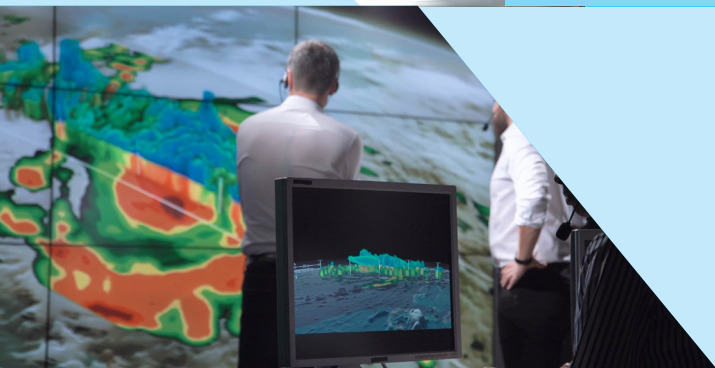


Comisión de Estudio 2 Cuestión 6

# Las tecnologías de la información y la comunicación y el medio ambiente



**Informe de resultados sobre la  
Cuestión 6/2 del UIT-D**

# **Las tecnologías de la información y la comunicación y el medio ambiente**

Periodo de estudios 2018-2021



## Las tecnologías de la información y la comunicación y el medio ambiente: Informe de resultados sobre la Cuestión 6/2 del UIT-D para el periodo de estudios 2018-2021

ISBN 978-92-61-34193-0 (versión electrónica)

ISBN 978-92-61-34203-6 (versión EPUB)

ISBN 978-92-61-34213-5 (versión Mobi)

### © Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Place des Nations, CH-1211 Ginebra, Suiza

Algunos derechos reservados. Esta obra está autorizada para su uso por el público en virtud de una licencia Creative Commons Attribution-Non Commercial- Share Alike 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 OIG).

Con arreglo a los términos de esta licencia, cabe la posibilidad de copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales siempre que se cite adecuadamente, como se indica a continuación. Sea cual fuere la utilización de esta obra, no debe sugerirse que la UIT respalda ninguna organización, producto o servicio específico. No se permite la utilización no autorizada de los nombres o logotipos de la UIT. En caso de adaptación, la utilización de la obra resultante debe autorizarse en virtud de la misma licencia Creative Commons o de una equivalente. Si se realiza una traducción de esta obra, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto con la cita sugerida: "Esta traducción no ha sido realizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). La UIT no se responsabiliza del contenido o la exactitud de esta traducción. La edición original en inglés será la edición vinculante y auténtica". Para más información, sírvase consultar la página

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>

**Cita recomendada:** Las tecnologías de la información y la comunicación y el medio ambiente: Informe de resultados sobre la Cuestión 6/2 del UIT-D para el periodo de estudios 2018-2021. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2021. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

**Material de terceros:** Si desea reutilizar algún material de esta obra que se atribuya a un tercero, como cuadros, figuras o imágenes, es su responsabilidad determinar si se necesita permiso para esa reutilización y obtenerlo del titular de los derechos de autor. La responsabilidad de las demandas resultantes de la infracción de cualquier componente de la obra que sea propiedad de terceros recae exclusivamente en el usuario.

**Descargo general de responsabilidad:** Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte de la UIT ni de su Secretaría en relación con la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona, ni de sus autoridades, ni en relación con la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de empresas específicas o de productos de determinados fabricantes no implica que la UIT los apruebe o recomiende con preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Salvo error u omisión, las denominaciones de los productos patentados se distinguen mediante iniciales en mayúsculas.

La UIT ha tomado todas las precauciones razonables para comprobar la información contenida en la presente publicación. Sin embargo, el material publicado se distribuye sin garantía de ningún tipo, ni expresa ni implícita. La responsabilidad respecto de la interpretación y del uso del material recae en el lector. La UIT no será responsable en ningún caso de los daños derivados de su utilización.

**Fotografía de la portada:** Shutterstock

## Agradecimientos

Las Comisiones de Estudio del Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-D) brindan una plataforma neutral en la que expertos de gobiernos, empresas, organizaciones de telecomunicaciones e instituciones académicas de todo el mundo pueden reunirse y crear herramientas y recursos prácticos para abordar cuestiones de desarrollo. A tal efecto, las dos Comisiones de Estudio del UIT-D se encargan de elaborar Informes, Directrices y Recomendaciones partiendo de las contribuciones recibidas de los Miembros. Las Cuestiones de estudio se determinan cada cuatro años en el marco de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT). Los miembros de la UIT, reunidos en la CMDT-17, que se celebró en Buenos Aires en octubre de 2017, decidieron que la Comisión de Estudio 2 se ocupara de siete Cuestiones relacionadas con los "servicios y aplicaciones de las tecnologías de la información y la comunicación en pro del desarrollo sostenible" durante el periodo de estudios 2018-2021.

El presente informe se preparó en respuesta a la Cuestión 6/2: **Las tecnologías de la información y la comunicación y el medio ambiente**, bajo la dirección y coordinación generales del equipo directivo de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D, encabezado por el Sr. Ahmad Reza Sharafat (República Islámica del Irán), en calidad de Presidente, con el apoyo de los siguientes Vicepresidentes: Sr. Nasser Al Marzouqi (Emiratos Árabes Unidos)(dimitió en 2018); Sr. Abdelaziz Alzarooni (Emiratos Árabes Unidos); Sr. Filipe Miguel Antunes Batista (Portugal)(dimitió en 2019); Sra. Nora Abdalla Hassan Basher (Sudán); Sra. Maria Bolshakova (Federación de Rusia); Sra. Celina Delgado Castellón (Nicaragua); Sr. Yakov Gass (Federación de Rusia)(dimitió en 2020); Sr. Ananda Raj Khanal (República de Nepal); Sr. Roland Yaw Kudozia (Ghana); Sr. Tolibjon Oltinovich Mirzakulov (Uzbekistán); Sra. Alina Modan (Rumania); Sr. Henry Chukwudumeme Nkemadu (Nigeria); Sra. Ke Wang (China); y Sr. Dominique WürGES (Francia).

El informe fue redactado bajo la dirección de los Correladores para la Cuestión 6/2, la Sra. Aprajita Sharma (India)(resumen ejecutivo, Capítulos 1, 4 y 6) y el Sr. Cissé Kane (Sociedad Civil Africana sobre la Sociedad de la Información), en colaboración con los siguientes Vicerrelatores: Sra. Simone Ferreira Ribeiro (Brasil)(Capítulos 4 y 5); Sr. Richard Anago (Burkina Faso), Sr. Issa Camara (Malí); Sr. Yakov Gass (Federación de Rusia)(dimitió en 2020); Sr. Joses Jean-Baptiste (Haití); y Sra. Amandine Kalima Katanti (República Democrática del Congo), así como con los siguientes colaboradores activos: Sr. Othier Rock Badou, Sr. Tatian Dossou y Sra. Carrelle Toho Acclassato (Benin)(Capítulo 2); Sra. Reine Bassene (Senegal)(Capítulo 3); Sr. Yasushi Fuwa y Sr. Haruo Kaneko (Universidad de Shinshu, Japón)(Capítulo 4); y Sr. Raoul Tchomtchoua (Camerún)(Capítulo 3).

El presente informe se ha elaborado con el apoyo de los coordinadores de la BDT, los editores, el equipo de producción de publicaciones y la secretaría de las Comisiones de Estudio del UIT-D.

# Índice

Agradecimientos .....	iii
Lista de cuadros y figuras.....	vi
Resumen ejecutivo .....	vii
Abreviaturas y acrónimos.....	ix
<b>Capítulo 1 - Información de base sobre los residuos electrónicos.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2 - Formación y aumento de la concienciación sobre los residuos electrónicos.....</b>	<b>13</b>
2.1    Importancia de eliminar adecuadamente los residuos electrónicos y consecuencias de no hacerlo para el medio ambiente y la salud humana.....	13
2.1.1    Consecuencias para el medio ambiente .....	14
2.1.2    Efectos para el ser humano .....	14
2.1.3    Consecuencias socioeconómicas.....	15
2.2    Medidas que pueden adoptar los consumidores para reducir la producción de residuos electrónicos (las 4 R) .....	15
2.2.1    Reflexionar .....	16
2.2.2    Reducir .....	16
2.2.3    Reutilizar.....	17
2.2.4    Reciclar .....	17
2.3    Medidas que cabe adoptar para gestionar los residuos electrónicos generados al por mayor o por los consumidores .....	18
2.4    Información sobre los lugares en los que se pueden desechar residuos electrónicos .....	20
<b>Capítulo 3 - Cadena de valor y gestión de los residuos electrónicos.....</b>	<b>21</b>
3.1    Tipos de aparatos eléctricos o electrónicos que deben reciclarse.....	21
3.2    Organización del sistema de gestión de los RAEE.....	22
3.2.1    Cadena de valor.....	22
3.2.2    Funciones.....	23
3.3    Descripción de la situación en algunos países de la Región de África.....	25
3.4    Estudios de caso sobre residuos electrónicos .....	27
<b>Capítulo 4 - Tecnologías vanguardistas y mitigación del cambio climático.....</b>	<b>30</b>
4.1    Introducción.....	30

4.1.1	Ejemplos de incidencia del cambio climático en el mundo .....	31
4.1.2	Factores que contribuyen al cambio climático .....	32
4.1.3	Organismos que intervienen en la mitigación del cambio climático.....	32
4.2	Nuevas tecnologías, sistemas y aplicaciones para supervisar el clima y reducir sus efectos .....	33
4.2.1	Macrodatos.....	36
4.2.2	Inteligencia artificial.....	38
4.2.3	Aprendizaje automático.....	39
4.2.4	Redes neurales artificiales .....	40
4.2.5	Minería de datos .....	41
4.3	Estudios de caso de país sobre nuevas tecnologías para supervisar el cambio climático .....	41
4.3.1	Actividades para la mitigación de los efectos del cambio climático (India).....	41
4.3.2	Redes de sensores ambientales y otros estudios de caso en Shiojiri (Japón).....	41
<b>Capítulo 5 - Medidas contra el cambio climático .....</b>		<b>46</b>
5.1	Directrices sobre prácticas idóneas en materia de supervisión del cambio climático y mitigación de sus efectos.....	46
5.2	Tecnología para la supervisión del cambio climático y la reducción de sus efectos .....	48
5.3	La observación de la Tierra para la supervisión del cambio climático y la reducción de sus efectos .....	48
<b>Capítulo 6 - Conclusiones.....</b>		<b>51</b>
6.1	El futuro de los residuos electrónicos .....	51
6.2	Perspectivas del cambio climático.....	51
<b>Anexos .....</b>		<b>53</b>
Annex 1: Bibliography and online resources .....		53
Annex 2: List of contributions and liaison statements received on Question 6/2 .....		55

## Lista de cuadros y figuras

### Cuadros

Cuadro 1: Categorías de RAEE según la Directiva de la UE.....	21
Cuadro 2: Cinco tipos de procesamiento .....	22
Cuadro 3: Legislación e iniciativas sobre residuos electrónicos.....	26

### Figuras

Figura 1: Situación y previsión de la cantidad de residuos .....	2
Figura 2: Países con políticas, legislación o normativa en materia de residuos electrónicos.....	10
Figura 3: Proyecto medallas para Tokio 2020 .....	12
Figura 4: Folleto de concienciación sobre los residuos electrónicos en Sri Lanka.....	18
Figura 5: Variación de la temperatura mundial (1880 a 2019).....	31
Figura 6: Tendencias en la tecnología .....	35
Figura 7: Volumen anual de la datosfera mundial.....	36
Figura 8: Fuentes de macrodatos.....	37
Figura 9: Tipos de macrodatos .....	38
Figura 10: Bucle de aprendizaje por refuerzo .....	40
Figura 11: Plataforma de recopilación de datos ambientales de Shiojiri y su red de sensores de IoT.....	42
Figura 12: Estudio de caso de la infraestructura de comunicación de la información de CATV con SDN.....	43
Figura 13: Estudio de caso de software de utilización de datos.....	44
Figura 14: Red eléctrica regional que suministra energía generada con biomasa para las redes de TIC y el reciclaje de materiales ambientales.....	44
Figura 15: Bosques con pinos secos.....	45
Figura 16: Sistema de cámaras con drones .....	45
Figura 17: Ecosistema digital .....	47
Figura 18: Marco para entrenar conjuntos de datos .....	47
Figura 19: Sistema de satélites meteorológicos .....	49
Figura 20: Observación de la Tierra y el Acuerdo de París .....	50

# Resumen ejecutivo

En el presente Informe de resultados sobre la Cuestión 6/2 de la Comisión de Estudio 2 del Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-D) para el Periodo de Estudios 2018-2021 se ofrece un panorama general del reto cada vez mayor que plantean los residuos electrónicos y se presentan varias soluciones para la eliminación y utilización de este tipo de residuos de forma segura. Se hace hincapié en la función y la aplicación de la tecnología en las esferas de la acción climática, la adaptación al cambio climático y su mitigación y supervisión, así como de las soluciones de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que propician un mejor desarrollo sostenible de forma más eficaz.

Se prevé que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) constituyan el principal facilitador de las actividades de mitigación del cambio climático y adaptación al mismo. Entre ellas figuran tecnologías de vanguardia como la inteligencia artificial, las técnicas de observación de la Tierra y los macrodatos, que permitirán supervisar las crecientes fluctuaciones de temperatura y mejorar los procesos relacionados con el tratamiento de residuos, las actividades de saneamiento y las energías renovables. En particular, las TIC son instrumentos esenciales para facilitar la búsqueda de agua de forma asequible y limpia, el seguimiento y la mitigación de catástrofes o peligros naturales, la producción de alimentos y la seguridad alimentaria.

El cambio climático y su evolución repercuten ampliamente en nuestra vida cotidiana. Nuestra salud, las infraestructuras, los recursos hídricos, los regímenes de lluvia, las prácticas agrícolas, las zonas costeras y la seguridad se ven afectados por el cambio climático. En el presente informe también se hace hincapié en la adaptación práctica de las nuevas tecnologías a los efectos de mitigación del cambio climático, así como en su repercusión en el medio ambiente, tanto de manera directa como indirecta.

