumplan con los umbrales de costo y rendimiento, de modo que la inversión reduzca la dependencia de las materias primas vírgenes.
- Establecer requisitos o incentivos específicos para el uso de materiales recuperados en la fase de diseño, fabricación y adquisición del producto, siempre que sea factible, especialmente en el caso de minerales críticos, garantizando al mismo tiempo que el reúso y la reparación sigan siendo preferibles cuando los productos y las piezas puedan permanecer en circulación.

Empresas:

- Establecer compromisos de compra a largo plazo que especifiquen volúmenes y calidad, proporcionando a los procesadores y refinadores una demanda predecible y una mayor certeza para invertir en capacidad de recuperación.
- Definir y publicar especificaciones técnicas que identifiquen dónde se pueden incorporar los metales y componentes recuperados a los productos, incluyendo criterios de clasificación claros que permitan a los procesadores invertir en tecnologías de clasificación y refinación adecuadas.
- Colaborar con los procesadores y proveedores para alinear la calidad y los volúmenes de los materiales con las necesidades de fabricación al final de la cadena, incluso mediante asociaciones público-privadas que mejoren la alineación entre la oferta y la demanda.
- Cuando sea posible, abastecerse de proveedores que cumplan con normas reconocidas para la recuperación y el reciclaje responsables de productos electrónicos (por ejemplo, R2 y e-Stewards).

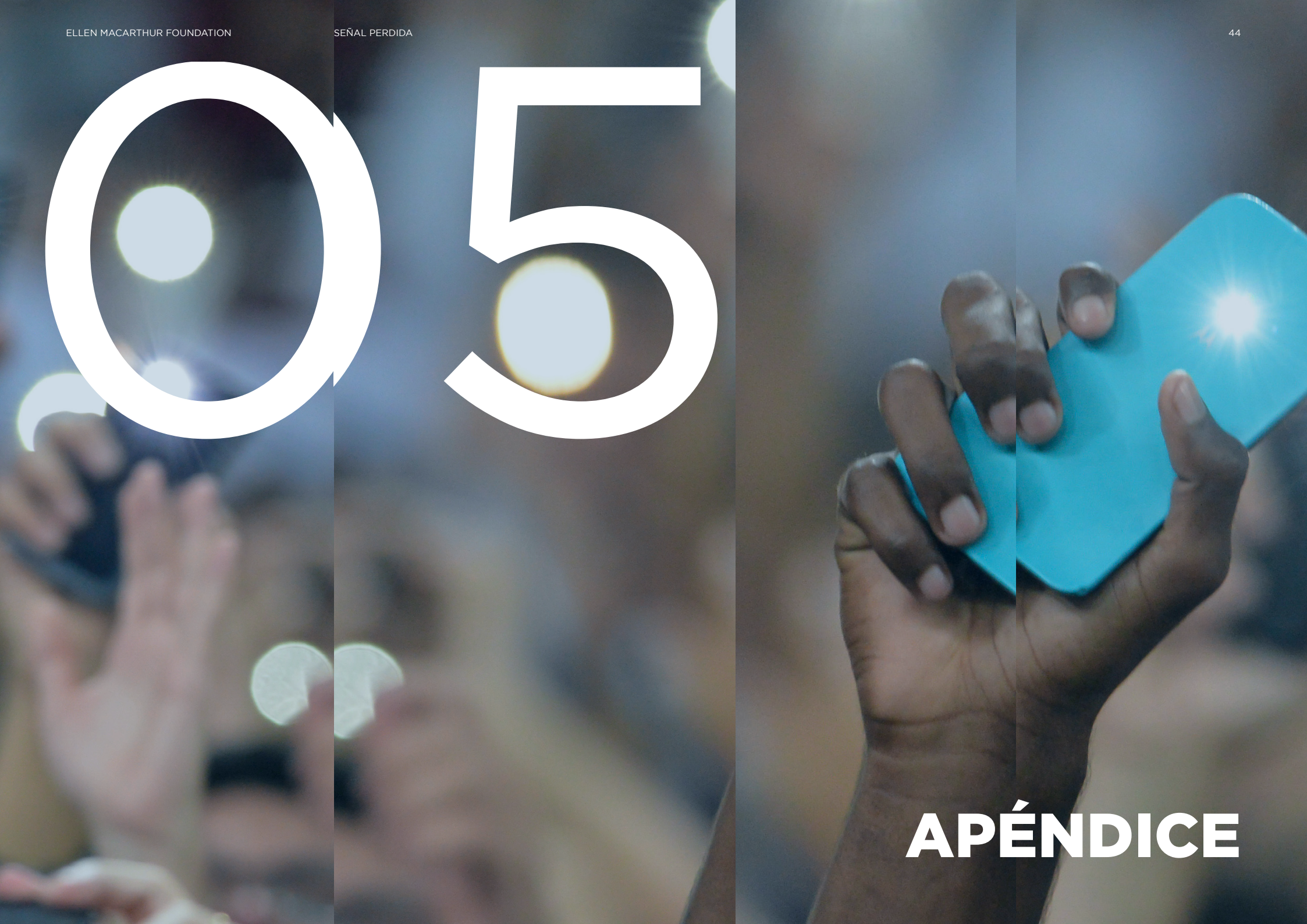
En Canadá, estas medidas podrían vincularse con las compras federales, provinciales y territoriales; en México, con los Planes de Gestión Circular que afectan los flujos de materiales; en Estados Unidos, con los minerales críticos y las políticas de fabricación avanzada que afectan la demanda de materiales.



En cierta medida, América del Norte ya funciona como una economía única para la producción y el comercio de productos electrónicos. Los teléfonos móviles se ensamblan mediante operaciones que atraviesan fronteras, y sus piezas y componentes circulan por cadenas de suministro compartidas. Lo que aún está poco desarrollado es el flujo inverso: cómo se reincorporan los teléfonos, las piezas y los materiales al suministro nacional tras su uso. En las condiciones actuales, demasiados dispositivos quedan inactivos, se exportan sin generar valor para las cadenas de suministro nacionales o no llegan a procesadores con la escala y la calidad necesarias para la recuperación de materiales de alto valor. La cooperación regional, mediante acciones gubernamentales y empresariales, podría proporcionar la certeza y la escala necesarias en materia prima para la inversión y reducir la dependencia del procesamiento que depende de las exportaciones. Con una recolección, un procesamiento y una demanda del mercado final constantes, los residuos electrónicos subutilizados pueden convertirse en una fuente fiable para el reacondicionamiento y en materiales secundarios para la fabricación.

Sin embargo, los mayores beneficios para la economía y el medioambiente sólo se pueden lograr manteniendo los teléfonos y componentes en uso durante más tiempo mediante un diseño más duradero, la reparación, el reúso y el reacondicionamiento antes de que sea necesaria la recuperación de materiales. En un escenario ambicioso de acciones específicas, incluidas las descritas en las recomendaciones, América del Norte puede devolver aproximadamente US$2,200 millones en minerales críticos recuperables al suministro regional para el 2040 y reducir los impactos ambientales y comunitarios de un sistema con altas pérdidas.