En los estudios realizados en el marco de la Cuestión 6/2 se abordan problemas relacionados con los residuos electrónicos y el cambio climático, en particular en lo que concierne a las partes interesadas y las prioridades a escalas mundial y regional, sobre la base de la recopilación de datos, estudios de caso, prácticas idóneas y medidas políticas, y aspectos de sostenibilidad. También se analizan los resultados de iniciativas anteriores y se abordan necesidades regionales, incluidas las políticas conjuntas y los planes de trabajo que pueden adaptarse a las necesidades específicas de los Estados Miembros. Se analizan asimismo casos satisfactorios a escalas regional y nacional y prácticas idóneas, así como la organización de talleres en los que se debatieron avances recientes y se compararon políticas. Ello contó con la participación de las partes interesadas, incluidos gobiernos, encargados de la formulación de políticas, entidades de la sociedad civil, instituciones académicas, organismos de reglamentación y diversas organizaciones.

En el informe también se abordan prácticas idóneas, políticas y estudios de casos específicos de países presentados en las reuniones de la Cuestión 6/2 de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D durante el ciclo de estudios 2018-2021. También se proporcionan referencias a informes de otros Sectores de la UIT.



En el **Capítulo 1** se proporciona información general sobre los residuos electrónicos, los modelos y las tendencias mundiales relativos al aumento de dichos residuos, y una descripción de las organizaciones e iniciativas que tienen por objeto abordar cuestiones relacionadas con los mismos.

En el **Capítulo 2** se hace hincapié en las actividades de formación y aumento de la concienciación, los peligros que plantean los residuos electrónicos para la salud humana y el medio ambiente, la importancia de gestionar adecuadamente los residuos electrónicos y su proceso de eliminación, y las acciones de los consumidores encaminadas a la reducción de los residuos electrónicos.

En el **Capítulo 3** se aborda la formulación de estrategias sobre residuos electrónicos, reciclaje, sistemas de recuperación de residuos electrónicos, participación de los sectores público y privado e iniciativas gubernamentales. También se presentan varios modelos de financiación de sistemas de recuperación de residuos electrónicos, con el fin de garantizar su tratamiento y viabilidad económica, así como varios estudios de caso, prácticas idóneas y políticas sobre recuperación de residuos electrónicos con respecto a varias partes interesadas, en particular en materia de transporte y almacenamiento seguros, normas de seguridad y formación del sector informal que participa en las actividades de desmantelamiento y tratamiento de forma manual de residuos electrónicos, y viabilidad económica de su reciclaje y reutilización.

En el **Capítulo 4** se analizan tecnologías, sistemas y aplicaciones de reciente desarrollo para supervisar el clima y mitigar sus efectos. Se describe la forma en la que los macrodatos y la inteligencia artificial pueden ser útiles para convencer a los encargados de la formulación de políticas y a los líderes del sector industrial de la importancia que revisten los retos medioambientales, aportar transparencia y claridad a las nuevas políticas en los sectores gubernamental e industrial, y establecer nuevas normas en materia de generación y reducción de emisiones. El resultado de ese tipo de análisis puede ayudar a las economías emergentes a adoptar medidas de adaptación y fortalecimiento frente a fenómenos meteorológicos extremos, así como a formular políticas, estrategias y sistemas de adaptación eficaces para hacer frente a los efectos de dichos fenómenos. En este capítulo también se ponen de manifiesto las dificultades que plantea el análisis de la evolución del cambio climático en los países en desarrollo, al no disponerse de sistemas de medición armonizados para evaluar los costos sociales y económicos del cambio climático que deben afrontar las economías emergentes.

El **Capítulo 5** abunda en la elaboración de directrices, el desarrollo tecnológico y la formulación de prácticas idóneas en materia de supervisión del cambio climático y estrategias para la mitigación de su efectos, y se analizan diversas técnicas de observación de la Tierra (en particular, mediante satélites y sensores) que permiten realizar previsiones meteorológicas precisas y ayudar a las economías emergentes a planificar sus objetivos de desarrollo a tenor de la evolución del cambio climático.

# Abreviaturas y acrónimos

AC SIS	Sociedad Civil Africana sobre la Sociedad de la Información
AEE	Aparatos eléctricos y electrónicos
BDT	Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones
CEDEAO	Comunidad Económica de los Estados de África Occidental
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
DL	Aprendizaje profundo
DVD	Disco de vídeo digital
EEE	Espacio Económico Europeo
EIT	Instituto Europeo de Innovación y Tecnología
EPR	Responsabilidad ampliada del productor
GB	gigabytes
GEM	Observatorio mundial de los residuos electrónicos
GeSI	Iniciativa Mundial de Ciber sostenibilidad
GESP	Alianza Mundial para el Control Estadístico de los Residuos Electrónicos
GGA	Grupo de Gestión Ambiental
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GPU	Unidad de procesamiento gráfico
IA	Inteligencia artificial
IDC	International Data Corporation
IDMC	Observatorio de Desplazamiento Interno
IETC	Centro Internacional de Tecnología Medioambiental
IoT	Internet de las cosas
IPv4	Cuarta versión del Protocolo de Internet
IPv6	Sexta versión del Protocolo de Internet
ISWA	Asociación Internacional de Residuos Sólidos
ITC	Centro de Comercio Internacional
I+D	Investigación y desarrollo

(continuación)

LCD	Pantalla de cristal líquido
M2M	de máquina a máquina
M2P	de máquina a persona
MDP	Proceso de decisión de Markov
ML	Aprendizaje automático
MOOC	Curso en línea masivo y abierto
MIPYME	Microempresas y pequeñas y medianas empresas
NOAA	Administración Nacional del Océano y la Atmósfera
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industria
PMA	País Menos Adelantado
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRO	Organización para la responsabilidad de los productores
PVC	Policloruro de vinilo
RA/RV	Realidad aumentada y virtual
RAEE	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
RL	Aprendizaje por refuerzo
RNA	Red neuronal artificial
SaaS	<i>software</i> como servicio
StEP	Iniciativa Solving the E-waste Problem
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
Tm	Tonelada métrica
TSB	Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones
UE	Unión Europea

(continuación)

UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UNITAR	Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones
UNU	Universidad de las Naciones Unidas
WWA	World Weather Attribution
WWF	World Wide Fund for Nature
XML	Lenguaje de marcado extensible

# Capítulo 1 - Información de base sobre los residuos electrónicos

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) desechados (ya sean teléfonos, ordenadores portátiles, frigoríficos, sensores o televisores), se denominan residuos electrónicos, o residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). La mayor parte de los residuos electrónicos corresponde a dispositivos personales o domésticos como ordenadores, dispositivos inteligentes, pantallas, televisores y tabletas, así como aparatos de calefacción o refrigeración.<sup>1</sup>

La exposición directa o indirecta a los residuos electrónicos, en particular el contacto físico y la inhalación de humo tóxico, constituye un riesgo para la salud de las personas y los animales. Una acumulación de residuos electrónicos en el suelo, el agua o el aire, entre otros recursos naturales, puede pasar a la cadena alimentaria y dar lugar a muchos subproductos tóxicos, que se metabolizan en el cuerpo humano a un ritmo muy lento y pueden ocasionar daños a largo plazo, por ejemplo, cáncer, enfermedades de inmunodeficiencia, trastornos respiratorios u hormonales, defectos de nacimiento y mortalidad infantil. Las personas más vulnerables frente a los riesgos para la salud que suponen los residuos electrónicos son los niños y los adultos jóvenes, al encontrarse su cuerpo aún en fase de desarrollo.<sup>2</sup>

## Aumento de los residuos electrónicos a escala mundial

A raíz del elevado consumo de AEE, el breve ciclo de vida útil de los mismos y sus escasas y costosas posibilidades de reparación, los residuos electrónicos constituyen el tipo de residuos domésticos que más aumenta en el mundo.

Según se desprende del Observatorio mundial de residuos electrónicos 2020, en 2019:

- se produjeron alrededor de 53,6 millones de toneladas métricas (Tm) de residuos electrónicos en todo el mundo, lo que representa un aumento del 21% desde 2014, y se prevé que para 2030 la cantidad de residuos electrónicos a escala mundial alcance 74 t;
- únicamente el 17,4% de los residuos electrónicos se recogen y reciclan, lo que da lugar a grandes pérdidas de metales preciosos de alto valor (en particular, oro, plata, cobre y platino), de alrededor de 57 000 millones de dólares, cuantía superior al producto interior bruto de la mayoría de los países;
- la mayor cantidad de residuos electrónicos se produjo en la Región Asia-Pacífico (24,9 t), seguida de las Américas (13,1 t) y Europa (12 t), al tiempo que en África se generaron 2,9 t.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Los aparatos eléctricos y electrónicos abarcan una gran variedad de productos, incluido cualquier electrodoméstico o producto comercial que contenga circuitos o componentes eléctricos, así como una fuente de alimentación o de baterías ([Iniciativa StEP](#)).

<sup>2</sup> Organización Mundial de la Salud (OMS). [Los residuos electrónicos y la salud de los niños](#).

<sup>3</sup> UIT. [Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020](#).

Figura 1: Situación y previsión de la cantidad de residuos<sup>4</sup>



Fuente: UIT

### La UIT y las iniciativas sobre residuos electrónicos

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo de las Naciones Unidas especializado en una gran cantidad de aspectos relacionados con las TIC y las actividades y servicios de telecomunicaciones en todo el mundo. En 2018, la Conferencia de Plenipotenciarios, el órgano normativo supremo de la UIT, estableció un conjunto de objetivos relativos a los residuos electrónicos con objeto de elevar el índice de reciclaje de residuos electrónicos al 30%, y de aumentar la proporción de países con legislación sobre residuos electrónicos al 50% para 2023.

La Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT) de la UIT desempeña una función de prestación de asistencia a los países en desarrollo para llevar a cabo análisis pertinentes del alcance de las actividades relativas a los residuos electrónicos y ejecutar proyectos piloto conexos, con el fin de facilitar una sólida gestión medioambiental de los residuos electrónicos mediante su recuperación, desmantelamiento, reacondicionamiento y reciclaje, así como del ciclo de vida útil de los productos electrónicos. Esa función se ajusta a lo dispuesto en la Resolución 66 (Rev. Buenos Aires, 2017) de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones, en relación con las TIC y el cambio climático.

### Alianza Mundial para el Control Estadístico de los Residuos Electrónicos

La Alianza Mundial para el Control Estadístico de los Residuos Electrónicos (GESP)<sup>5</sup> se constituyó en 2017 en el marco de la colaboración entre la UIT, la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA) con objeto de supervisar la evolución de los residuos electrónicos a lo largo del tiempo y ayudar a los países a elaborar estadísticas sobre dichos residuos. La iniciativa proporcionará información a los encargados de formular políticas, al sector industrial, al sector académico, a los medios de comunicación y al público en general, con objeto de facilitar la comprensión e interpretación de los datos

<sup>4</sup> UIT. [Electronic waste is a growing challenge. What can you do to help?](#) Revista Actualidades de la UIT, 21 de junio de 2018.

<sup>5</sup> GESP: <https://globalewaste.org/>.

mundiales sobre residuos electrónicos y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

## La UIT y el apoyo a la política sobre residuos electrónicos

Con objeto de ayudar a los Estados Miembros a armonizar su desarrollo económico y social con su gestión ambiental, la UIT ofrece un programa destinado al desarrollo normativo y reglamentario. Los Estados Miembros pueden solicitar a la UIT asistencia técnica y medios para la creación de capacidad para respaldar la formulación de políticas nacionales o regionales en materia de RAEE.

### "Etapa 1 - Solicitud oficial

*Los Estados Miembros deberán cursar una solicitud oficial por escrito directamente a la Oficina Regional de la UIT, a fin de asistencia técnica sobre política en materia de RAEE.*

### Etapa 2 - Equipo de tareas

*Si aún no lo han hecho, se aconseja a los Estados Miembros que creen un equipo de tareas dedicado a la elaboración de políticas en materia de RAEE. Este equipo incluiría representantes del gobierno de, al menos, los departamentos de TIC, medio ambiente y salud.*

### Etapa 3 - Perfil de país

*La UIT crea un perfil de país con arreglo a un panorama general del medio ambiente, la sociedad, la economía, el panorama normativo existente y la infraestructura de gestión de los RAEE. Se realiza un amplio examen de la bibliografía, y se recopilan datos comerciales sobre generación o recogida de residuos.*

### Etapa 4 - Módulo en línea

*Se proporciona el módulo de aprendizaje electrónico a todas las partes interesadas públicas nacionales con una introducción a los conceptos clave sobre residuos electrónicos. Dicha introducción, en la que se puede avanzar a ritmo propio, tiene por objeto preparar a los interesados para la formulación de políticas sobre RAEE.*

### Etapa 5 - Encuestas a partes interesadas

*Se distribuyen encuestas cualitativas a todas las partes interesadas, tanto gubernamentales como no gubernamentales. Constituyen el inicio de las consultas y la evaluación nacional de los RAEE.*

*Se busca información sobre las funciones y responsabilidades de los diferentes actores, la financiación y la aplicación de la normativa, la infraestructura y el alcance de los productos.*

### Etapa 6 - Evaluación nacional

*La UIT colabora con los Estados Miembros para llevar a cabo una evaluación nacional rápida o a fondo de los RAEE, en función de las preferencias nacionales, el compromiso, la información existente y el calendario previsto para la elaboración de la política. La evaluación nacional suele incluir:*

- *Consultas bilaterales en persona con todas las partes interesadas pertinentes tras las encuestas.*

- *Visitas a emplazamientos para tomar nota de la infraestructura existente de los RAEE o actividades de gestión de residuos similares.*
- *Taller de consulta a las partes interesadas nacionales para iniciar la formulación del proyecto de política.*

#### Etapa 7 - Redacción preparatoria

*La UIT presta asistencia en la redacción técnica como parte de la transición desde la fase de consulta a los interesados hacia la de formulación de la política.*

#### Etapa 8 - Validación de la política

*Un taller de validación ofrece a los interesados la oportunidad de realizar una consulta final, antes de llegar a un consenso sobre la política.*

#### Etapa 9 - Plan de implementación

*La UIT apoya al gobierno para garantizar que se asignen funciones y responsabilidades, recursos, objetivos y plazos para velar por la aplicación de las políticas. En su caso, la planificación de la aplicación se lleva a cabo de conformidad con las directrices nacionales para la elaboración de políticas."<sup>6</sup>*

### **Función de la UIT para fomentar las iniciativas sobre residuos electrónicos y aumentar la concienciación de los medios de comunicación al respecto**

La UIT aumenta la concienciación, en el marco de diversos blogs y foros de medios sociales, sobre iniciativas de políticas públicas destinadas a abordar el reto que plantean los residuos electrónicos a escala mundial, con la colaboración de las partes interesadas. La Unión también participa en la celebración y organización conjunta de varios eventos y diálogos temáticos sobre residuos electrónicos. Desde 2019, la UIT apoya la organización de la Jornada Internacional de los Residuos Electrónicos<sup>7</sup>, que tiene lugar en octubre de cada año, a fin de aumentar la concienciación del público y los medios de comunicación sobre los residuos electrónicos y su reciclaje. La Jornada Internacional de los Residuos Electrónicos comenzó a celebrarse en 2018 en el marco del Foro sobre RAEE<sup>8</sup>, con el apoyo de sus miembros. El 14 de octubre de 2019, la UIT celebró la segunda Jornada Internacional de los Residuos Electrónicos, en la que participaron 112 organizaciones de 48 países.