05



APÉNDICE

APÉNDICE 1. TABLA DE POLÍTICAS RELATIVAS A LA CIRCULARIDAD DE LOS TELÉFONOS MÓVILES EN AMÉRICA DEL NORTE

POLÍTICAS INTERNACIONALES EN AMÉRICA DEL NORTE QUE AFECTAN A LOS TELÉFONOS MÓVILES

MECANISMO DE POLÍTICA	DEFINICIÓN GENERAL	CANADÁ	MÉXICO	ESTADOS UNIDOS
Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (que sustituyó al Tratado de Libre Comercio de América del Norte)	Un marco comercial regional que permite la circulación de bienes y materiales secundarios entre Canadá, México y Estados Unidos.	Es parte	Es parte	Es parte
Convenio de Basilea	Tratado internacional que regula los movimientos transfronterizos de residuos electrónicos. No se aplica a los teléfonos móviles que se comercializan para su reparación, reúso o reacondicionamiento.	Es parte	Es parte	No es parte
Convención de Estocolmo	Se centra en la eliminación de contaminantes orgánicos persistentes, incluidos ciertos retardantes de llama presentes en los plásticos utilizados en los teléfonos móviles.	Es parte	Es parte	No es parte

POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONALES Y SUBNACIONALES EN AMÉRICA DEL NORTE QUE AFECTAN A LOS TELÉFONOS MÓVILES

MECANISMO DE POLÍTICA PÚBLICA	DEFINICIÓN GENERAL	CANADÁ	MÉXICO	ESTADOS UNIDOS
Política fundamental y base legal	Ley federal que proporciona la base legal para los controles relacionados con sustancias o residuos.	La Ley Canadiense de Protección Ambiental establece la base federal para el control de las sustancias tóxicas presentes en los teléfonos móviles y el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. El Plan de Acción Nacional para la Responsabilidad Ampliada del Medio Ambiente (CAP-EPR, por sus siglas en inglés) coordina las normas provinciales de gestión ambiental.	La LGEC, adoptada en 2026, establece un marco nacional obligatorio para la política de economía circular y los ciclos de vida de los productos, creando una vía para acuerdos de implementación específicos por sector y producto que posteriormente podrían aplicarse a la electrónica, incluidos los teléfonos móviles.	La Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act*) es la principal autoridad federal en materia de residuos peligrosos, y proporciona el marco para que los estados establezcan requisitos específicos para el manejo de residuos electrónicos y baterías.
Prohibiciones de vertederos	Prohibición legal de desechar determinados dispositivos electrónicos en vertederos municipales de residuos sólidos. Esta prohibición está siendo cada vez más sustituida o integrada en marcos de Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP) más completos que abarcan todo el ciclo de vida del producto.	Aunque no es explícito, la normativa provincial sobre residuos crea una prohibición de facto al hacer ilegal la aceptación por parte de las empresas de recolección de residuos de aparatos electrónicos cubiertos por programas obligatorios de Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP).	La LGEC introduce un mandato nacional progresivo de reconversión que exige que todos los vertederos eliminen gradualmente la aceptación de materiales “valorizables” en un plazo de implementación de 5 años.	Veintitrés estados y el Distrito de Columbia han promulgado prohibiciones legales explícitas contra la eliminación de aparatos electrónicos o baterías de iones de litio en vertederos municipales. (CA, CO, CT, DC, HI, IL, IN, ME, MD, MI, MN, NC, NH, NJ, NY, OR, PA, RI, SC, VT, WA, WI, WV, WY, +DC)
Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP)	Estos programas exigen que los fabricantes financien o gestionen el final de la vida útil de los residuos electrónicos.	El CAP-EPR, adoptado en 2009, proporciona un marco integral para los programas de RAP. El sistema provincial de RAP está en vigor para los teléfonos móviles en todas las provincias y se completó cuando Saskatchewan añadió los teléfonos celulares a la lista de productos cubiertos en 2025. Yukón se convirtió en el primer territorio en contar con un programa RAP en 2024. Los programas son gestionados por organizaciones de responsabilidad del productor lideradas por la industria. La cobertura, los indicadores y la financiación varían según la provincia.	La LGEC exige un sistema federal de RAP basado en la responsabilidad compartida, que se implementará a través de acuerdos sectoriales o de producto de Semarnat (el alcance de la electrónica está pendiente). Requiere que los productores se registren e implementen “Planes de Gestión Circular” a lo largo del ciclo de vida, con la participación de los consumidores y el gobierno. El Reciclatrón de la Ciudad de México y el Sistema de Economía Circular de Querétaro son ejemplos de iniciativas municipales a la vanguardia, pero programas similares podrían implementarse a nivel nacional.	El sistema RAP a nivel estatal está vigente en 24 estados, además del Distrito de Columbia. Los productos cubiertos, los criterios de recopilación y la financiación varían considerablemente según el estado. Algunas leyes abarcan los dispositivos electrónicos en general (y sólo la ley de Texas excluye los teléfonos móviles), otras cubren las baterías integradas, incluidos los teléfonos móviles, y otras son específicas para los teléfonos móviles. (CA, CO, CT, DC, HI, IL, IN, ME, MD, MI, MN, MO, NC, NJ, NV, NY, OK, OR, PA, RI, SC, UT, VT, WA, WI, WV, +DC)

POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONALES Y SUBNACIONALES EN AMÉRICA DEL NORTE QUE AFECTAN A LOS TELÉFONOS MÓVILES (continuación)

Derecho digital a reparar (R2R)	Las leyes exigen que los fabricantes proporcionen piezas, herramientas y documentación a los talleres de reparación independientes y a los consumidores.	Las enmiendas federales a la Ley de Derechos de Autor han allanado el camino legal para la reparación al eliminar la infracción de derechos de autor como obstáculo que impedía a los consumidores realizar reparaciones. El proyecto de ley 29 de Quebec protege a los consumidores de la obsolescencia programada y promueve la durabilidad y la reparación.	No existe ningún mandato federal de R2R; sin embargo, la LGEC de 2026 fomenta la reparabilidad como parte de los "Planes de Gestión Circular" obligatorios para los productores, así como el artículo 28 de la Ley de Economía Circular de la Ciudad de México, que establece la preferencia por la reparación frente a la sustitución del producto.	Siete estados cuentan con leyes vigentes sobre el derecho a reparar productos electrónicos de consumo, incluidos los teléfonos móviles. Los proyectos de ley recientes se centran en prohibir la recombinación de piezas para garantizar que los talleres independientes puedan utilizar componentes que no sean del fabricante original sin bloqueos de software. (CA, CO, CT, MN, NY, OR, WA)
Preferencia de Adquisición	Políticas gubernamentales que exigen o fomentan la compra de productos que cumplen con los criterios de circularidad (por ejemplo, EPEAT, reacondicionados, PaaS).	La Estrategia Federal de Desarrollo Sostenible 2022-2026, a través de Servicios Públicos y Adquisiciones de Canadá, exige que todas las ofertas de telefonía móvil incluyan criterios de circularidad, lo que convierte la reparabilidad y la reutilización al final de su vida útil en una parte obligatoria de las evaluaciones de las ofertas. Los gobiernos provinciales también impulsan la demanda del mercado (a menudo mediante el programa EPEAT o equivalente). (Columbia Británica, Nueva Escocia, Ontario, Quebec)	La LGEC establece planes de gestión circular y mecanismos de reconocimiento que podrían servir de base para los criterios de contratación pública a medida que se implementan políticas de economía circular, potencialmente para teléfonos móviles. También existen algunas políticas de compras ecológicas a nivel municipal.	Exige que las agencias prioricen los dispositivos registrados en EPEAT, así como dar preferencia a los dispositivos reacondicionados para usos no críticos y la adopción de modelos de arrendamiento de dispositivos. Existen programas similares a nivel estatal para teléfonos móviles en al menos 7 estados, incluyendo la preferencia por la puntuación de reparabilidad en Nueva York. (CA, CO, MA, MN, NY, OR, WA)

POLÍTICAS PÚBLICAS ADOPTADAS EN EUROPA

REGIÓN/POLÍTICA	ADOPCIÓN OFICIAL	MECANISMO	APLICABILIDAD EN AMÉRICA DEL NORTE (IMPACTO EXTRATERRITORIAL)
Reglamento de la UE sobre baterías 2023/1542	2023	Establece requisitos vinculantes sobre el rendimiento, la durabilidad, el contenido reciclado y la debida diligencia en la cadena de suministro de las baterías, junto con la introducción gradual de pasaportes digitales de productos que contienen información sobre sostenibilidad y circularidad.	Se aplica a las baterías comercializadas en el mercado de la UE, incluidas las de los dispositivos importados, y exige a los productores de América del Norte que cumplan con las normas de la UE en materia de rendimiento, información y trazabilidad al exportar.
Ecodiseño de la UE 2023/1670 *Sustituido por el Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles (ESPR, por sus siglas en inglés)*	2023	Exige que los teléfonos inteligentes cumplan con estándares a partir de 2025 como, por ejemplo, más de 800 ciclos de batería y 5 años de actualizaciones del sistema operativo. Es un precursor directo del marco ESPR.	Establece una base de referencia circular a nivel mundial y puede impulsar a los fabricantes a adoptar los estándares de durabilidad de la UE como base de producción de facto para el mercado de América del Norte.
2024/1781 Capítulo III Pasaporte Digital de Producto (DPP, por sus siglas en inglés) *Parte del programa ESPR de la UE*	2024	Crea un registro digital de producto que contiene datos estandarizados del ciclo de vida para los grupos de productos incluidos en el marco del ESPR, cuya implementación comienza con las baterías y se amplía progresivamente mediante actos delegados. Actualmente, el DPP no está previsto para los aparatos eléctricos y electrónicos de consumo. La Comisión Europea ha indicado que los productos que actualmente figuran en la base de datos del Registro Europeo de Productos para el Etiquetado Energético no serán una prioridad para el DPP.	Proporciona infraestructura de datos y es probable que influya en el seguimiento de la cadena de suministro en América del Norte. Sin embargo, hasta que se definan los requisitos de información específicos para cada sector de productos en un acto delegado, no habrá un DPP para estos productos y no se pondrá a disposición nueva información.
Reglamento de la UE sobre el etiquetado energético 2023/1669	2023	Armoniza la transparencia en el punto de venta al exigir puntuaciones estandarizadas de reparabilidad y fiabilidad en toda la UE a partir de 2025, simplificando posteriormente los índices nacionales.	Proporciona una metodología unificada para la evaluación comparativa del rendimiento, lo que permite a los principales actores de América del Norte realizar un seguimiento del valor del producto utilizando una métrica coherente y verificada por terceros.
Directiva de la UE sobre el derecho a reparar 2024/1799	2024	Prohíbe los obstáculos de software, como el emparejamiento de piezas, y exige el acceso a reparaciones posteriores al período de garantía, a partir de julio de 2026.	Establece un precedente normativo para las leyes estatales de Estados Unidos y las políticas federales canadienses en materia de acceso a reparaciones y emparejamiento de piezas.
Índice francés de reparabilidad y durabilidad *Parte de la ley francesa contra el desperdicio para una economía circular*	2020	Se estableció una puntuación de reparabilidad del 1 al 10 para los teléfonos inteligentes a partir de 2021, con el fin de mejorar la reparabilidad y hacer frente a la obsolescencia programada. Desde 2025, los teléfonos inteligentes están sujetos a los requisitos armonizados de la UE en materia de diseño ecológico y etiquetado energético.	Obliga a las marcas globales que comercializan teléfonos inteligentes en la UE a divulgar datos sobre su reparabilidad, lo que proporciona una señal de mercado que potencialmente agiliza la documentación del diseño circular y las cadenas de valor de los productos en otros mercados (Avance destacado 3).

APÉNDICE 2. *METODOLOGÍA DE RECURSOS CRÍTICOS Y AVANZADOS DE ALTO VALOR PROCEDENTES DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS VERDES (CHARGE)*

CHARGE es un marco de modelado del ciclo de vida diseñado para estimar cuándo los productos de energía limpia llegan al final de su vida útil, adónde van tras su uso y cuánto material valioso se puede recuperar. Se desarrolló para abordar una carencia práctica en la planificación: el rápido crecimiento de las baterías y otras tecnologías de energía limpia está generando una futura oleada de residuos electrónicos, pero los gobiernos, los inversores y la industria a menudo carecen de una forma clara de predecir el momento, las cantidades y el potencial de recuperación.

A grandes rasgos, CHARGE realiza un seguimiento de los productos desde su entrada en el mercado hasta su primer uso, su posible reúso y, finalmente, su ciclo de vida, incluyendo la recogida para reciclaje, el procesamiento, la recuperación de materias primas, la exportación o la eliminación. En lugar de asumir que todos los productos fallan a la misma edad fija o siguen una única trayectoria lineal, el modelo considera la vida útil de los productos y las decisiones posteriores a su uso como inciertas y probabilísticas. Esto permite al modelo reflejar mejor la variación real en la durabilidad de los productos, su reúso, la eficiencia de la recolección, los resultados del procesamiento y la posibilidad de que los materiales abandonen el sistema nacional para su tratamiento o recuperación en otros países.

Una característica fundamental de CHARGE es que utiliza una cadena de Markov absorbente para representar el movimiento de productos y materiales a través del sistema a lo largo del tiempo. En este marco, cada etapa del ciclo de vida se representa como un estado y los productos transitan entre estados según probabilidades definidas. La característica de “absorción” es importante porque algunos destinos son terminales: una vez que el material llega a ellos, no vuelve a entrar en el sistema doméstico modelado. En CHARGE, estos destinos absorbentes incluyen la recuperación, la eliminación y la exportación de materias primas. Esta estructura es idónea para los sistemas de gestión de residuos de energía limpia, ya que captura tanto la progresión gradual de los materiales a lo largo de la cadena como el hecho de que algunos resultados son puntos finales permanentes.

Dentro de esta estructura, los productos pasan por etapas como primer uso, reúso, recolección de reciclaje, procesamiento primario y procesamiento secundario antes de llegar a uno de los destinos de absorción. La exportación se considera un destino de absorción al que se puede acceder desde las etapas de recolección para reciclaje, procesamiento primario y procesamiento secundario. Esto es especialmente importante en entornos donde parte de la recolección o el procesamiento inicial se realiza a nivel nacional, pero el refinamiento posterior, la recuperación de materiales o el tratamiento final se llevan a cabo en el extranjero. Al representar explícitamente la exportación, CHARGE puede distinguir entre el material que contribuye a la circularidad nacional y el material que sale del sistema local.

El modelo combina tres elementos principales. Primero, utiliza distribuciones de Weibull para estimar cuándo los productos dejan de estar en servicio, reflejando la probabilidad decreciente de que los teléfonos inteligentes permanezcan en uso con el tiempo. Segundo, utiliza el marco de cadena de Markov absorbente para simular cómo esos productos se mueven a través de los estados de reúso, recolección, procesamiento, exportación, recuperación y eliminación a lo largo del tiempo. Tercero, aplica supuestos sobre el contenido y la recuperación de los materiales para que los flujos de productos puedan traducirse en estimaciones de litio, cobalto, níquel, grafito, cobre, aluminio y otros materiales recuperables.

El resultado es una herramienta prospectiva que genera estimaciones temporales de la generación de residuos electrónicos, los volúmenes de reúso, los flujos de recolección y procesamiento, los volúmenes de exportación, los volúmenes de eliminación y los minerales críticos recuperables. Dado que el modelo se basa en escenarios, CHARGE también puede analizar cómo cambian los resultados bajo diferentes políticas públicas o condiciones de mercado. Por ejemplo, puede mostrar cómo sistemas de recolección más robustos, un mayor reúso, un procesamiento nacional ampliado o una menor dependencia de las exportaciones podrían reducir la eliminación y aumentar la recuperación de materiales a nivel nacional y la generación de valor.