### **La Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones (TSB) y los residuos electrónicos**

La Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (TSB) refrenda la labor del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T)<sup>9</sup>. La TSB facilita y organiza el proceso de aprobación de las recomendaciones del UIT-T y gestiona los acuerdos entre otras organizaciones internacionales de normalización y la UIT para disponer de normas conjuntas y evitar la duplicación de trabajos entre las partes interesadas. Dichos acuerdos fortalecen aún más la función de la UIT en la esfera de la normalización en el sector de las telecomunicaciones.

<sup>6</sup> UIT. Folleto para los Estados Miembros. [Waste Electrical and Electronic Equipment Policy Development](#).

<sup>7</sup> Foro sobre RAEE. [Jornada Internacional de los Residuos Electrónicos](#).

<sup>8</sup> Foro sobre RAEE: <https://weee-forum.org/who-we-are/>.

<sup>9</sup> UIT-T. [El UIT-T en breve](#).



El UIT-T establece normas sobre equipos y sistemas de telecomunicaciones y publica prácticas idóneas y directrices para promover soluciones TIC sostenibles y ecológicas, por ejemplo, baterías ecológicas, adaptadores universales de energía y cargadores para terminales móviles u otros dispositivos portátiles TIC, y adaptadores universales de energía externos para sistemas de TIC fijos. Por otro lado, el UIT-T establece los procedimientos necesarios para reciclar los metales preciosos que contienen los productos de TIC y formula prácticas idóneas sobre centros de datos ecológicos y directrices para el desarrollo de sistemas de gestión sostenible de residuos electrónicos. Durante el Período de Estudio en curso (2017-2020), la Comisión de Estudio 5 del UIT-T<sup>10</sup> se encarga de los trabajos sobre medio ambiente, cambio climático y economía circular<sup>10</sup>.

### Coalición de la ONU sobre residuos electrónicos

La Coalición de la ONU sobre residuos electrónicos<sup>11</sup> se constituyó en 2019 mediante la firma conjunta de una carta de intención no vinculante para las partes que la suscribieron. Dicha coalición la integra un grupo de organismos de la ONU cuyo objetivo es proporcionar un apoyo más eficaz para abordar el reto que plantean los residuos electrónicos en los Estados Miembros.

La coalición incluye: la UIT, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), ONU-Medio Ambiente, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación y la Investigación (UNITAR), ONU Hábitat, la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y las secretarías de los convenios de Basilea y Estocolmo. Cuenta con el apoyo de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y está coordinada por la Secretaría del Grupo de Gestión Ambiental (GGA). Su labor sienta las bases para desplegar esfuerzos concertados para establecer y conceptualizar propuestas; fomentar el compromiso y la colaboración de los fabricantes y recicladores de productos electrónicos; formular proyectos y realizar pruebas para abordar las actividades de gestión de residuos electrónicos; promover la asociación entre los sectores público y privado; fomentar el intercambio de conocimientos y proporcionar datos e información estadística para el seguimiento en tiempo real de la situación relativa a los residuos electrónicos.

### Secretaría del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación

El Convenio de Basilea<sup>12</sup> es un tratado internacional que entró en vigor en 1988; en 2018 contaba con 186 Estados Miembros y la Unión Europea como partes signatarias. El objetivo de este instrumento es supervisar el transporte transfronterizo de residuos peligrosos entre naciones, incluida su eliminación, sobre la base de la prevención de la transferencia de residuos peligrosos de los países desarrollados a los países en desarrollo o menos adelantados (PMA) para ayudarles a gestionar los residuos peligrosos de forma inocua con el medio ambiente. También proporciona directrices técnicas a los PMA, si bien el transporte de residuos radiactivos no entra dentro de sus competencias.

<sup>10</sup> UIT-T. [CE 5: Medio ambiente, cambio climático y economía circular.](#)

<sup>11</sup> UIT. [Coalición de la ONU para los residuos electrónicos.](#)

<sup>12</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). [Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación.](#)

## Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

El Centro Internacional de Tecnología Medioambiental (IETC)<sup>13</sup>, en el marco del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), promueve la gestión de residuos de forma sostenible sobre la base de informes y directrices en materia de estrategias de gestión de residuos electrónicos y la colaboración con gobiernos a escala local o nacional. El PNUMA contribuye a la creación de capacidad al proporcionar apoyo en materia de conocimientos para elaborar futuras hojas de ruta sobre gestión de residuos electrónicos.

Entre las publicaciones del PNUMA cabe destacar: "E-waste Volume I: inventory assessment manual", "E-waste Volume II: e-waste management manual", "E-waste Volume III: WEEE/e-waste-take back system", "Compendium of technologies for the recovery of materials from WEEE/e-waste", y "E-waste foresight report (2019)"<sup>14</sup>.

El PNUMA, en colaboración con el Convenio de Basilea, el Foro de Recursos Mundiales, la Universidad de Lovaina, EIT Raw Materials y el proyecto "European Multiple MOOC Aggregator", ha puesto en marcha un curso abierto de formación en línea sobre residuos electrónicos (MOOC)<sup>15</sup>.

## Organización Mundial de la Salud (OMS)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) promueve el aumento de la concienciación a escala internacional sobre los efectos adversos de los residuos electrónicos en la salud, especialmente la de los niños, y la necesidad de evitar que éstos se expongan a residuos peligrosos.<sup>16</sup>

Por otro lado, la OMS participa en actividades de I+D destinadas a promover la investigación sobre los efectos nocivos de la exposición a los residuos electrónicos y analizar las consecuencias de la exposición a dichos residuos para la salud. También contribuye a aumentar la concienciación sobre los efectos de dicha exposición en la salud a escalas mundial y regional, y facilita intervenciones y soluciones políticas en los países y el sector sanitario. Por último, en colaboración con otros organismos de las Naciones Unidas, en particular la ONUDI, la OMS hace hincapié en proyectos piloto que tienen por objeto la formulación de marcos de protección de la salud infantil en los países en desarrollo.

## Organización Internacional del Trabajo (OIT)

En 2019, representantes gubernamentales de todo el mundo, numerosas organizaciones de empleadores y de trabajadores y organizaciones no gubernamentales se reunieron en Ginebra para alcanzar un consenso en aras del establecimiento de un entorno laboral decente y seguro para los trabajadores que manipulan residuos electrónicos. Con arreglo a las medidas que se consensuaron, se pidió a los gobiernos que alentaran la inversión en infraestructuras de gestión de residuos y estructuras de apoyo a todos los niveles, para facilitar un entorno de trabajo decente, y ofrecieran protección frente al peligro que conllevan los residuos electrónicos para la salud humana, y pusieron de manifiesto la vulnerabilidad de los trabajadores, incluidas sus familias, que participan en trabajos de manipulación de residuos electrónicos en los países en desarrollo.

<sup>13</sup> PNUMA. [Centro Internacional de Tecnología Medioambiental \(IETC\)](#).

<sup>14</sup> PNUMA. IETC. [Recursos](#).

<sup>15</sup> PNUMA. Aprendizaje electrónico. [Desafío de los residuos electrónicos](#). 2 de noviembre de 2017.

<sup>16</sup> OMS. Op. cit.

Se subrayó la necesidad de mejorar los equipos para extraer los metales que contienen los residuos electrónicos, así como de formalizar el sector informal y mejorar la coordinación entre los organismos gubernamentales, a fin de evitar los peligros que ocasionan dichos residuos para la salud; por último, se puso de manifiesto la necesidad de establecer un conjunto de directrices o un código de prácticas sobre gestión de residuos electrónicos.<sup>17</sup>

## Universidad de las Naciones Unidas

La Universidad de las Naciones Unidas (UNU) tiene su sede en Shibuya, Tokio (Japón). La UNU es la división académica y de investigación de las Naciones Unidas. Tiene por objeto abordar problemas de alcance mundial relacionados con el desarrollo y el bienestar humano, en el marco de actividades de investigación y enseñanza colaborativas. La UNU fomenta la transferencia de conocimientos sobre investigación y avances científicos, así como tecnologías innovadoras. Promueve la investigación interdisciplinaria y proporciona soluciones vanguardistas y específicas en el plano político, con arreglo a políticas de desarrollo sostenible.<sup>18</sup>

## ONU-Hábitat

La labor del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) hace hincapié en el desarrollo urbano sostenible. Forma parte de la coalición sobre residuos electrónicos con objeto de "sentar las bases de las actividades de coordinación y colaboración para la gestión de residuos electrónicos con el respaldo de todo el sistema de las Naciones Unidas".

## Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)

Las actividades de este organismo especializado de las Naciones Unidas, con sede en Viena (Austria), abarcan alrededor de 60 países. La iniciativa de la ONUDI sobre residuos electrónicos se centra en la prestación de asistencia a los países en el ámbito del desarrollo económico e industrial, a fin de fomentar el desarrollo sostenible del sector de reciclaje de residuos electrónicos en las economías emergentes y promover una industria de servicios medioambientales en los países en desarrollo.<sup>19</sup>

## Centro de Comercio Internacional (ITC)

El Centro de Comercio Internacional (ITC) promueve el crecimiento y desarrollo económicos de forma inclusiva y sostenible en las economías emergentes, en particular en los PMA y en las economías en transición, mediante la creación de capacidad para fomentar la competitividad internacional de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas (MIPYME). El tratamiento de los residuos electrónicos suelen llevarlo a cabo pequeños productores en países en desarrollo, que deben afrontar retos asociados al establecimiento de empresas oficiales competitivas y sostenibles. El ITC contribuye al aumento de la concienciación de las partes interesadas a escala regional e internacional con respecto a los retos que plantean los residuos electrónicos, en particular el estudio y el desarrollo de las principales dificultades asociadas a la cadena de valor comercial de los residuos electrónicos, la promoción de una economía circular

<sup>17</sup> OIT. Sector dedicado a la gestión de residuos. [ILO's first ever meeting on e-waste adopts Points of Consensus to promote decent work in the sector](#). Noticias de la OIT, 11 de abril de 2019.

<sup>18</sup> UNU: <https://unu.edu/>.

<sup>19</sup> ONUDI. [Residuos electrónicos \(residuos-e\)](#).

en todos los sectores para facilitar la gestión de los residuos electrónicos y la prevención del comercio transfronterizo ilícito.<sup>20</sup>

## Otras organizaciones

### Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA)

La Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA) promueve y facilita la eficiencia en materia de recursos por medio de la producción y el consumo sostenibles en las economías en desarrollo y emergentes. También contribuye a facilitar el desarrollo de la gestión de residuos mediante la creación de capacidades y actividades de formación.<sup>21</sup>

### Iniciativas de la Unión Europea en relación con el gran aumento de residuos electrónicos

El breve ciclo de vida útil de los dispositivos electrónicos, debido con frecuencia a que su coste de reparación es elevado, o a que resulta más barato adquirir nuevos dispositivos, propicia la acumulación de residuos electrónicos. En 2019, la Unión Europea tomó medidas para reducir la acumulación de dichos residuos en consonancia con la visión de economía circular, y elaboró una nueva legislación en virtud de la cual los fabricantes deberán garantizar que sus dispositivos sean más fáciles de reparar y tengan una vida útil mucho más prolongada. La Comisión Europea desea aplicar una nueva directiva de diseño para reducir los 12 millones de toneladas de residuos electrónicos que se estima que se producen al año, y aumentar la vida útil de los dispositivos electrónicos.

### Responsabilidad ampliada del productor

El concepto de responsabilidad ampliada del productor (EPR) se estableció por primera vez en el decenio de 1990. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en particular, entiende la EPR como un enfoque de política medioambiental en virtud del cual la responsabilidad del productor de un producto se amplía para que abarque la fase posterior al consumo, a lo largo del ciclo de vida útil del producto. A escala nacional, los marcos normativos incorporan los principios de EPR, con frecuencia mediante la imposición al productor de la obligación de "recuperar" residuos electrónicos, y al consumidor la de "devolverlos". En el marco del mecanismo EPR se comparte la responsabilidad en materia de tratamiento de residuos. Habida cuenta de ello, los productores comparten con los consumidores y los gobiernos las funciones de promoción de las actividades de reciclado. El mecanismo EPR también abarca los productores que subvencionan empresas de reciclado. Por lo general, éstas no gozan de beneficios comerciales por diversos motivos. Por ejemplo, en ocasiones, los productos de las empresas de reciclado, materiales en su mayor parte reciclados, se hallan en situación de desventaja con respecto a los materiales de nueva creación, en términos tanto de calidad como de precio. Sin una compensación adecuada, las empresas no emprenden ninguna actividad de reciclado. En el marco del mecanismo EPR se deberían ofrecer subsidios y asistencia a las empresas de reciclado para que obtengan beneficios.

<sup>20</sup> ITC. [Política en materia de residuos electrónicos de TI](#).

<sup>21</sup> ISWA. [Promover y desarrollar la gestión sostenible y profesional de los residuos en todo el mundo y la transición a una economía circular](#).