En la práctica, CHARGE está diseñado para respaldar la toma de decisiones estratégicas. Para los gobiernos, puede servir de base para la planificación de la economía circular, los sistemas de responsabilidad del productor, las estrategias de procesamiento interno y las necesidades de infraestructura. Para los donantes y socios de desarrollo, puede ayudar a identificar dónde la inversión en sistemas de recolección, reúso, procesamiento o comercio puede generar el mayor beneficio. Para los actores del sector privado, puede respaldar la planificación en torno a la logística inversa, la capacidad de procesamiento, la dependencia de las exportaciones y la disponibilidad futura de materias primas.

APÉNDICE 3. DEFINICIONES

Nota aclaratoria: *estas definiciones tienen como finalidad facilitar la interpretación de esta investigación y no representan definiciones oficiales respaldadas. Los términos específicos utilizados en el modelo que sustentan este informe se explican en el Apéndice 2 sobre la metodología.*

América del Norte: Canadá, los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América.

Avance destacado: una actividad específica (por ejemplo, regulación, estándar, compromiso) que muestra la oportunidad más prometedora con potencial para generar un impacto a gran escala. A menudo se basa en esfuerzos y mejores prácticas existentes y su escalabilidad se evidencia mediante su implementación más allá de la fase piloto y la creación de efectos en cascada.

Derecho a reparar: un marco jurídico establecido que refuerza la capacidad de los consumidores para reparar productos en lugar de reemplazarlos, mejorando el acceso a servicios de reparación, repuestos, información y condiciones de reparación justas, con el objetivo de prolongar la vida útil de los productos y reducir los residuos.

Diseño circular: un enfoque de diseño de productos que integra durabilidad, mantenimiento, reparabilidad, capacidad de actualización, desmontaje y reciclabilidad desde el principio, de modo que los productos, componentes y materiales puedan mantenerse en uso con su máximo valor durante el mayor tiempo posible.

Diseño modular: un enfoque de diseño en el que los productos electrónicos se estructuran de manera que los componentes clave, como baterías, pantallas, cámaras o procesadores, se puedan extraer, reemplazar, actualizar o reparar de forma independiente sin desechar el dispositivo completo, lo que permite una mayor vida útil del producto y una mayor retención de su valor.

Diseño para el desmontaje: un enfoque de diseño que permite desmontar los productos de forma fácil y sistemática al final de su vida útil, de modo que los componentes y materiales puedan repararse, reutilizarse, remanufacturarse o reciclarse.

Diseño para la longevidad: diseñar productos para que sigan siendo funcionales y útiles durante el mayor tiempo posible gracias a su durabilidad, facilidad de mantenimiento, reparabilidad y adaptabilidad, con el fin de maximizar su valor a lo largo de su vida útil y minimizar los residuos.

Dispositivos robustos y empresariales: dispositivos electrónicos diseñados para soportar entornos exigentes y un uso intensivo en entornos empresariales o industriales. Los dispositivos robustos están diseñados para una mayor durabilidad (por ejemplo, resistencia a caídas, polvo, agua o temperaturas extremas), mientras que los dispositivos empresariales están configurados para uso organizacional con mayor seguridad, capacidad de gestión y soporte a largo plazo.

Durabilidad: la capacidad de un producto para resistir el desgaste, la presión o los daños, y seguir siendo funcional y reparable durante un período prolongado de uso, lo que contribuye a una mayor vida útil del producto.

Electrónica de consumo: dispositivos electrónicos vendidos directamente a particulares para uso personal, como teléfonos móviles, ordenadores portátiles y tabletas, que suelen caracterizarse por una corta vida útil y un importante valor añadido en sus componentes.

Emparejamiento de piezas: práctica del fabricante que vincula piezas de repuesto específicas a un dispositivo individual mediante software, utilizando números de serie únicos. Si se reemplaza una pieza emparejada, el dispositivo puede rechazarla o limitar su funcionalidad a menos que el fabricante la autorice digitalmente. Esta práctica puede restringir la autorreparación independiente, ya que impide que las piezas de repuesto funcionen correctamente sin la aprobación del fabricante.

Enrutamiento: proceso mediante el cual los dispositivos se dirigen a rutas específicas después de su recogida, reventa, clasificación o procesamiento, en función del estado del dispositivo, la infraestructura disponible, los registros de verificación y los incentivos económicos.

Estrategias de prolongación de la vida útil: estrategias que extienden la vida útil de los productos manteniéndolos en uso durante más tiempo mediante la durabilidad, el mantenimiento, la reparación, el reúso y el reacondicionamiento.

Exportación: productos como dispositivos electrónicos, piezas, componentes, materiales y fracciones procesadas que se han producido o vendido en un país y se transportan a otro país para su venta, uso, procesamiento o eliminación.

Extracción virgen y producción primaria: extracción y procesamiento de minerales de depósitos naturales, incluyendo minería, concentración, fundición y refinado, para producir metales o materiales destinados a su primer uso en la fabricación (en este estudio, el término distingue entre el material procedente de reservas geológicas y el material recuperado mediante procesos de reúso y reciclaje).

Fabricantes de equipos originales: empresa que produce piezas o equipos que pueden venderse directamente a los consumidores bajo su propia marca o a otra empresa para que los incluya en sus productos terminados.

Final de la cadena: etapa del ciclo de vida de los teléfonos móviles en la que la capacidad de reciclaje, la disponibilidad para la exportación o las condiciones de eliminación determinan si los materiales vuelven a utilizarse de forma productiva o se pierden del sistema.

Inactividad: cuando un dispositivo electrónico es guardado por su propietario en lugar de ser utilizado activamente, revendido, reparado o reciclado.

Inicio de la cadena: la etapa del ciclo de vida del teléfono móvil donde el diseño del producto, la configuración de la cadena de suministro y la estructura del modelo de negocio determinan la durabilidad, la reparabilidad y la capacidad de recuperación.

Interoperabilidad: el grado en que dos o más productos, programas o sistemas pueden utilizarse conjuntamente, o la capacidad de funcionar eficazmente entre sí.

Mantenimiento: acciones que se realizan para mantener un teléfono móvil en buen estado de funcionamiento y evitar fallos. Incluye acciones como la limpieza, las actualizaciones de software y las revisiones rutinarias, que no alteran significativamente su función o rendimiento.

Materiales de alto valor: materiales contenidos en los teléfonos móviles que conservan un valor económico significativo debido a su precio de mercado, concentración o recuperabilidad, lo que crea un incentivo para el reciclaje y la recuperación de materiales al final de su vida útil (por ejemplo, oro en placas de circuitos y conectores, cobre en el cableado, aluminio en las carcasas).

Medio de la cadena: la etapa del ciclo de vida del teléfono móvil en la que la recogida, la clasificación, la reparación, el reacondicionamiento y la logística determinan si los dispositivos conservan su valor o se degradan.

Mercado de materias primas (nacional): punto en el que el material recuperado del dispositivo se ha procesado para obtener un producto comercializable dentro del mismo país donde el dispositivo llega al final de su vida útil y, por lo tanto, se considera suministro retenido en lugar de perdido por eliminación o exportación. CHARGE utiliza este punto como punto final para el material “recuperado” en su métrica de tasa de captura de materias primas (es decir, el porcentaje de material del dispositivo que termina en los mercados nacionales de materias primas).

Minerales críticos: materiales de alto valor considerados esenciales para tecnologías y sistemas económicos clave (como la energía, las tecnologías digitales y la movilidad) y sensibles a las interrupciones en el suministro debido al aumento de la demanda, la concentración de la cadena de suministro o el riesgo geopolítico, lo que genera la necesidad de cadenas de valor resilientes y circulares. En los teléfonos móviles, algunos ejemplos son el litio y el cobalto en las baterías, y los elementos de tierras raras como el neodimio en los imanes.

Modelo de negocio circular: un modelo de negocio diseñado para crear y capturar valor manteniendo los productos y materiales en uso en su punto óptimo de valor. Ejemplos de modelos de negocio circulares incluyen el alquiler, la reparación, el reacondicionamiento y la remanufactura.

Obsolescencia percibida: condición en la que un producto se considera obsoleto o menos deseable a pesar de seguir siendo funcional, debido a la introducción y promoción de modelos más nuevos.

Obsolescencia programada: práctica deliberada en la que los productos se diseñan con limitaciones técnicas, funcionales o estilísticas que acortan su vida útil y fomentan su reemplazo anticipado.

Obsolescencia sistémica: un proceso impulsado por condiciones más amplias del sistema, como el emparejamiento de piezas, los controles de acceso o la retirada del soporte de software, que dificultan la reparación, restringen la funcionalidad y acortan el plazo para el reúso o el reacondicionamiento, incluso cuando el hardware sigue funcionando.

Organización de responsabilidad del productor: entidad que gestiona las obligaciones de recogida, reciclaje y cumplimiento en nombre de los fabricantes para ayudarles a cumplir con los requisitos de la Responsabilidad Ampliada del Productor.

Procesamiento primario: el procesamiento de los dispositivos recogidos, como la descontaminación, el desmontaje, la trituración y la separación o clasificación mecánica de piezas y materiales.

Procesamiento secundario: la fase de procesamiento metalúrgico (por ejemplo, fundición o refinado) que extrae metales de las piezas y componentes procesados y produce productos comercializables.

Procesos de retención de valor: estrategias circulares que mantienen los productos, piezas y materiales en uso productivo con el mayor valor posible a lo largo del tiempo (por ejemplo, reúso, reparación, reacondicionamiento, remanufactura y recuperación de piezas) antes de la recuperación del material. Su viabilidad y costo dependen del diseño del producto y las condiciones de soporte, incluyendo piezas, herramientas, diagnósticos e información de reparación, que determinan cuánto tiempo pueden permanecer en uso los dispositivos y si se evita su fin de vida útil prematuro.

Producto como servicio: un modelo de negocio en el que un proveedor conserva la propiedad de un producto (como un dispositivo electrónico) y ofrece acceso o rendimiento a los usuarios, alineando los incentivos para un uso prolongado y la captura de valor al final de su vida útil (el Dispositivo como servicio es un subconjunto de Producto como servicio).

Programa de devolución: un programa mediante el cual los fabricantes o minoristas recogen productos electrónicos usados de los clientes para permitir su reúso, reacondicionamiento, remanufactura o reciclaje.

Programas de intercambio y recompra: programas mediante los cuales las empresas ofrecen a los clientes crédito financiero, descuentos o pago directo a cambio de la devolución de productos usados, lo que permite su reúso, reacondicionamiento, reventa o reciclaje.

Reacondicionamiento: proceso de devolver un teléfono móvil usado a un buen estado de funcionamiento mediante la reparación o sustitución de componentes defectuosos o desgastados y la corrección de defectos estéticos, como la sustitución de la batería o la pantalla y la limpieza o el reacabado de la carcasa.

Recaptura: la reincorporación de dispositivos a los sistemas formales tras un periodo de inactividad, manipulación informal u otros periodos fuera del sistema formal. Esto se diferencia de la recolección y recuperación.

Reciclaje: sistema de actividades destinadas a recuperar materiales de teléfonos al final de su vida útil. En este informe, “reciclaje” es un término general que abarca tanto el procesamiento primario como el secundario. Aun así, puede generar pérdidas por eliminación o exportación.

Recolección: dispositivos que entran en una vía o canal formal, incluyendo la devolución, la entrega y el envío por correo, para su posterior clasificación y enrutamiento (en CHARGE, esto se registra parcialmente mediante el nodo “Segundo uso” para materiales clasificados para su reúso, reparación y reacondicionamiento, y el nodo “Recolector de reciclaje” para materiales destinados al reciclaje).

Recuperación: resultado en el que el material del dispositivo se extrae y retiene con éxito de los dispositivos al final de su vida útil. En CHARGE, el indicador clave de rendimiento es la masa de material que vuelve a entrar en los mercados nacionales de materias primas, es decir, que se convierte en materia prima secundaria.

Remanufactura: proceso de restaurar un teléfono móvil usado para que cumpla, como mínimo, con sus especificaciones de rendimiento originales, mediante un desmontaje completo, la sustitución de componentes, pruebas y un control de calidad que cumpla con estándares comparables a los de un producto nuevo.

Reparación: proceso de solucionar una avería específica en un teléfono móvil para que vuelva a funcionar correctamente, lo que incluye sustituir componentes averiados o corregir defectos, siempre que el diseño del producto y el acceso a piezas, herramientas e información lo permitan.

Residuos electrónicos: equipos y componentes eléctricos y electrónicos desechados al final de su vida útil, que a menudo contienen materiales peligrosos que pueden dañar la salud humana y el medioambiente si no se gestionan adecuadamente.

Responsabilidad Ampliada del Productor: un enfoque político que extiende la responsabilidad de los productores a la etapa posterior al consumo del ciclo de vida de un producto, exigiéndoles que financien y/o gestionen la recogida y el tratamiento de los productos al final de su vida útil.

Reúso: el uso continuado de un producto o componente para su propósito original, ya sea por el mismo usuario u otro, con o sin una preparación mínima (por ejemplo, pruebas, limpieza, borrado de datos). Este informe considera la reventa, el intercambio, la recompra, la reparación y el reacondicionamiento como vías que permiten el reúso.

Ruta de fin de uso: el recorrido que sigue un producto, componente o material después de su fase de uso inicial, como el reúso, la reparación, el reacondicionamiento, la remanufactura, el reciclaje o la eliminación, que determina cuánto de sus materiales, energía y mano de obra incorporados se conserva en lugar de perderse como residuos.

Sector informal: actividades económicas realizadas por particulares o pequeñas empresas que operan al margen de la regulación gubernamental.

Sustitución: la compra de un teléfono móvil nuevo para reemplazar uno existente, ya sea porque el teléfono actual falla, se considera que ha perdido valor o idoneidad, o porque su uso resulta antieconómico (por ejemplo, debido a dificultades para repararlo, problemas de soporte de software o de incentivos para la actualización o el intercambio).

Teléfonos inteligente: una subclase de teléfonos móviles que se caracteriza por su avanzada capacidad informática, conectividad a Internet, interfaces de pantalla táctil y sistemas operativos que admiten aplicaciones descargables.

Teléfonos móviles: una amplia categoría de dispositivos de comunicación inalámbricos portátiles que funcionan a través de redes celulares, siendo los teléfonos inteligentes una subclase dominante.

Valor: el valor económico, funcional y material que un dispositivo posee a través de los recursos, la energía y la mano de obra empleados en su producción, así como los servicios que puede seguir prestando durante su uso. En este informe, los resultados de “mayor valor” son aquellos que conservan una mayor parte de ese valor al tiempo que reducen los impactos evitables (por ejemplo, prolongando la vida útil de los teléfonos y, cuando finaliza su reúso, recuperando sus materiales), mientras que los resultados de “menor valor” son aquellos en los que el valor se pierde prematuramente debido al abandono, la eliminación, el manejo informal o la recuperación de bajo rendimiento.