## Organizaciones para la responsabilidad de los productores (PRO)/régimen de conformidad

Las organizaciones para la responsabilidad de los productores (PRO) abordan la responsabilidad de los mismos con respecto a los aspectos operacionales de la recogida, el transporte y el reciclaje eficaz de residuos de forma inocua con el medio ambiente, así como la eliminación de los productos al final de su vida útil, con objeto de cumplir las obligaciones previstas en el marco del mecanismo EPR. Si bien los productores financian las PRO de forma colectiva, el sistema de cumplimiento pertinente se basa, por lo general, en una empresa con ánimo de lucro creada como proveedor de servicios a productores.

Las PRO se establecen con el apoyo de los fabricantes que producen AEE y ayudan a fabricantes, importadores y minoristas a cumplir la normativa EPR. En ocasiones, los gobiernos establecen un conjunto de objetivos sobre reutilización y reciclado de productos en el marco de la normativa EPR, a fin de realizar un seguimiento de la incidencia de las disposiciones sobre EPR y el desempeño de los productores en relación con el volumen de producción. En nombre de sus miembros (fabricantes, importadores, distribuidores y minoristas), las PRO se encargan de las tareas de presentación de informes y cumplimiento de la normativa en vigor. El funcionamiento de los sistemas EPR ha de gestionarse por medio de una PRO y los productores inscritos, y debe contar con un mecanismo de financiación propia adecuado a tenor de los requisitos en materia de EPR.<sup>22</sup>

## Retos asociados a la implantación de la EPR en las economías emergentes

La implantación de la EPR a escala mundial constituye una ardua tarea, debido a la falta de infraestructuras de recogida y de instalaciones de reciclaje y reacondicionamiento que se ajusten a las normas internacionales. Para implantar la EPR de forma satisfactoria, es necesario disponer de mecanismos adecuados de control y fijación de precios, con objeto de aumentar la rentabilidad y los beneficios de esa implantación.

Los sistemas de readquisición en línea también deben ser más viables desde el punto de vista económico, a fin de motivar a los consumidores a recurrir a proveedores de servicios de reciclaje autorizados, y es necesario ampliar las infraestructuras de reciclaje para hacer frente a la gran cantidad de productos reciclados o reacondicionados, con miras a colmar lagunas en la cadena de suministro de productos electrónicos.

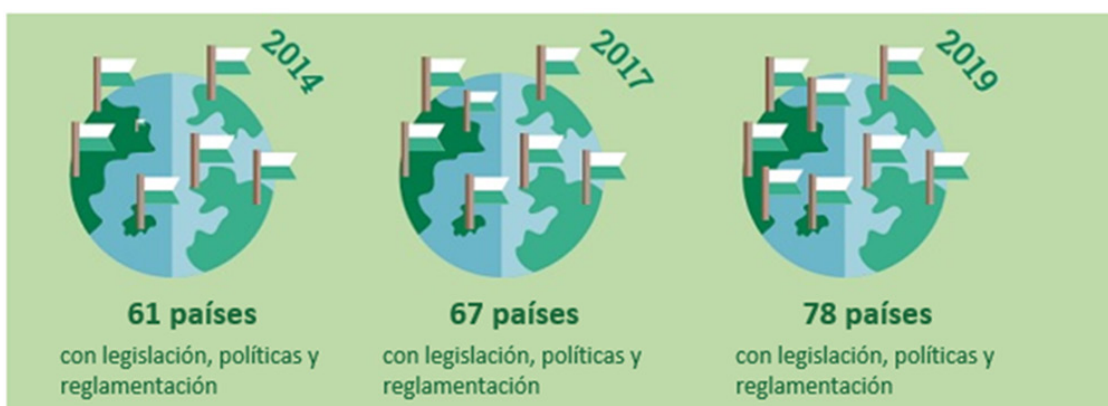
## Visión con respecto al futuro

Las iniciativas gubernamentales, incluidas las que guardan relación con el tratamiento de residuos electrónicos y su eliminación, el aumento de la concienciación y la asignación de responsabilidades a diversos actores de la cadena de valor de los residuos electrónicos, en particular productores (fabricantes, importadores, distribuidores y minoristas), proveedores de servicios de reciclaje (incluidos los servicios de recogida y de tratamiento previo), consumidores (al por mayor y los hogares) y gobiernos (a escala local o nacional), aumentarán la capacidad económica y de desarrollo del sector.

<sup>22</sup> Por ejemplo, véase: Packing Recovery Organisation (PRO Europe): <https://www.pro-e.org/>.

Según se desprende del Observatorio mundial de residuos electrónicos 2020<sup>23</sup> (véase la **Figura 2**), la cantidad de países que han adoptado una política, legislación o normativa a escala nacional sobre residuos electrónicos aumentó de 61 a 78 en el periodo comprendido entre 2014 y 2019. No obstante, en muchas regiones, los avances normativos tienen lugar a un ritmo muy lento, su aplicación es insuficiente y las actividades de recogida y gestión adecuada de los residuos electrónicos son deficientes. Según se indicó anteriormente, los Estados Miembros de la UIT también se han fijado el objetivo de aumentar el porcentaje de países con legislación sobre residuos electrónicos hasta el 50% (o sea, 97 países) de aquí a 2023, y la UIT ofrece un programa destinado a la formulación de políticas y reglamentación sobre residuos electrónicos en virtud del cual los Estados Miembros pueden solicitar asistencia técnica y apoyo para la creación de capacidad.

**Figura 2: Países con políticas, legislación o normativa en materia de residuos electrónicos**



Fuente: UIT

Es necesario racionalizar el proceso de elaboración de una legislación nueva, inclusiva e independiente de los sectores, y mejorar el cumplimiento y la supervisión de la política y legislación en vigor. En particular, en los casos en los que el ministerio de medio ambiente sea el principal encargado de la formulación de políticas, puede actuar como organismo regulador en lo concerniente a la aplicación de las mismas y facilitar el procedimiento de gestión de residuos electrónicos; mientras que la descentralización de la gestión de los residuos electrónicos en favor de entidades tales como los ministerios de telecomunicaciones, trabajo, comercio y sanidad, sectores clave en relación con el gran aumento de residuos electrónicos, puede contribuir a mitigar los efectos de la política y la legislación sobre gestión de residuos electrónicos sobre la base de una gestión de los mismos específica para cada sector.

De forma análoga a la gestión de residuos sólidos, la metodología que se propone se basa en la clasificación de residuos. En primer lugar, cabe centrarse en la prevención de los residuos electrónicos y, posteriormente, en su reducción, reutilización, reciclado, recuperación y eliminación. El diseño de los productos también puede desempeñar una función primordial, en particular en relación con la fase final de la vida útil de los productos, mediante la reducción de residuos basada en el diseño. La política debería abarcar la concesión de ayudas financieras e incentivos fiscales y hacer especial hincapié en el desarrollo de competencias en el sector

<sup>23</sup> Vanessa Forti et al. [Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular](#). UNU/UNITAR - coorganizadores del programa SCYCLE. UIT e ISWA. Bonn/Ginebra/Rotterdam, 2020.

informal de los residuos electrónicos, mediante la provisión de recursos e infraestructuras para la eliminación, reutilización y renovación de los mismos con técnicas científicas, y la mejora del diseño y la calidad de los productos.

Los recursos naturales son limitados y su recuperación mediante la gestión de residuos electrónicos mediante técnicas científicas constituye una solución viable, habida cuenta de que dichos residuos pueden contener cobre, hierro, aluminio, oro, plata y paladio. También contienen otros metales preciosos cuya demanda es cada vez mayor debido al aumento de la demanda de vehículos y productos electrónicos, en particular, el neodimio y el disprosio, que se utilizan para la fabricación de imanes y pilas. La aplicación de un enfoque unificado no es útil para todas las partes interesadas del sistema y la flexibilidad de diseño en materia de productos y métodos innovadores de eliminación de residuos electrónicos reviste suma importancia. Los modelos de reglamentación de los residuos electrónicos a escala nacional varían de un país a otro; por ejemplo, la eliminación de residuos electrónicos en Camerún es financiada por los productores, mientras que en Suiza los consumidores contribuyen al coste de dicha eliminación.

El Gobierno de la India<sup>24</sup> reconoce el potencial económico y la contribución de los residuos electrónicos a la estrategia en materia de recursos y la visión sobre economía circular de dicho país, y considera que el "factor humano" reviste una importancia crucial a efectos de la gestión de residuos electrónicos. El Consejo de Asesoramiento Económico al Primer Ministro de la India supervisa los organismos y gobiernos estatales que participan en la gestión de residuos electrónicos. En 2019, la oficina del asesor científico principal de la secretaría gubernamental de dicho país organizó un taller para aumentar la concienciación y fomentar la capacidad en el plano político sobre los residuos electrónicos<sup>25</sup>, en colaboración con la UIT, la OIT, la UNU y la OMS. Diversos investigadores del Programa de gestión de residuos del Departamento de Ciencia y Tecnología (DST) de la India llevaron a cabo con éxito varios ensayos de laboratorio sobre pirólisis de residuos electrónicos, proceso que permite transformar los residuos electrónicos en materiales en estados sólido, líquido o gaseoso, y recuperar los metales preciosos en estado sólido, al tiempo que se utilizan otros productos como catalizador<sup>26</sup>.

De forma análoga, el Comité Organizador de los Juegos Olímpicos y Paralímpicos de Tokio puso en marcha el "Proyecto medallas para Tokio 2020", que tuvo gran éxito, en el que se pidió a los ciudadanos de Japón que recogieran pequeños dispositivos portátiles usados en todo el país para fabricar las medallas de los Juegos. Su diseño se consultó con los ciudadanos y se fabricaron casi 5 000 medallas a partir de metales reciclados (véase la **Figura 3**).

<sup>24</sup> CE 2 del UIT-D. Documento [2/281](#) (India).

<sup>25</sup> UIT. [Taller de sensibilización política en materia de residuos electrónicos](#). Hyderabad (India), 27-29 de noviembre de 2019.

<sup>26</sup> Indus Dictum. [IIT Delhi scientists develop tech to recycle e-waste, recover gold and precious metals](#). 7 de diciembre de 2019.

Figura 3: Proyecto medallas para Tokio 2020



Fuente: Comité Organizador de los Juegos Olímpicos y Paralímpicos de Tokio

Con objeto de afrontar la cuestión de los residuos electrónicos, los países tendrán que replantearse sus políticas de gestión de residuos sólidos. Los residuos electrónicos, así como los metales pesados y los residuos peligrosos, deben clasificarse y enviarse para su reciclaje en la fase de recogida. Puesto que la labor de recogida de residuos electrónicos en las economías emergentes tiene lugar en gran medida en el sector informal, es imperativo garantizar unas condiciones seguras y unas competencias adecuadas a tal efecto, sin perjuicio de la rentabilidad y el cumplimiento de la normativa en dicho sector. Cabe aplicar soluciones exhaustivas en aras de una gestión ecológica y sostenible de los residuos electrónicos. Por otro lado, conviene promover los recicladores de residuos electrónicos de extremo a extremo y los extractores de metales con objeto de maximizar el valor de los residuos recuperados. La formulación de un conjunto adecuado de políticas puede fomentar la generación de empleo en el sector. En la mayoría de las economías emergentes, los residuos electrónicos se siguen recuperando de forma eficiente debido a su enorme mercado de productos usados, que contribuye a reducir los residuos electrónicos. La creación de infraestructuras auxiliares, la aplicación oportuna de políticas y reglamentos y los avances tecnológicos pueden evitar que los residuos electrónicos sigan aumentando y, a su vez, permitir recuperar los valiosos pero limitados recursos naturales. Las partes interesadas deben establecer objetivos de supervisión y reducción de los residuos electrónicos, y forjar asociaciones multipartitas entre los sectores público y privado para facilitar una acción común.



# Capítulo 2 - Formación y aumento de la concienciación sobre los residuos electrónicos

## 2.1 Importancia de eliminar adecuadamente los residuos electrónicos y consecuencias de no hacerlo para el medio ambiente y la salud humana

La gestión de residuos electrónicos sigue provocando enormes problemas medioambientales y sanitarios a los profesionales que desempeñan esa actividad y a la población en general. Los residuos de productos de las TIC plantean un problema, puesto que contienen toxinas, por ejemplo, mercurio, cadmio, plomo, arsénico o berilio, muy perjudiciales para la salud y el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente. Por otro lado, los teléfonos contienen grandes cantidades de materiales que pueden ser peligrosos para el medio ambiente y deben manipularse con cuidado.

La ampliación del uso de las TIC en la Región de África conlleva una mayor generación de residuos electrónicos, con consecuencias de índole diversa para el medio ambiente, las comunidades locales y la economía. En 2011, en la publicación de las Naciones Unidas "Where are WEEE in Africa?"<sup>27</sup> (¿Dónde se encuentran los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en África?) se señaló que el consumo doméstico era el principal factor que contribuía al aumento de los residuos electrónicos. Un estudio realizado en cinco países de África occidental puso de manifiesto que cada año el consumo doméstico generaba de 650 000 toneladas de residuos electrónicos a un millón, y que su eliminación se llevaba a cabo a menudo mediante incineración en lugares abiertos a través de redes de reciclaje officiosas, sin garantía alguna en materia de calidad, seguridad o protección del medio ambiente. En el informe también se destaca el agravamiento del problema como consecuencia de los residuos electrónicos importados. Los residuos electrónicos abarcan una gran variedad de dispositivos y plantean gran inquietud a raíz de su repercusión social y medioambiental<sup>28</sup> en todo el planeta.<sup>29</sup>

La obsolescencia programada genera grandes cantidades de residuos electrónicos que con frecuencia se exportan, o se envían a regiones en las que se da una gran desigualdad económica y social. Un pequeño grupo de personas (en los sectores gubernamental e industrial) se benefician de ello en detrimento de la población local, que suele depender en gran medida de la agricultura. A falta de un sector industrial en el que se realice un tratamiento selectivo de residuos, éstos se reciclan mediante métodos officiosos. Al ser tóxicos, la contaminación que

<sup>27</sup> PNUMA. Convenio de Basilea. [Where are WEEE in Africa? Findings from the Basel Convention e-waste Africa Programme](#). Diciembre de 2011.

<sup>28</sup> Henri Breuil et al. [Rapport TIC et développement durable](#). Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) y Conseil Général des Technologies de l'Information (CGTI), 2008; y Fabrice Flipo et al. [Technologies numériques et crise environnementale: peut-on croire aux TIC vertes?](#) en Projet Ecotic, Rapport final, 2009.