Vías formales: sistemas regulados y autorizados para la recolección, reparación, reacondicionamiento, reciclaje o eliminación de aparatos electrónicos de consumo. Estas vías operan en cumplimiento de las normas fiscales, medioambientales, laborales y de seguridad, y contribuyen a mejorar la rastreabilidad de los flujos de materiales.

Vías/manejo informales: recolección, reparación, reacondicionamiento, desmantelamiento, procesamiento o eliminación que se produzcan fuera de los sistemas regulados o autorizados y sin controles ambientales, de seguridad, fiscales o de rastreabilidad consistentes.

AGRADECIMIENTOS

EQUIPO PRINCIPAL

Jennie Romer
Responsable del Proyecto

Kenny Arnold
Investigador Principal

Tansy Robertson-Fall
Colaboradora de Investigación

Xain Storey
Editor Principal

EQUIPO AMPLIADO

Danielle Holly
Directora Ejecutiva – América del Norte

Sean Jones
Director de Tecnología Circular

Dacie Meng
Consultora de Políticas

Isobel Pinckston
Consultora Editorial

Neil Amos
Director del Programa Digital

Nick Dover
Diseñador Gráfico Sénior

Louis Smith
Diseñador Gráfico

Ella Hedley
Gerente de Proyecto

Seth Squadron
Director de Comunicaciones – América del Norte

Patience Williams
Gerente de Operaciones – América del Norte

Sarah O'Carroll
Responsable de Políticas e Instituciones

Wen-Yu Weng
Director Ejecutivo – Minerales Críticos

Constance des Courieres
Experta en Políticas – Minerales Críticos

Cindy Venho
Gerente de Programa – Minerales Críticos

Danoush Mohajeri
Gerente Sénior de Desarrollo y Alianzas – Minerales Críticos

Pedro Prata
Experto Sénior en Políticas e Instituciones – América Latina

Marianne Kettunen
Responsable de Biodiversidad – Políticas e Instituciones

Miranda Schnitger
Responsable de cuestiones climáticas – Minerales Críticos

Sander Defruyt
Responsable de Estrategia – Plásticos y Embalaje

Nora Pelizzari
Directora Editorial

COLABORADORES

Los autores agradecen a los expertos que ayudaron en la conceptualización de este informe y que guiaron y asesoraron su elaboración. A su vez, los autores agradecen a los revisores externos: CEP, Circular Innovation Council, DLL, ERI, SERI y UNITAR, así como a las más de 90 personas que aportaron su tiempo, conocimientos y datos durante el proceso de consulta.

Alchemy Global Solutions

Amazon

Asociación Mexicana de Recicladores de Residuos Electrónicos

AT&T

Back Market

Blaucorp

Call2Recycle

Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información

Circular Electronics Partnership

Circular Innovation Council

Closed Loop Partners

Coppel

CyberCrunch

Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas

DLL

DS LATAM ISWA México

Electronic Products Recycling Association

ERI

Environment and Climate Change Canada

Estrategia Circular MX

Global Affairs Canada

Global Electronics Association

Global Electronics Council

Google

HP

iFixit

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Information Technology Industry Council

Jabil

KPMG

MEXHUB de Economía Circular

Microsoft

Mint Innovation

Molg

National Center for Electronics Recycling

National Zero Waste Council

NIU NIU

Reducto

Rematech

Recicla Electrónicos México

Rheaply

Samsung Electronics

Seagate

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Standards Council of Canada

Sustainable Electronics Recycling International

Tecnológico de Monterrey

Treasury Board of Canada Secretariat

United Nations Institute for Training and Research

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

United States Public Interest Research Group

ACERCA DE LA FUNDACIÓN ELLEN MACARTHUR

La Fundación Ellen MacArthur es una organización benéfica internacional que desarrolla y promueve la economía circular para abordar algunos de los mayores desafíos de nuestro tiempo, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los residuos y la contaminación. Trabajamos con nuestra red de responsables de la toma de decisiones de los sectores público y privado, así como con el mundo académico, para fortalecer las capacidades, explorar oportunidades de colaboración, además de diseñar e implementar iniciativas y soluciones de economía circular. Cada vez más basada en energías renovables, la economía circular se impulsa por el diseño para eliminar los residuos, hacer circular productos y materiales, y regenerar la naturaleza, creando así resiliencia y prosperidad para las empresas, el medioambiente y la sociedad.

Como parte de nuestra Misión de Minerales Críticos, trabajamos para construir una economía circular para las cadenas de valor de los minerales críticos que impulsan las transiciones energética y digital, maximizando el valor y reduciendo la dependencia de la extracción de recursos vírgenes a lo largo del tiempo. Lo lograremos apoyando una mayor movilización de inversión de capital en soluciones circulares de minerales críticos y fortaleciendo la alineación de políticas y gobernanza para fomentar la colaboración.

Más información: ellenmacarthurfoundation.org

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Esta publicación fue elaborada por la Fundación Ellen MacArthur para la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). La información y definiciones aquí contenidas son responsabilidad del autor y no reflejan necesariamente las opiniones de la CCA ni de sus Partes.

Este informe ha sido producido por la Fundación Ellen MacArthur (la “Fundación”). La Fundación ha ejercido cuidado y diligencia en la preparación de este informe, basada en información que cree que es confiable, pero no hace representaciones y no da garantías, seguridades o compromisos (explícitos o implícitos) en relación con él o cualquiera de su contenido (en cuanto a su precisión, integridad, calidad, idoneidad para cualquier propósito, cumplimiento de la ley o de otra manera).

La Fundación no supervisa ni modera ningún sitio web o recurso externo vinculado o mencionado en este informe. Este informe no pretende ser detallado y ninguno de sus contenidos debe interpretarse como un consejo de ningún tipo. Cualquier confianza en él es a discreción y riesgo del lector.

En la máxima medida permitida por cualquier ley aplicable, la Fundación, cada entidad dentro de su grupo y cada una de sus organizaciones asociadas y sus respectivos empleados, trabajadores, funcionarios, agentes y representantes renuncian en su totalidad a toda responsabilidad por cualquier pérdida o daño de cualquier tipo (ya sea directa o indirectamente y ya sea por contrato, agravio, incumplimiento de un deber legal o de otro modo) que surja de o en relación con este informe o cualquiera de sus contenidos.

Las contribuciones a este informe por parte de un tercero no indican ninguna relación de asociación o agencia entre ese contribuyente y la Fundación, ni el respaldo de la Fundación a ese contribuyente o el respaldo por parte de ese contribuyente de las conclusiones y recomendaciones de este informe.

La Fundación no es un proveedor de, ni está afiliada de otra manera, y no recomienda ni respalda, ningún tercero o los productos o servicios a los que se refiere este informe.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Internacional de Energía. 2021. El papel de los minerales críticos en las transiciones hacia energías limpias. París. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>.

Agencia Internacional de Energía. 2025a. Perspectivas mundiales de los minerales críticos 2025: Panorama general de las perspectivas de los minerales clave. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025/overview-of-outlook-for-key-minerals>.

Agencia Internacional de Energía. 2025b. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (México). Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.iea.org/policies/25202-general-law-for-the-prevention-and-integral-management-of-wastes>.

Apkudo. 2025. Informe de impacto 2024. <https://cdn.prod.website-files.com/666887fafa6e4363bb3e0e91/67d876c85fe28b4db1800f63_apkudo-2024-impact-report.pdf>.

Asamblea Nacional de Quebec. 2023. Proyecto de Ley 29, Ley para proteger a los consumidores de la obsolescencia programada y para promover la durabilidad, la reparabilidad y el mantenimiento de los bienes. Consultado en línea en junio de 2026 en: <www.assnat.qc.ca/en/travaux-parlementaires/projets-loi/projet-loi-29-43-1.html>.

Asociación de Reciclaje de Productos Electrónicos. S.f. Acerca de EPRA / Reciclar mis aparatos electrónicos. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://recyclemyelectronics.ca/bc/about-us>.

Asociación para el Reciclaje de Productos Electrónicos. 2026. ¿Reutilizar o reciclar? Consultado en línea en junio de 2026 en: <https://recyclemyelectronics.ca/qc/reuse-or-recycle>.

Associated Press. 2025. “Los residuos electrónicos estadounidenses están causando un ‘tsunami oculto’ en el sudeste asiático”. AP News , 22 de octubre de 2025. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://apnews.com/article/ewaste-pollution-asia-scrapyards-poison-1bf7eb385cdb21227e0e9815d4a2749b>.

Assurant. 2026. Tendencias de intercambio y actualización de móviles en el cuarto trimestre y en 2025: Un año récord. Consultado en línea en mayo de 2026 en: <www.assurant.com/news-insights/infographics/mobile-trade-in-and-upgrade-data-trends-annual>.

Aurubis AG. 2025. Ficha informativa de Aurubis Richmond. Consultado en línea abril de 2026 en: <www.aurubis.com/dam/jcr:a1012ca0-be19-4f6c-aac1-068d385d6e14/20250922_Factsheet%20Richmond.pdf>.

Best Buy Canadá. 2022. Recicla tus aparatos electrónicos viejos y participa en el concurso “Mejora tu medioambiente”. 31 de marzo de 2022. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://blog.bestbuy.ca/>.

Bruno, M., L. Sotera y S. Fiore. 2022. Análisis de la influencia de la composición material de los teléfonos móviles en la rentabilidad económica de su desmantelamiento manual. Journal of Environmental Management 309: 114677. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030147972200250X>.

Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales. 2026. Proyecto Vault: Un mecanismo de seguridad y protección para los minerales. <www.csis.org/analysis/project-vault-pillar-economic-security>.

Comisión Europea. 2026. Reglamento sobre el ecodiseño para productos sostenibles. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy/ecodesign-sustainable-products-regulation_en>.

Comisión Europea. Teléfonos inteligentes y tabletas. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/smartphones-and-tablets_en>.

Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente. 2009. Plan de acción para la responsabilidad ampliada del productor en todo Canadá. <https://ccme.ca/en/res/cap-epr_e.pdf>.

Consejo Mundial de Electrónica. S.f. Criterios EPEAT®. Consultado en línea en junio de 2026 en: <www.epeat.net/about/epeat-criteria>.

Dirección interministerial de la transformación pública. 2023. Evaluación de impacto del índice de reparación. Consultado en línea en mayo de 2026 en: <www.modernisation.gouv.fr/publications/indice-de-reparabilite-quel-impact-sur-lachat-de-produits-plus-reparables>.

ecoATM. 2020. ecoATM anuncia la inversión de Cowen Sustainable Advisors. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.ecoatm.com/pages/press-room-ecoatm-announces-investment-by-cowen-sustainable-advisors>.

Équiterre. 2024. La información como factor clave para la comercialización y el consumo de bienes duraderos y reparables. Montreal. Consultado en línea en junio de 2026 en: <https://cms.equiterre.org/uploads/153_EQT_rapport_durabilite_EN6.pdf>.

Équiterre. 2026. Etiquetado de durabilidad y reparabilidad en Canadá: Estudio sobre el comportamiento del consumidor y plan de acción para el gobierno de Canadá. Montreal. Consultado en línea en septiembre de 2026 en: <https://cms.equiterre.org/uploads/Initiatives/503/503Rapport-VF-ENG-28.04.2026-1_2026-05-21-192614_uwmo.pdf>.

Fundación Ellen MacArthur. Introducción a la economía circular: Resumen. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>.

Gobierno de Canadá. Secretaría del Consejo del Tesoro de Canadá. 2022. Política sobre contratación pública ecológica. <https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/sct-tbs/BT22-190-1-2022-eng.pdf>.

Gobierno de Canadá. Secretaría del Consejo del Tesoro de Canadá. Estrategia de Gobierno Ecológico: Directiva del Gobierno de Canadá. <www.canada.ca/en/treasury-board-secretariat/services/innovation/greening-government/strategy.htm>.

Gómez, M., et al. 2023. Metales críticos y estratégicos en teléfonos móviles: una caracterización detallada de los teléfonos móviles desechados multigeneracionales y los factores económicos que impulsan la recuperación del valor de los metales. Journal of Cleaner Production 419: 138099. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138099>.

Google LLC. 2021. Inactividad de los productos electrónicos: Comprender las barreras para la participación del consumidor en los servicios de reciclaje de productos electrónicos. Libro blanco. <https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/electronics-hibernation.pdf>.

Grupo de Medios Recycling Today. 2026. “ecoATM anuncia la recolección de 7,5 millones de dispositivos en 2025”. Recycling Today, 10 de febrero de 2026. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.recyclingtoday.com/news/ecoatm-announces-seven-million-devices-collected/>.

Índice de reparación. Segundo Gobierno de Francia. <www.indicereparabilite.fr>.

Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigaciones. 2025. Monitor mundial de residuos electrónicos 2024: Los residuos electrónicos aumentan cinco veces más rápido que el reciclaje documentado de residuos electrónicos. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024>.

Instituto de Recursos Mundiales. 2024. Una mayor extracción de minerales críticos podría ejercer presión sobre los recursos hídricos en regiones con escasez de agua. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.wri.org/insights/critical-minerals-mining-water-impacts>.

La Asociación de Reparación. S.f. Repair.org. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.repair.org/>.

Lövehagen, N., et al. 2023. Evaluación de las emisiones de carbono incorporadas en los dispositivos de comunicación de los usuarios mediante la combinación de enfoques. Renewable and Sustainable Energy Reviews 183: 113422. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113422>.

Machala, ML, et al. 2025. Comparación del ciclo de vida de las cadenas de suministro de reciclaje y minería de baterías de iones de litio a escala industrial. Nature Communications 16. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.nature.com/articles/s41467-025-56063-x>.

Mickle, T., E. Koeze y BX Chen. 2023. «Pagaste 1000 dólares por un iPhone, pero Apple aún lo controla». The New York Times, 12 de noviembre de 2023. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.nytimes.com/2023/11/12/technology/iphone-repair-apple-control.html>.

Ministerio de la Transición Ecológica. 2024. Índice de durabilidad. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/indice-durabilite>.

Mohammadi, E. y K. Habib. 2026. ¿Cuánto duran los aparatos electrónicos de consumo en Canadá? Journal of Cleaner Production 547: 147773. Consultado en línea en mayo de 2026 en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2026.147773>.

Noticias de Negocios de México. 2025. “Querétaro presenta plan de movilidad metropolitana respaldado por la UE ”. Noticias de Negocios de México, 28 de noviembre. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://mexicobusiness.news/sustainability/news/queretaro-unveils-eu-backed-metropolitan-mobility-plan>.

Pacto de TIC circular y justo. Pacto de TIC circular y justo. Consultado en línea en junio de 2026 en: <https://circularandfairictpact.com/>.

Parlamento de Canadá. 2024a. Proyecto de Ley C-244. Ley que modifica la Ley de Derechos de Autor (diagnóstico, mantenimiento y reparación). <www.parl.ca/legisinfo/en/bill/44-1/c-244>.

Parlamento de Canadá. 2024b. Proyecto de ley C-294. Ley para enmendar la Ley de Derechos de Autor (interoperabilidad). <www.parl.ca/legisinfo/en/bill/44-1/c-294 Bill>.

Programa para detener la obsolescencia. 2022. Informe de actividades de HOP 2022. <www.halteobsolescencia.org/publication/rapport-activite-2022/>.