<sup>29</sup> Cédric Gossart C. [De l'exportation des maux écologiques à l'ère du numérique](#), Mouvements, 2009, páginas 23-28.

generan estos residuos no solo pone en peligro la vida de los habitantes de la zona, sino que también afecta a los ecosistemas que son su fuente de bienestar e ingresos.

Por ejemplo, los aparatos electrónicos desechados expuestos a la intemperie liberan el plomo que contienen los circuitos impresos y tubos de rayos catódicos, así como el mercurio que se utiliza para la retroiluminación de las pantallas LCD, además de cadmio, cromo o reactivos químicos como el cianuro. Según el PNUMA, la contaminación que producen los teléfonos desechados, entre otros residuos electrónicos, reviste un grave peligro para la salud humana, así como para el suelo, el agua y el aire.

### 2.1.1 Consecuencias para el medio ambiente

En tres contribuciones recientes de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D se pone de manifiesto la inquietud de los Estados Miembros por la contaminación medioambiental<sup>30</sup>. La acumulación de residuos contamina el suelo, en particular sus capas más profundas, el aire y el agua (en la capa freática u otras masas de agua) y degrada los alimentos obtenidos a través de la cadena alimentaria (leche y otros productos agrícolas, por ejemplo). Los peligros para el medio ambiente surgen al desmantelar aparatos para extraer recursos valiosos o desechar sustancias tóxicas directamente en el suelo. La contaminación atmosférica repercute en los ecosistemas locales, de los que depende la población para su subsistencia; por ejemplo, la quema de cables eléctricos contribuye a la contaminación de la atmósfera al dejar en la misma cenizas en suspensión. Los materiales no deseados suelen enterrarse o abandonarse, lo que contribuye a contaminar aún más el medio ambiente. En algunas regiones se registran niveles muy elevados de dioxinas y furanos atmosféricos, y la incineración de residuos tóxicos (por ejemplo, neumáticos o espuma de aislamiento) afecta adversamente a la capa de ozono y contribuye al agravamiento del efecto invernadero.

En un estudio científico de 2010 sobre los efectos de las sustancias tóxicas que genera el reciclaje de residuos electrónicos se demostró que los beneficios de dicho reciclaje no compensan la contaminación que provocan los métodos de reciclaje, por ejemplo, la liberación de gases tóxicos directamente en el medio ambiente y la contaminación de los recursos hídricos, la atmósfera y la biosfera.

### 2.1.2 Efectos para el ser humano

Entre las numerosas sustancias nocivas que contienen los residuos electrónicos cabe destacar el cadmio, el litio, el plomo, los retardantes de llama bromados y los cloruros de polivinilo. Esas sustancias constituyen un grave problema de salud pública. Los trabajadores que entran en contacto directo con esos productos químicos carecen de la protección adecuada. Inhalan polvo que afecta al sistema respiratorio (al provocar tos, infecciones, dificultad para respirar o asma) y ocasiona irritación ocular y daños cutáneos. También se exponen al contacto con metales pesados cancerígenos (plomo, mercurio, cadmio o PVC) que provocan daños a los sistemas nervioso y circulatorio, a los órganos reproductores, al sistema respiratorio, y a los riñones y los huesos; por otro lado, dichos trabajadores pueden recibir descargas eléctricas al desmontar equipos.

<sup>30</sup> Para ampliar información, véanse los Documentos [SG2RGO/119](#) (Camerún), [SG2RGO/109](#) (Sri Lanka) y [SG2RGO/198](#) (BDT) de la CE 2 del UIT-D.

Los niños y las mujeres embarazadas son un grupo particularmente vulnerable, al ser susceptibles de padecer un elevado índice de mortalidad y problemas de salud reproductiva. Muchos niños trabajan para recoger, desmantelar o incinerar AEE. Al no estar preparados para efectuar ese tipo de trabajo, pueden ser víctimas de accidentes laborales en condiciones de trabajo inadecuadas, y con frecuencia son objeto de estigmatización, acoso o explotación por sus empleadores. En algunos países de la región de África, los objetos desechados y la chatarra suelen recogerlos trabajadores itinerantes que se conocen como *gankpo gblégblé*<sup>31</sup>. Algunos de los residuos que recogen terminan en depósitos de chatarra, accesibles a niños que buscan en ellos residuos que puedan servir para algo, sin ningún equipo de protección y con un enorme riesgo para su salud.

### 2.1.3 Consecuencias socioeconómicas

La gestión de la etapa final del ciclo de vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos sigue constituyendo un gran reto. Habida cuenta de los peligros que los AEE conllevan para el público y la economía, algunos países han puesto en marcha diversas iniciativas sobre reciclaje.

En 2014, Camerún realizó un estudio técnico-económico y medioambiental con financiación del Banco Mundial con miras a establecer un centro piloto de gestión de RAEE. El estudio, que abordó la cuestión de los RAEE en todo el país, puso de manifiesto que cada hogar urbano de Camerún produce, en promedio, 34 kg de RAEE por año (equivalente a 6,8 kg por habitante por año), de los que el 40,5% corresponde a equipos audiovisuales, el 8,5% a equipos de telecomunicaciones y TI y el 44% a electrodomésticos de gran tamaño (frigoríficos, congeladores y aparatos de aire acondicionado, entre otros). En la actualidad, esos equipos obsoletos (por ejemplo, los cables) son almacenados por sus propietarios, se desechan con residuos domésticos o los queman proveedores de servicios de recogida, lo que provoca intensas emisiones de dioxinas y furanos (moléculas tóxicas que permanecen en la naturaleza por mucho tiempo).<sup>32</sup>

En el primer trimestre de 2019, el gobierno de dicho país publicó una convocatoria de declaraciones de interés con el fin de contratar los servicios de una empresa de consultoría que realizara un estudio con miras al establecimiento de un laboratorio para el análisis de la contaminación ambiental de las ondas electromagnéticas. Los resultados del estudio permitirán a Camerún dotarse de un laboratorio de alto nivel para analizar y estudiar la incidencia de las radiaciones electromagnéticas en el medio ambiente y la salud de la población de Camerún.

## 2.2 Medidas que pueden adoptar los consumidores para reducir la producción de residuos electrónicos (las 4 R)

Con objeto de reducir todo lo posible los residuos electrónicos, las partes interesadas en cuestiones medioambientales promueven la estrategia de las "4 R", a saber, reflexionar, reducir, reciclar y recuperar.

<sup>31</sup> Expresión en el idioma Fon, hablado en Benín, que significa "desecho" o residuo de metal ferroso.

<sup>32</sup> Documento [SG2RGQ/119](#) (Camerún) de la CE 2 del UIT-D.

### 2.2.1 Reflexionar

Es necesario reconsiderar la excesiva cantidad de residuos que se generan y consumen. El consumo viene dado por necesidades básicas de alimentación, vivienda, educación y entretenimiento, si bien determinados factores como los ingresos, el ritmo de vida, la cultura, la educación, la situación familiar o las ideas sobre la vida pueden influir en el comportamiento de los consumidores.<sup>33</sup> El consumo no sólo satisface necesidades, sino que ha pasado a constituir actualmente un elemento clave para definir las relaciones sociales. Es una cuestión de deseo, autorrealización y estatus social. El consumo permite reafirmar la identidad propia y la pertenencia a un grupo. Lo que las personas compran está estrechamente relacionado con su percepción de la identidad. El contenido de los recipientes en los que las personas depositan residuos pone de relieve su modelo social y sus preferencias personales. Se ajusta a un enfoque específico del consumo, por ejemplo, su rechazo a comprar, la compra de artículos de primera necesidad, la realización de compras útiles o accesorias, compras por placer, o compras trofeo.

Ese proceso de reflexión requiere un cierto grado de introspección. La compra de un producto puede contribuir a forjar o fortalecer una imagen favorable de sí mismo; ello explica la forma compulsiva en la que algunas personas consumen o adquieren aparatos eléctricos y electrónicos.

La citada reflexión reviste importancia porque en una sociedad de consumo se insta constantemente a las personas a consumir bienes y servicios que pueden ser innecesarios y que generan una gran cantidad de residuos. Replantear determinadas pautas de consumo podría mitigar efectos adversos como el agotamiento de los recursos naturales y la acumulación de residuos eléctricos y electrónicos. Es necesario que las personas reflexionen sobre sus pautas de consumo y tomen conciencia de la función del consumo si se quiere reducir la cantidad de residuos electrónicos generados en la sociedad. La reflexión constituye el primer paso hacia la modificación de los hábitos de consumo.

### 2.2.2 Reducir

La reducción de residuos electrónicos conlleva que el consumidor medite durante la etapa de compra. Ello debe pasar a ser un reflejo automático. Los consumidores deben preguntarse en todo momento, como ciudadanos ecológicamente responsables, si es necesario consumir tanto y producir tantos residuos electrónicos.

Existen proyectos e iniciativas que permiten reducir la generación de residuos en su origen, en particular iniciativas sobre consumo responsable, consumo ecológico, simplificación y aumento negativo de los residuos. La reducción de los residuos electrónicos conlleva modificar la pauta de consumo y atribuir menos importancia a lo que se posee, puesto que el objetivo de cero residuos no es reciclar, sino rechazar el consumo de cosas que llenan los recipientes de residuos.

La reducción de residuos también conlleva negarse a desechar cosas para comprar otras nuevas. Actualmente se tiende a sustituir un artículo en cuanto se deteriora o se rompe, aunque sea posible repararlo. En ocasiones, reparar un artículo es más caro que comprar uno nuevo, y las competencias necesarias para reparar artículos son cada vez más escasas. En consecuencia, la reducción del consumo conlleva reconocer el valor de esas competencias, compartirlas y transmitir las a otras personas.

<sup>33</sup> Para ampliar información, véase el estudio [Gestion des déchets dans une approche d'éducation permanente](#), Bruselas, 2014.

### 2.2.3 Reutilizar

En este caso, el objetivo es fomentar la economía circular y mantener el funcionamiento de los equipos electrónicos durante más tiempo, antes de desecharlos. Ello es habitual en las economías emergentes, en las que la utilización de productos de segunda mano es más habitual. Promover el consumo responsable y la reutilización de productos electrónicos, así como la ampliación de la responsabilidad del productor, en virtud de la cual los mecanismos de readquisición de productos antiguos pueden fomentar aún más la reutilización de materiales utilizados para la fabricación de AEE, puede mitigar el problema del aumento cada vez mayor de los residuos electrónicos.

### 2.2.4 Reciclar

El reciclaje conlleva la recuperación de materiales desechados para su transformación en nuevos productos en el marco de un proceso industrial. Los materiales que se desea reciclar se recogen, clasifican y procesan, y posteriormente se utilizan en procesos de producción, en lugar de utilizar materias primas. El reciclaje permite extraer productos útiles de los residuos electrónicos, por lo general, mediante tratamiento químico, a fin de transformar íntegramente el material residual. En el caso de los equipos informáticos, por ejemplo, puede encontrarse un uso para sus componentes plásticos.

El reciclaje de residuos electrónicos abarca cuatro etapas:

- la recogida, consistente en las operaciones necesarias para reunir los residuos en el lugar en el que se generan y transportarlos a una instalación de procesamiento;
- el desmontaje, etapa en la que se obtienen los componentes que contienen sustancias peligrosas, por ejemplo, tubos de rayos catódicos, pilas o lámparas de descarga, a fin de facilitar el acceso a subconjuntos o componentes susceptibles de tener valor. Ello incluye las placas de circuitos electrónicos, que pueden contener metales preciosos; tubos de rayos catódicos y otros componentes potencialmente peligrosos; carcasas de plástico, que podrían utilizarse para el reciclaje de plásticos; y diversos componentes metálicos, en particular hierro, cobre o aluminio incluidos en cableados, bobinas y carcasas;
- el triturado, etapa clave del reciclaje de residuos electrónicos, cuyo objeto es reducir el tamaño de los residuos sólidos para obtener fragmentos más pequeños; y
- el triado, etapa importante del proceso de reciclaje de residuos electrónicos. Por ejemplo, el triado magnético se utiliza para eliminar sustancias metálicas del conjunto de material triturado, de ser necesario.

Varios países están adoptando métodos de gestión de residuos electrónicos. Habida cuenta de ello, la Comisión de Reglamentación de las Telecomunicaciones de Sri Lanka, organismo regulador del sector de las telecomunicaciones y las TIC en dicho país, ha formulado varias estrategias y directrices para alentar a las partes del sector y al público a reutilizar o eliminar adecuadamente los residuos de telecomunicaciones/TIC.

En Sri Lanka se llevaron a cabo las actividades siguientes:

- se adoptaron medidas para poner en marcha un laboratorio que examine las normas relativas a teléfonos móviles importados y equipos de TIC conexos;
- se realizó una revisión especial de las metodologías necesarias para la eliminación adecuada de los residuos electrónicos, y sus resultados se presentaron a la UIT;
- se debatieron con los directores generales de todas las empresas telefónicas de Sri Lanka las metodologías necesarias para la eliminación adecuada de los residuos electrónicos. En el marco de esos debates, se decidió instalar contenedores para la eliminación de

- residuos en todos los centros de servicios de telefonía para los consumidores y elaborar programas para aumentar la concienciación de los consumidores (véase la **Figura 4**); y
- las compañías telefónicas llevaron a cabo programas de recogida de residuos electrónicos en los centros de servicios para el consumidor y los residuos recogidos se enviaron a centros de almacenamiento de residuos de la Autoridad Central Medioambiental.<sup>34</sup>

**Figura 4: Folleto de concienciación sobre los residuos electrónicos en Sri Lanka**



Fuente: Comisión de Reglamentación de las Telecomunicaciones de Sri Lanka

### 2.3 Medidas que cabe adoptar para gestionar los residuos electrónicos generados al por mayor o por los consumidores

Con objeto de reducir la cantidad de residuos electrónicos que se generan, conviene analizar, en primer lugar, el mercado de dispositivos usados antes de adquirir equipos nuevos, puesto que podría ser factible reutilizar un dispositivo usado. Esa posibilidad debe estudiarse cuando se considere adquirir equipos nuevos (o usados), o cuando se vayan a sustituir equipos que hayan quedado inservibles u obsoletos para el propietario (regalo o reventa).

En el caso de una empresa, es importante examinar y especificar sus necesidades, en colaboración con el servicio de compras, a fin de determinar si es realmente necesario sustituir el equipo de que se trate. Ello contribuirá a reducir todo lo posible las compras innecesarias, a planificar la utilización final de los equipos que se van a sustituir (transferirlos a otra dependencia, regalarlos o venderlos) y a formular opciones para la compra de equipos usados cuando dicha compra sea imprescindible, ya sea a escala local (a otras empresas de la zona) o a través de

<sup>34</sup> Véase el documento [SG2RGO/109](#) (Sri Lanka) de la CE 2 del UIT-D.

Internet. Por ejemplo, en Francia existen muchas iniciativas destinadas a facilitar la gestión de los residuos a los ciudadanos.<sup>35</sup>

Se recomienda poner en marcha una estructura de gestión (un centro de coordinación) referente a los principios de reducción de residuos, en virtud de la cual un órgano nacional (similar a los existentes en Francia e Italia, por ejemplo) reúna a las partes interesadas (productores de AEE, proveedores de servicios de reciclaje y operadores de gestión de residuos) en la gestión de RAEE. Los gobiernos deben establecer y mantener un registro de partes interesadas en relación con el ciclo de residuos electrónicos, definir los medios que permitan determinar qué residuos electrónicos deben recoger y procesar las partes interesadas, y establecer y gestionar un sistema de supervisión de la conformidad.

Los residentes locales también pueden desempeñar una función útil al organizar un sistema de recogida de residuos electrónicos domésticos, facilitar lugares de recogida y realizar campañas de concienciación para informar a la población de los retos que plantean los residuos electrónicos a tenor de las soluciones disponibles. Ese servicio podría financiarse mediante un impuesto de recogida de residuos, de forma análoga a los residuos domésticos.

La forma de organizar la recogida de residuos varía de un país a otro, al depender de factores contextuales como las características sociodemográficas, la capacidad de selección de residuos, la disponibilidad de centros de recogida a escala local, las instalaciones existentes para la recogida de residuos electrónicos y la densidad de población, entre otros. Cuando los consumidores compran AEE, deberían abonar un impuesto de eliminación, o cualquier otro tipo de tasa directa, que puedan recuperar los distribuidores y fabricantes para financiar las organizaciones ecológicas de recogida y tratamiento de residuos electrónicos. Por otro lado, debería alentarse a los consumidores a que lleven sus residuos a los centros de recogida habilitados por la administración local en municipios, ciudades o aldeas.

Debería ofrecerse asimismo a los consumidores la posibilidad de entregar sus antiguos dispositivos electrónicos a minoristas tecnológicos a cambio de otros de repuesto, de conformidad con la directiva de la Unión Europea pertinente sobre residuos electrónicos. A tal efecto, los minoristas (incluidos los minoristas en línea) tendrían que prestar un servicio de recogida eficaz, y disponer de espacio de almacenamiento para residuos electrónicos en sus tiendas y en los centros de recogida, a fin de transportarlos ulteriormente a centros municipales de eliminación de residuos autorizados o a centros de reciclaje (en los casos en los que los minoristas se encarguen de eliminar sus propios residuos electrónicos).

La gestión de los residuos electrónicos en los hogares, las escuelas<sup>36</sup> y las oficinas se basa, en primer lugar, en la realización de actividades de formación, la elaboración de documentación en el marco de campañas y el diseño de carteles para concienciar al público sobre la clasificación de residuos. La formación debe tener lugar en el idioma apropiado del país de que se trate y poner de manifiesto los conocimientos de los participantes y fomentar su conciliación al

<sup>35</sup> Véase Zero Waste (ZW) France. [Nos outils](#). Por ejemplo: Marine Foulon. [Zéro déchet au bureau - Le Guide : 12 actions pour réduire les déchets sur son lieu de travail](#). 17 de mayo de 2018.

<sup>36</sup> Cabe utilizar herramientas didácticas, por ejemplo, materiales de enseñanza basados en un "leguaje visual", para fomentar la concienciación sobre la relación que existe entre el nivel de afluencia y los enfoques de la gestión de residuos, en particular libros de actividades, discos compactos, videoclips, declaraciones de personas e ilustraciones sobre el flujo de residuos ordinarios o peligrosos.

respecto<sup>37</sup>, habida cuenta de las opiniones sobre ello a escalas personal, familiar, comunitaria y política. Por ejemplo, podrían distribuirse ilustraciones de la campaña sobre aspectos relativos a la clasificación de residuos en escuelas, barrios y oficinas.

Las oficinas ecológicas deben fomentar la prevención para reducir la generación de residuos en origen, y hacer que las actividades de clasificación y reciclaje sean obligatorias para la mayoría de residuos inevitables. Por ejemplo, los envases de cartón tendrían que reciclarse, al tiempo que los cartuchos de tinta y los residuos electrónicos de las oficinas deberían clasificarse y eliminarse de forma adecuada, con independencia del tamaño de la oficina o de la cantidad de residuos que generen.

## 2.4 Información sobre los lugares en los que se pueden desechar residuos electrónicos

Es necesario redoblar esfuerzos para facilitar información a la población sobre los lugares en los que se pueden desechar o reciclar pilas, ordenadores usados u otros equipos que contienen residuos tóxicos. En muchos lugares, los teléfonos móviles, ordenadores, módems o tabletas desechados acaban en vertederos comunales u oficiosos situados cerca de hogares, y el problema que plantean los equipos TIC desechados a escala local puede verse agravado por los residuos importados. Estos residuos suelen acabar enterrados en vertederos oficiales o depositados de forma ilícita en la orilla de las carreteras o en otros vertederos, en los que se incineran o se deja que se deterioren.

---

<sup>37</sup> La información que se dé a conocer debe hacer hincapié en preguntas específicas, por ejemplo, las siguientes: ¿Qué sabemos acerca de los residuos? ¿Cuáles son nuestras fuentes de información sobre los residuos y la forma de procesarlos? ¿En qué valores se basan nuestros conocimientos?



# Capítulo 3 - Cadena de valor y gestión de los residuos electrónicos

## 3.1 Tipos de aparatos eléctricos o electrónicos que deben reciclarse

Con objeto de facilitar los procesos de tratamiento pertinentes, la Unión Europea propone clasificar los RAEE en seis categorías, en virtud de la Directiva de la UE 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos o electrónicos, como se detalla a continuación.

**Cuadro 1: Categorías de RAEE según la Directiva de la UE**

Categoría	RAEE correspondientes
1	<b>Aparatos de intercambio de temperatura</b> (frigoríficos, congeladores, aparatos que suministran automáticamente productos fríos, aparatos de aire acondicionado, equipos de deshumidificación, bombas de calor, radiadores de aceite, otros aparatos de intercambio de temperatura que utilicen otros fluidos que no sean el agua, etc.)
2	<b>Monitores, pantallas y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm<sup>2</sup></b> (pantallas, televisores, marcos digitales para fotos con tecnología LCD, monitores, ordenadores portátiles, incluidos los pequeños)
3	<b>Lámparas</b> (lámparas fluorescentes rectas, lámparas fluorescentes compactas, lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos, lámparas de sodio de baja presión)
4	<b>Grandes aparatos</b> (lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas, cocinas y hornos eléctricos, hornillos eléctricos, placas de calor eléctricas, luminarias, aparatos de reproducción de sonido o imagen, equipos de música (excepto los órganos de tubo instalados en iglesias), máquinas de hacer punto y tejer, grandes ordenadores, grandes impresoras, copiadoras, grandes máquinas tragaperras, productos sanitarios de grandes dimensiones, grandes instrumentos de vigilancia y control, grandes aparatos que suministran productos y dinero automáticamente, paneles fotovoltaicos)
5	<b>Pequeños aparatos</b> (aspiradoras, limpiamoquetas, máquinas de coser, luminarias, hornos microondas, aparatos de ventilación, planchas, tostadoras, cuchillos eléctricos, hervidores eléctricos, relojes, maquinillas de afeitarse eléctricas, básculas, aparatos para el cuidado del pelo y el cuerpo, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, aparatos de grabación de vídeo, cadenas de alta fidelidad, instrumentos musicales, aparatos de reproducción de sonido o imagen, juguetes eléctricos y electrónicos, artículos deportivos, ordenadores para practicar ciclismo, submarinismo, carreras, remo, etc., detectores de humo, reguladores de calefacción, termostatos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños productos sanitarios, pequeños instrumentos de vigilancia y control, pequeños aparatos que suministran productos automáticamente, pequeños aparatos con paneles fotovoltaicos integrados)
6	<b>Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños</b> (teléfonos móviles, GPS, calculadoras de bolsillo, encaminadores, ordenadores personales, impresoras, teléfonos)

## 3.2 Organización del sistema de gestión de los RAEE

### 3.2.1 Cadena de valor

La cadena de procesamiento de los residuos electrónicos abarca las siguientes actividades: recogida, transporte, procesamiento y reciclado.

#### a) Recogida

Esta actividad consiste en recuperar los aparatos que ya no se utilizan y llevarlos a instalaciones de procesamiento. Con objeto de facilitar el tratamiento final, la recogida puede ser selectiva, por ejemplo, en función de la categoría del aparato, su grado de toxicidad o tipo de procesamiento aplicable, a fin de obtener conjuntos de residuos homogéneos. La recogida suele llevarse a cabo mediante diversos métodos, en particular, por medio de instalaciones permanentes y rutas periódicas.

- **Recogida fija o permanente.** Se lleva a cabo en instalaciones de almacenamiento fijas previstas a tal efecto que habilita, por lo general, la organización responsable de la gestión de residuos electrónicos. Los distribuidores también pueden habilitar dependencias de ese tipo en sus instalaciones, con el fin de recoger aparatos al término de su vida útil. Los consumidores pueden desechar sus aparatos en dichas dependencias gratuitamente, o previo pago, según el caso o el modelo de gestión de que se trate.
- **Recogida periódica.** Consiste en recorrer periódicamente una serie de rutas en una zona prevista a tal efecto. Los residuos se recogen en lugares específicos provistos de plataformas técnicas móviles de almacenamiento. Este método incluye asimismo la recogida de residuos a domicilio (que llevan a cabo profesionales en hogares o empresas). A continuación, los residuos electrónicos recogidos se transportan a un centro de recogida fijo o a un centro de procesamiento.

#### b) Transporte

Esta actividad consiste en trasladar los residuos electrónicos desde centros de recogida periódicos fijos a centros de reciclaje, y debe ser efectuada mediante vehículos especialmente equipados para el transporte de productos peligrosos. La organización local encargada de la gestión de los residuos fleta dichos vehículos.

#### c) Procesamiento/reciclaje

De conformidad con el informe anual del registro de residuos electrónicos que la Agencia de medio ambiente y gestión de la energía de Francia (ADEME) elaboró en 2016, se recomiendan cinco tipos de procesamiento. Se enumeran en el **Cuadro 2** por orden de prioridad.

**Cuadro 2: Cinco tipos de procesamiento**

Denominación	Tipo de procesamiento
Preparación para la reutilización	Reutilización del aparato después de su reparación
Reutilización parcial	Reutilización de partes o subconjuntos del aparato
Reciclaje de material	Reciclaje de material de los componentes del aparato una vez desmantelado por medios manuales o mecánicos

**Cuadro 2: Cinco tipos de procesamiento (continuación)**

Denominación	Tipo de procesamiento
Recuperación energética	Incineración con recuperación energética
Eliminación	Eliminación sin recuperación (vertido, incineración sin recuperación energética)

**3.2.2 Funciones**

En el sistema de gestión de residuos electrónicos participan, por lo general, órganos gubernamentales, autoridades locales, productores, consumidores empresariales u hogares y la sociedad civil.

**Entidades gubernamentales**

En la mayoría de los países que han desarrollado sistemas de procesamiento de residuos electrónicos, el ministerio o la administración responsable de los asuntos medioambientales es la entidad encargada de la aplicación de las políticas de recogida y procesamiento de dichos residuos. Esa entidad se encarga de establecer las condiciones propicias para una gestión eficaz y sostenible de los residuos, y es responsable de las actividades siguientes:

- desarrollo, difusión y supervisión del marco jurídico y reglamentario atinente a la gestión de los residuos electrónicos y a la protección del medio ambiente;
- supervisión de la aplicación de la normativa vigente; y
- establecimiento de un mecanismo de financiación adecuado para el sector.

**Productores**

Con respecto a la gestión de residuos electrónicos, en la Unión Europea se entiende por productor a toda persona física o jurídica, establecida en un Estado Miembro, que fabrica, comercializa o revende AEE con arreglo a su propio nombre o marca comercial; comercializa en ese Estado Miembro, a título profesional, AEE de un tercer país o de otro Estado Miembro; o vende AEE por medios de comunicación a distancia directamente a hogares particulares o a otros usuarios de un Estado Miembro, y que está establecida en otro Estado Miembro, o en un tercer país.<sup>38</sup>

Conviene definir qué es un productor, habida cuenta de que un sistema de gestión de residuos electrónicos que funcione eficazmente debería ir acompañado de un inventario con los nombres y datos de contacto de todos productores que venden residuos electrónicos en un país. A falta de un registro nacional de productores de AEE, no existe ningún mecanismo para responsabilizar a los productores de la gestión de los AEE al final de su vida útil. En el marco de un sistema de responsabilidad ampliada del productor (EPR), esos productores serían responsables de la gestión de los AEE. En el **Capítulo 1** se proporciona una introducción a la EPR.

<sup>38</sup> Unión Europea, Directiva [2012/19/UE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre RAEE. Artículo 3(f).

## Consumidores

Por lo general, los consumidores se encargan de separar los residuos en origen y, en función del modelo de financiación del sistema de gestión de residuos electrónicos de que se trate, pueden asumir parcialmente determinados costos al adquirir nuevos AEE o al desecharlos.

La función que desempeña el consumidor en el sistema de gestión de residuos electrónicos reviste suma importancia, por ser quien decide comprar dispositivos electrónicos y desecharlos y, en consecuencia, quien determina la utilización y vida útil de esos dispositivos.

Los consumidores suelen dividirse en dos categorías, con respecto a las cuales cabe distinguir varias estrategias de gestión de residuos a los efectos de aumento de la concienciación y recogida de residuos, a saber:

- hogares y pequeñas empresas;
- consumidores al por mayor, en particular organismos públicos y grandes empresas.