Quebec, Ministerio de Cultura y Comunicaciones. s.f. Complexe industriel Horne. Repertorio del patrimonio cultural de Quebec. Consultado en línea el 24 de junio de 2026 en: <www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?methode=consulter&id=190939&type=bien>.

reBuy. s.f. Índice de residuos electrónicos de teléfonos móviles. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.rebuy.de/s/mobile-ewaste-index-en>.

Recursos Naturales de Canadá. 2025. "Canadá impulsa 26 nuevas inversiones y alianzas con 9 países aliados para garantizar la cadena de suministro de minerales críticos". Comunicado de prensa, 31 de octubre. <www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2025/10/canada-unlocks-25-new-investments-and-partnerships-with-9-allied-countries-to-secure-critical-minerals-supply-chains.html>.

Reparación Café Internacional. s.f. Bezoeken. Consultado en línea abril de 2026 en: <www.repaircafe.org/bezoeken/>.

Resource Recycling Media LLC. 2025. Los incendios en plantas de reciclaje aumentan sustancialmente en 2024. Resource Recycling, 18 de marzo de 2025. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://resource-recycling.com/recycling/2025/03/18/recycling-facility-fires-increase-substantially-in-2024/>.

Reuse México. s.f. Trade-in Coppel. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.reuse.mx/pages/tradein-coppel>.

RTI International. 2025. "Modelización de la economía circular de los teléfonos inteligentes en Norteamérica". Inédito.

Samsung Electronics Francia. 2021. Les Français et l'indice de réparabilité. Samsung Newsroom Francia, 18 de mayo de 2021. Consultado en línea en abril de 2026 en: <https://news.samsung.com/fr/sondage-indice-reparabilite>.

Samsung Electronics. Cómo reemplazar la batería del Galaxy XCover Pro. Consultado en línea en junio de 2026 en: <www.samsung.com/uk/business/support/faqs/articles/how-to-replace-the-battery-in-the-galaxy-xcover-pro/>.

Secretaría del Convenio de Basilea. 2026. Panorama general de los residuos electrónicos. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.basel.int/implementation/ewaste/overview/tabid/4063/default.aspx>.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2020. Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. Consultado en línea abril de 2026 en: <www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/diagnostico-basico-para-la-gestion-integral-de-los-residuos-2020>.

Servicios Compartidos de Canadá. 2026. Dispositivos móviles. Consultado en línea en junio de 2026 en: <www.canada.ca/en/shared-services/services/gc-devices/telecommunications/mobile-devices.html>.

Speight, A. 2025. ¿Qué marcas de teléfonos móviles desarrollan más fallos? ¿Cuáles?, 2025. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.which.co.uk/news/article/which-mobile-phone-brands-develop-the-most-faults-aGAar5y7JEnx>.

Staples Canadá. Sin información sobre sostenibilidad. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.staples.ca/a/content/sustainability>.

Teracube. s.f. Teracube 2e. Consultado en línea en junio de 2026 en: <https://myteracube.com/products/teracube-2e-1?variant=42116797333761>.

Unión Internacional de Telecomunicaciones. 2025. Medición del desarrollo digital: Estado del desarrollo digital y tendencias en la región de las Américas. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones. Consultado en línea en abril de 2026 en: <www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-SDDT_AMS-2025-PDF-E.pdf>.

NOTAS

1 La posesión de teléfonos móviles está prácticamente saturada en Estados Unidos y Canadá (más del 90 % de la población), así como en México (80 %).

2 El "rendimiento de fabricación" se refiere al porcentaje de productos que se fabrican sin defectos y que cumplen con todos los estándares de calidad en el primer intento del proceso de producción.

3 A partir de 2027, la normativa de la UE exigirá que los usuarios finales puedan extraer y sustituir las baterías portátiles de muchos dispositivos. Para más información, consulte: <https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en>.

4 La certificación TCO Certified fue creada por Tjänstemännens Centralorganisation (Confederación Sueca de Empleados Profesionales).

5 Basado en los precios de metales preciosos de la London Bullion Market Association consultados en junio de 2026.

6 Basado en el modelo RTI.

7 Algunos ejemplos de estas comunidades son la Primera Nación Yellowknives Dene, que vive cerca de la mina Giant en Yellowknife, Canadá; la Nación Quapaw, que vive cerca del sitio Superfund de Tar Creek en Oklahoma, Estados Unidos, y las comunidades a lo largo de los ríos Sonora y Bacanuchi afectadas por el derrame de la mina Buenavista del Cobre en 2014, en Sonora, México.

8 El estudio de Google sobre la inactividad de dispositivos electrónicos identificó seis obstáculos importantes para la recuperación de teléfonos móviles. Estos incluyen la preocupación por la recuperación y eliminación de datos, las expectativas de compensación, el apego emocional o la nostalgia, el hecho de conservar los dispositivos como repuestos y la poca comodidad en el momento de la entrega.

9 Se estima que, sólo en Estados Unidos, el hogar promedio tiene entre 20 y 25 dispositivos electrónicos, lo que significa que podría haber 6800 millones de dispositivos en los hogares que eventualmente pasarán a las etapas posteriores de la cadena. Ver: <www.consumeraffairs.com/homeowners/average-number-of-smart-devices-in-a-home.html#devices-by-household>.

10 Otros modelos de referencia, como la puntuación de reparabilidad de iFixit y el índice de reparabilidad de Francia (Avance destacado 5), cumplen diferentes propósitos en políticas públicas y orientaciones al consumidor, y no resuelven la responsabilidad en el medio de la cadena ni el riesgo de reventa

11 Cada uno de estos cinco criterios recibe hasta 20 puntos, para un total de 100 puntos posibles. La puntuación final se obtiene dividiendo la puntuación total entre 10, lo que da como resultado una puntuación en una escala del 1 al 10.

12 La mayoría de las instalaciones que gestionan chatarra electrónica con contenido metálico en América del Norte, se limitan a la clasificación y el preprocesamiento. El material suele enviarse a un número reducido de fundidoras y refinerías para su recuperación pirometalúrgica final.

13 La fundidora Horne de Glencore en Quebec, vinculada a la refinería de cobre canadiense, es el único complejo de fundición y refinamiento totalmente integrado que actualmente gestiona una parte sustancial de la recuperación legítima de metales preciosos procedentes de placas de circuitos impresos en América del Norte. Su funcionamiento continuo depende del cumplimiento de las normativas medioambientales que vencen en 2027.

14 Si bien el programa de productos electrónicos del Yukón opera bajo un modelo territorial de regulación y administración, se ajusta a los principios del Plan de Acción para la RAP a nivel nacional en Canadá (Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente, 2009) e incluye los teléfonos móviles como productos designados.

15 Algunas iniciativas de economía circular están llegando a dichas regiones, especialmente a las comunidades indígenas, lo que sugiere que la capacidad local es ampliable con inversiones específicas. Por ejemplo, la Asociación de Reciclaje Electrónico ha donado dispositivos reacondicionados para apoyar la educación y la conectividad en comunidades indígenas del norte de Alberta. El ciclo de subvenciones 2026-2028 de la Alianza Norteamericana para la Acción Comunitaria Ambiental, que se centra en estrategias de economía circular basadas en la comunidad, invita a presentar propuestas que incluyan prioridades locales e indígenas, lo que contribuye a desarrollar la capacidad de reúso y recuperación más cerca de las regiones remotas.

© 2025–2026, propiedad conjunta de la Fundación Ellen MacArthur y la Comisión para la Cooperación Ambiental. Todos los derechos reservados.

www.ellenmacarthurfoundation.org

Charity Registration No.: 1130306
OSCR Registration No.: SC043120
Company No.: 6897785