Los hogares y las pequeñas empresas son los principales productores de residuos eléctricos. Son responsables de devolver los equipos al final de su vida útil a los distribuidores, o a instalaciones específicas de recogida de residuos. Deben ser conscientes de los efectos nocivos que tienen los equipos eléctricos para la salud y el medio ambiente. También participan directamente en la financiación del sistema de gestión de los RAEE, a través de la tasa que abonan por la adquisición de nuevos equipos, o la contribución (participación ecológica) que se abona por la recuperación de equipos usados.

## Proveedores de servicios de reciclaje

Por proveedor de servicio de reciclaje se entiende la persona física o jurídica encargada de velar por el cumplimiento de una normativa determinada relativa al proceso de reciclaje que tiene lugar en el marco de la actividad empresarial que está bajo su control. El proceso de reciclaje de residuos electrónicos consiste en "toda operación de recuperación mediante la cual los materiales de desecho vuelven a transformarse en productos o materiales, ya sea para los mismos fines, o de otro tipo".<sup>39</sup>

Las organizaciones de reciclaje desempeñan un papel fundamental en la gestión de RAEE y realizan asimismo actividades de recogida, transporte y almacenamiento. Los proveedores de servicios de reciclaje autorizados se encargan del reciclaje de residuos electrónicos, por otro lado, puede haber actividades de reciclaje que tienen lugar de forma oficiosa en un país, que cabe abordar en el marco de políticas nacionales.

## Gobiernos

Por gobierno se entiende todo ministerio o departamento pertinente, a escala nacional o local, que tiene una función o responsabilidad específica a los efectos de administración de la cadena de valor de los residuos electrónicos.

En el marco del sistema de gestión de los residuos electrónicos, el gobierno debe participar en la concesión de licencias, promover la aplicación de la ley y supervisar el transporte transfronterizo

<sup>39</sup> Unión Europea, Directiva [2008/98/CE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos, en virtud de la cual se derogan determinadas Directivas (Texto pertinente a efectos de EEE). Artículo 3(17).

de dichos residuos. Por otro lado, el gobierno ha de supervisar a escala nacional o local el marco constitucional y jurídico en vigor, la concesión de licencias medioambientales y las funciones y responsabilidades de otros actores de la cadena de valor de residuos electrónicos, en particular los instrumentos financieros, la evaluación de efectos medioambientales y la gestión de residuos sólidos a nivel municipal, incluida su normativa.

El establecimiento de organizaciones sobre la responsabilidad de los productores (como se describe en el **Capítulo 1**) debería regirse por lo dispuesto a nivel gubernamental.

### **Autoridades locales**

Las autoridades locales han de asumir la responsabilidad de la recogida y del procesamiento de residuos a escala municipal, así como de la formulación y aplicación de estrategias de gestión de residuos a escala local, o su aplicación a escala nacional. En determinados casos, pueden delegar los servicios de recogida y procesamiento de residuos en terceros. En ciertos sistemas de gestión, los municipios son los encargados de poner en marcha instalaciones específicas de recogida de residuos electrónicos y de garantizar el transporte de esos residuos a las dependencias de procesamiento.

### **Productores o distribuidores de aparatos eléctricos y electrónicos**

Los productores o distribuidores de aparatos eléctricos y electrónicos abarcan los fabricantes, importadores, mayoristas y minoristas de AEE. Éstos desempeñan un papel importante en el proceso de recogida y procesamiento de residuos electrónicos. En algunos casos, el sistema de gestión depende plenamente de los productores y distribuidores, que deben recuperar los aparatos utilizados por los usuarios finales (hogares y empresas). Pueden aceptar directamente esos aparatos en sus instalaciones mediante su propia infraestructura de recogida. En algunos casos, los residuos electrónicos únicamente se aceptan en el momento en que se compran nuevos aparatos, en el marco de un proceso de recuperación "uno por uno". Posteriormente, los residuos recuperados se reacondicionan en las citadas instalaciones, o se integran en el sistema de procesamiento local. Los distribuidores de AEE desempeñan asimismo un papel fundamental en la financiación del sistema de recogida. Se encargan de cobrar las tasas de procesamiento de aparatos usados y de remitir su cuantía a la organización de reciclaje. Dichas tasas deben abonarse en concepto de compra de aparatos nuevos o al devolverse equipos usados.

## **3.3 Descripción de la situación en algunos países de la Región de África**

Según el Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020, la Región de África generó 2,9 t de residuos electrónicos en 2019.<sup>40</sup>

En la región africana, la gestión de los residuos electrónicos suele correr a cargo de operadores del sector informal, con escasa participación del sector público, tanto en la organización como en la financiación de los sistemas de gestión.

Aunque existen iniciativas, su efecto sigue siendo limitado. Organizaciones regionales como la Comunidad Económica de Estados de África Occidental (CEDEAO) están tratando de

<sup>40</sup> Véase ISWA. [The Global E-Waste Monitor 2020](#). ISWA News, 2 de julio de 2020.

establecer un marco para gestionar más eficazmente los RAEE, con la participación de los 15 países miembros de la CEDEAO.<sup>41</sup>

En Senegal, existen instalaciones privadas de desmantelamiento que reciben equipos de empresas privadas, como la Compañía Nacional de Telecomunicaciones (Sonatel), y de las autoridades públicas. A través de la Agencia Estatal de Tecnologías de la Información (ADIE), Senegal está revisando un decreto para complementar la Ley N° 2001-01, de 15 de enero de 2001, sobre el Código del Medio Ambiente, y para aplicar el Decreto N° 2001-282, de 12 de abril de 2001, con el fin de prever mejor la recogida y el tratamiento de los RAEE.

Benin ha tratado de reforzar su marco jurídico para poder gestionar mejor el flujo de dispositivos que entran en el país.<sup>42</sup> En el marco del proyecto E-waste Africa<sup>43</sup>, las estrategias nacionales de gestión de residuos electrónicos están empezando a tomar forma en Côte d'Ivoire, Ghana y Nigeria, país este último que ha aprobado una normativa específica sobre AEE en 2011.

**Cuadro 3: Legislación e iniciativas sobre residuos electrónicos<sup>44</sup>**

País	Legislación sobre residuos electrónicos	Iniciativas sobre residuos electrónicos
Centro de recopilación de residuos electrónicos		
Camerún	Proyecto de reglamentación	Dispone de un programa de REP
Egipto		Existen tres grandes empresas de reciclaje
Ghana	Ley sobre residuos electrónicos	Ha puesto en vigor una ecotasa de reciclaje anticipada Directrices sobre el reciclaje de residuos electrónicos
Kenya	Proyecto de reglamentación	Comité Directivo Nacional sobre gestión de residuos electrónicos Dispone de un centro de reciclaje
Madagascar		Proyecto de reglamentación
Malawi		Estrategia sobre residuos electrónicos
Marruecos		Estrategia nacional sobre residuos electrónicos Proyecto de residuos electrónicos

<sup>41</sup> Asamblea de Organismos Reguladores de Telecomunicaciones de África Occidental (WATRA). [Taller de validación del estudio sobre la gestión de los residuos electrónicos en África occidental](#), Dakar, 17 y 18 de junio de 2019.

<sup>42</sup> Cheikh Diop y Ramata Thioune. [Les déchets électroniques et informatiques en Afrique: Défis et opportunités pour un développement durable au Bénin, au Mali et au Sénégal](#). Edición Khartala e International Development Research Centre (Canada), 2014.

<sup>43</sup> PNUMA. Convenio de Basilea. [Enhancing Parties capacities for the environmentally sound management of e-wastes through the enhanced regional delivery: e-waste activities in Africa](#).

<sup>44</sup> Directrices sobre residuos electrónicos para los Estados Miembros de la Unión Africana de Telecomunicaciones. Generalidades, directrices e indicadores, págs. 20-21.

**Cuadro 3: Legislación e iniciativas sobre residuos electrónicos (continuación)**

País	Legislación sobre residuos electrónicos	Iniciativas sobre residuos electrónicos
Nigeria	Proyecto de reglamentación	Dispone de una guía para la importación de AEE Gestiona el comercio ilícito de residuos electrónicos
Rwanda	Política de residuos electrónicos	Comité Directivo Nacional sobre gestión de residuos electrónicos Instalación de reciclaje de residuos electrónicos
Sudáfrica	Ley de residuos electrónicos	Estrategia sobre residuos electrónicos
Tanzanía		Comité Directivo Nacional sobre gestión de residuos electrónicos
Túnez	Gestión de residuos electrónicos con arreglo a la legislación general sobre control, utilización y eliminación de residuos	Evaluación de los datos sobre residuos electrónicos en el país
Uganda	La nueva ley medioambiental de 2019 contiene un apartado específico sobre los residuos electrónicos (separados de los residuos peligrosos) Política de residuos electrónicos Directrices sobre residuos electrónicos	Estrategia de residuos electrónicos, directrices sobre residuos electrónicos Comité Directivo Nacional sobre gestión centralizada de residuos electrónicos Estudio sobre gestión del final de la vida útil de los equipos de TIC
Zambia		Proyecto de reglamentación

## Financiación

Se presta asistencia técnica o financiera, por ejemplo:<sup>45</sup>

- UIT en Malawi (asistencia en la elaboración de la estrategia nacional);
- GIZ (cooperación con Alemania) está ayudando a los países del África oriental a desarrollar una estrategia regional;
- Italia ayuda a Egipto en el programa de gestión de residuos bajo la supervisión del PNUD;
- PNUD ayuda a Uganda a elaborar su estrategia nacional.

## 3.4 Estudios de caso sobre residuos electrónicos

Burundi ha elaborado una normativa sobre la gestión ecológica de los RAEE<sup>46</sup>. Además, ha creado un comité de coordinación y un marco normativo, y organiza talleres para la gestión

<sup>45</sup> Directrices sobre residuos electrónicos para los Estados Miembros de la Unión Africana de Telecomunicaciones. Generalidades, directrices e indicadores, pág. 22.

<sup>46</sup> Documento [2/48](#) (Burundi) de la CE 2 del UIT-D.

de los RAEE. Asimismo, imparte formación sobre sensibilización, recogida y separación, en colaboración con el sector privado.<sup>47</sup>

India cuenta con un programa de TIC en la misión de descontaminación para minimizar los efectos nocivos de los residuos electrónicos, los residuos sólidos y los contaminantes del suelo.<sup>48</sup> En el marco de su estrategia de gestión de residuos electrónicos y su concepto de economía circular, se recuperan grandes cantidades de metales preciosos mediante el reciclaje de teléfonos móviles. El reciclaje también ha creado empleo en la India. En Bangalore, está prohibido utilizar recicladores no autorizados y se vigilan los residuos electrónicos, iniciativas que han tenido éxito.<sup>49</sup>

La Federación de Rusia ha elaborado una nueva lista de sustancias prohibidas y su legislación actual en materia de gestión de RAEE impone a los productores e importadores obligaciones de eliminación definitiva.<sup>50</sup>

La Sociedad Civil Africana sobre la Sociedad de la Información (ACSIS) plantea una serie de retos y recomendaciones para la eliminación de los residuos electrónicos en la Región de África. Ha instaurado el tratamiento de los residuos electrónicos como una industria, y proporciona información, herramientas para el tratamiento y formación de acuerdo con las normas internacionales.<sup>51</sup>

Brasil ha promulgado una Ley Federal sobre residuos sólidos y RAEE.<sup>52</sup>

En el marco de una serie de iniciativas de gestión de residuos electrónicos, Sri Lanka ha identificado la necesidad de desarrollar rápidamente un marco político sostenible para la eliminación o reutilización de los residuos electrónicos, reconociendo que, en un futuro próximo, el gran volumen de residuos electrónicos generados por los equipos de telecomunicaciones obsoletos, como los teléfonos móviles, los teléfonos fijos, los computadores personales, los equipos de radiodifusión y los periféricos, podría causar problemas ambientales, sociales y económicos, y que es necesario elaborar sin dilación un marco político sostenible para eliminar o reciclar residuos.<sup>53</sup>

Camerún reconoce la importancia de introducir estrategias específicas para gestionar la recolección y el procesamiento de RAEE, la complejidad del entorno de las telecomunicaciones, el aumento de la utilización de equipos para acceder a infraestructuras y servicios y las radiaciones electromagnéticas presentes en el medio ambiente. Camerún dispone de un marco jurídico y reglamentario destinado a reducir los efectos negativos de los residuos electrónicos.<sup>54</sup>

En la Federación de Rusia<sup>55</sup>, el operador de comunicaciones Tele2, uno de los mayores operadores de telefonía móvil del país, puso en marcha un proyecto medioambiental con el objetivo de señalar a la atención de los clientes el problema del reciclaje de residuos electrónicos y fomentar su correcta eliminación. Tele2 abrió 68 puntos de recogida de dispositivos no deseados en 11 ciudades rusas. Todos los dispositivos recibidos se enviarán a una empresa

<sup>47</sup> Documento [2/143](#) (Burundi) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>48</sup> Documento [2/72\(Rev.1\)](#) (India) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>49</sup> Documento [2/197](#) (India) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>50</sup> Documento [SG2RGQ/52](#) (Federación de Rusia) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>51</sup> Documento [SG2RGQ/51](#) (African Civil Society for the Information Society) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>52</sup> Documento [SG2RGQ/37](#) (Brasil) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>53</sup> Documento [SG2RGQ/109](#) (Sri Lanka) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>54</sup> Documento [SG2RGQ/119](#) (Camerún) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>55</sup> Documento [2/394](#) (Federación de Rusia) de la CE 2 del UIT-D.



líder especializada en la eliminación de equipos electrónicos para su reciclaje. Además, el operador de comunicaciones MTS ha puesto en marcha una estrategia de eficiencia y ahorro energéticos, centrada en limitar el crecimiento y reducir el consumo de energía eléctrica.

La Asociación de la UIT de Japón<sup>56</sup> ha facilitado información acerca de distintos métodos de recuperación de baterías de plomo-ácido y del modo en que esta tecnología de regeneración de baterías puede contribuir al desarrollo de las telecomunicaciones/TIC en zonas rurales y remotas. La tecnología propuesta puede contribuir a la prolongación de la vida útil de las baterías de plomo-ácido utilizadas en el ámbito de las telecomunicaciones/TIC o en otro tipo de instalaciones en países en desarrollo, especialmente en las zonas rurales y remotas. La tecnología en cuestión obrará en favor del medio ambiente y de la reducción de la brecha digital.

---

<sup>56</sup> Documento [SG2RGQ/247](#) (Asociación de la UIT de Japón) de la CE 2 del UIT-D.

# Capítulo 4 - Tecnologías vanguardistas y mitigación del cambio climático

## 4.1 Introducción

El cambio climático es uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la comunidad mundial. La fluctuación inequívoca y sin precedentes de la temperatura y la tendencia al alza de la temperatura media de la Tierra<sup>57</sup> se ha convertido en una constante en la mayoría de las regiones, que se manifiesta en el deshielo de los glaciares, la elevación del nivel del mar, las inundaciones y la sumersión de los litorales, y la alteración del régimen pluvial y su distribución, lo que afecta a los biomas, las pautas de cultivo y la economía en general. Otros indicadores, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), son:

- calentamiento de los océanos y la acidificación del agua del mar;
- aumento del dióxido de carbono en la atmósfera, que actualmente se encuentra en su nivel más alto;
- cambios en el Ártico y en el hielo marino del Ártico con fracturas en los principales glaciares;
- incendios en grandes extensiones geográficas; y
- destrucción de la biodiversidad.

Según los informes de la OMM sobre el estado del clima mundial, el periodo 2015 a 2019 ha sido el lustro más cálido jamás registrado y el de 2010 a 2019 el decenio más cálido registrado. Desde el decenio de 1980, cada década sucesiva ha sido más cálida que cualquier década anterior desde 1850.<sup>58</sup>

Desde la era preindustrial, entre 1880 y 1900, se ha producido un aumento de la temperatura de 2° C, lo que supone un incremento masivo del calor acumulado por la atmósfera. El Resumen Climático Global de 2019<sup>59</sup>, publicado por la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) de Estados Unidos, afirmaba que, por término medio, la temperatura combinada de los océanos y el suelo ha aumentado un total de 0,07° C (0,13° F) por cada década desde el año 1880; este aumento de la temperatura casi se ha duplicado (0,18°C/0,32° F) desde 1981. El informe prevé que para el año 2020, con independencia de las emisiones de dióxido de carbono, la temperatura del mundo aumentará en 0,5° C (0,9° F) en comparación con la temperatura media de 1986-2005. Sin embargo, se prevé que se trata de un fenómeno temporal debido a la inercia térmica de los océanos que están absorbiendo cantidades masivas

<sup>57</sup> La OMM, basándose en el análisis en tiempo real de las lecturas anuales de la temperatura mundial y la comparación con los datos históricos, confirmó además un aumento constante de las temperaturas del planeta. El Centro Nacional de Información Medioambiental de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) ha realizado un análisis estadístico similar. Según el Servicio de Vigilancia Atmosférica de Copernicus, la distribución desigual del calentamiento global se observa en el rápido calentamiento de Siberia occidental y en los incendios del Ártico, mientras que Alaska muestra temperaturas más frías que antes.

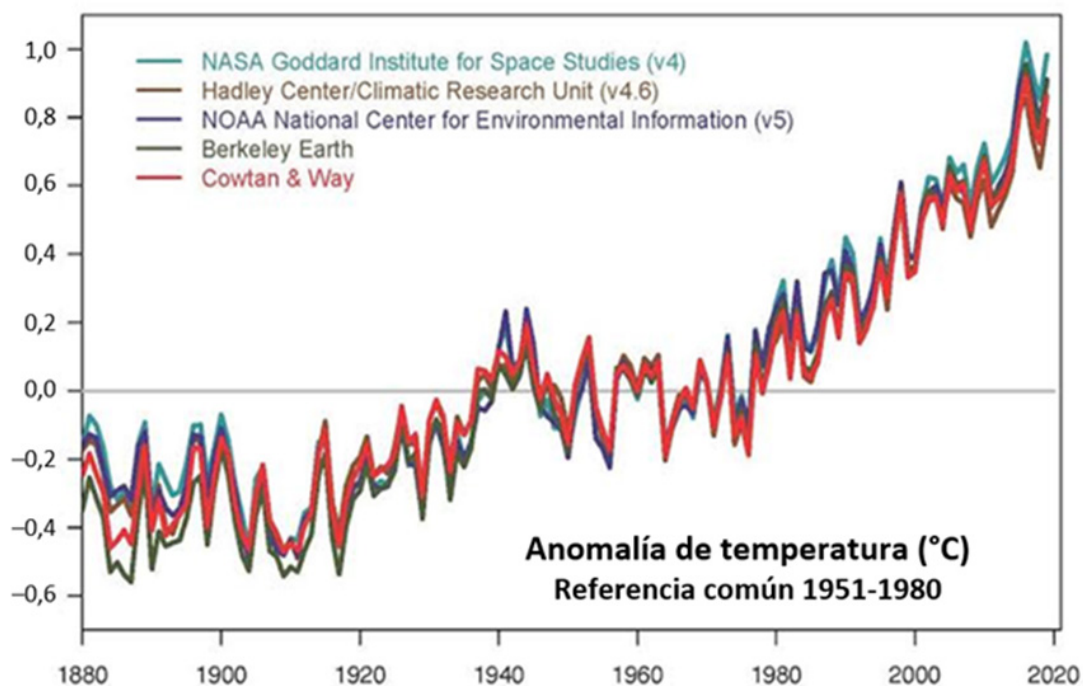
<sup>58</sup> OMM. [Diversos organismos destacan en un informe las crecientes señales y consecuencias del cambio climático en la atmósfera, la tierra y los océanos](#). Comunicado de prensa. Nueva York/Ginebra, 10 de marzo de 2020.

<sup>59</sup> NOAA, Centro Nacional de Información Ambiental. [State of the Climate: Global Climate Report - Annual 2019](#). Publicado en línea, enero de 2020.

de calor de la atmósfera y, para la próxima década, empezarán a sentirse los efectos de este desequilibrio de calor atrapado, y si no se controlan las temperaturas mundiales a finales de siglo serán mucho más altas.

La **Figura 5** ilustra la variación de la temperatura a lo largo del tiempo, respecto del promedio entre 1951 a 1980, según los datos registrados por cinco entidades diferentes. Se observa un rápido calentamiento en las últimas décadas, siendo la última la más cálida.

**Figura 5: Variación de la temperatura mundial (1880 a 2019)**



Fuente: NASA<sup>60</sup>

#### 4.1.1 Ejemplos de incidencia del cambio climático en el mundo

El mes de enero de 2020 fue el más cálido registrado, con inviernos más suaves en muchas partes del hemisferio norte, el deshielo en la Antártida y el aumento del nivel del mar, y los extensos incendios en Australia y la Región de las Américas han producido un aumento de los niveles de dióxido de carbono. El verano 2018-2019 fue el más cálido jamás registrado en Australia, alcanzando un máximo de 41,9° C el 18 de diciembre, y en 2019 el país sufrió siete de los días más calurosos desde que se mantienen registros. Por otra parte, Brasil está experimentando aumentos extremos de temperatura similares y los consecuentes incendios forestales catastróficos. Muchas comarcas de Europa han experimentado altas temperaturas, y los incendios forestales han asolado Siberia, Alaska, el Ártico, Sudamérica, Indonesia y los países vecinos.

<sup>60</sup> Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). [NASA, NOAA Analyses Reveal 2019 Second Warmest Year on Record](#). Publicación 20-003, 15 de enero de 2020.

### 4.1.2 Factores que contribuyen al cambio climático

La Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2019, publicada en marzo de 2020, informó a los responsables políticos sobre la necesidad de tomar medidas contra el cambio climático.<sup>61</sup> Esta publicación se basa en los datos recopilados (utilizando tecnologías de vanguardia como la observación de la Tierra, los macrodatos y otras TIC) de diversos organismos dedicados a la acción climática y se centra en las posibles repercusiones del cambio climático en el mundo, en particular sus efectos negativos en la salud y las economías, los desplazamientos y la reducción de la seguridad alimentaria. Según el Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres, el mundo aún no ha cumplido el objetivo del Acuerdo de París de reducir las temperaturas mundiales en 1,5° C o 2° C, y el Secretario General de la OMM indicó que en los próximos cinco años se registrarán nuevos máximos en las temperaturas.

La World Weather Attribution realizó un análisis de la contribución cuantitativa del cambio climático a los recientes incendios forestales en Australia y llegó a la conclusión de que el calentamiento global aumenta la incidencia de incendios forestales en un 30 por ciento.<sup>62</sup>

### 4.1.3 Organismos que intervienen en la mitigación del cambio climático

#### Las Naciones Unidas y el cambio climático

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)<sup>63</sup> promueve una agenda medioambiental mundial y, a su vez, fomenta la aplicación de los aspectos medioambientales del desarrollo sostenible dentro del sistema de Naciones Unidas.

#### La UIT y el cambio climático

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)<sup>64</sup> ayuda a sus Estados Miembros a elaborar políticas nacionales y a crear la capacidad necesaria para promover los objetivos de desarrollo sostenible mediante la adecuada utilización de aplicaciones, servicios y redes de TIC.

La UIT publica información relevante a través de herramientas, datos y materiales didácticos para el intercambio de conocimientos, la elaboración de políticas y las medidas orientadas a mitigar el cambio climático.

Del mismo modo, apoya la Iniciativa Mundial de Cibernostenibilidad (GeSI) junto con las Naciones Unidas en una alianza mundial de las principales partes interesadas en el sector de las TIC para promover las TIC para el desarrollo sostenible. La UIT ayuda a sus Miembros a predecir y estar preparados para las catástrofes medioambientales y a planificar las operaciones de socorro en caso de catástrofe utilizando la observación de la Tierra, los macrodatos y las telecomunicaciones de emergencia.

<sup>61</sup> OMM. [Statement on the State of the Global Climate in 2019](#). OMM-Núm. 1248, 2020.

<sup>62</sup> World Weather Attribution (WWA). [Analyses - Heatwave. Attribution of the Australian bushfire risk to anthropogenic climate change](#). 10 de enero de 2020.

<sup>63</sup> PNUMA: <https://www.unenvironment.org>.

<sup>64</sup> UIT. Actividades de la UIT. [Labor de la UIT en el ámbito del medio ambiente, el cambio climático y los residuos electrónicos](#).

## OMM

La Organización Meteorológica Mundial (OMM)<sup>65</sup> se dedica a documentar los fenómenos climáticos, con datos procedentes de la observación de la Tierra, los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales, los organismos de las Naciones Unidas y las comunidades científicas, sobre las repercusiones de los fenómenos meteorológicos en diferentes actividades humanas, como los ecosistemas marinos y terrestres, la salud humana, la agricultura y la seguridad alimentaria, el desarrollo socioeconómico, las migraciones y los desplazamientos humanos. La OMM supervisa el cambio climático a escala mundial, proporcionando a los Estados miembros de la Organización información precisa, fiable y empírica para que puedan tomar decisiones fundamentadas sobre la mitigación del cambio climático, la evaluación de los riesgos, la gestión de las catástrofes y la intensificación de los esfuerzos en pro de la eficiencia energética, ayudando a los países a realizar la transición hacia una economía neutra en carbono.

### Acuerdo de París

El Acuerdo de París<sup>66</sup>, que se enmarca en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), tiene por objeto "limitar el calentamiento del planeta muy por debajo de 2° C, preferiblemente a 1,5° C, respecto de los niveles preindustriales". En 2020, todos los países miembros de la CMNUCC habían firmado el acuerdo y 190 países se habían adherido a él.

### Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP25)<sup>67</sup>

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) cuenta con el apoyo de la OMM. Cada año, la CMNUCC proporciona a los gobiernos datos científicos actualizados, que incluyen la situación del clima y de los gases de efecto invernadero. La COP25 supervisa la aplicación del Acuerdo de París para mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2° C respecto de los niveles preindustriales y se esfuerza por limitar el aumento de la temperatura a 1,5° C.

## 4.2 Nuevas tecnologías, sistemas y aplicaciones para supervisar el clima y reducir sus efectos

Para hacer frente al cambio climático, los países necesitarán, entre otras cosas, utilizar las herramientas de TIC más potentes de para resolver los problemas relacionados con la sociedad y la ecología, así como para respaldar las acciones y aportar soluciones para mitigar los problemas del mundo real. Según el PNUMA, el mundo se encuentra en un momento crucial de la historia en cuanto al medio ambiente, en el que estas tecnologías pueden cambiar fundamentalmente la trayectoria y sentar las bases para un futuro sostenible.<sup>68</sup>

Las tecnologías de vanguardia, como la inteligencia artificial (IA), los macrodatos, la computación en la nube y la Internet de las cosas (IoT), tienen el potencial de transformar la sociedad

<sup>65</sup> OMM: <https://public.wmo.int>.

<sup>66</sup> Naciones Unidas. Cambio climático. [El Acuerdo de París](#).

<sup>67</sup> Naciones Unidas. Cambio climático. [Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático \(COP-25\) - Diciembre de 2019](#).

<sup>68</sup> David Jensen. Subdivisión de Gestión de Crisis, PNUMA. [Harnessing the power of big data and frontier technologies for climate action](#). Taller del UIT-D sobre TIC de vanguardia para la acción climática, Ginebra, 15 de octubre de 2019.

para que sea inclusiva, segura, resiliente y sostenible. La utilización de la IA para aprender y resolver problemas permitirá integrar, analizar e interpretar mejor los datos. Las decisiones y los resultados generados mediante IA pueden mejorar la predicción de fenómenos extremos como huracanes y la meteorología a nivel hiperlocal utilizando para ello modelos a gran escala. También puede ayudar a reconstruir las condiciones climáticas del pasado a partir de, por ejemplo, datos geológicos o registros del clima anteriores almacenados en los campos de hielo polares.

Las tecnologías de macrodatos permiten procesar grandes y complejos volúmenes de datos, lo que sería difícil o imposible con los métodos tradicionales. Pueden utilizarse para generar ideas que conduzcan a mejorar la toma de decisiones y maniobras empresariales estratégicas.

La computación en la nube es un método para ejecutar aplicaciones de *software* y almacenar sus datos en un sistema informático central, proporcionando a los clientes u otros usuarios acceso a ellos a través de Internet. Incluye el *software* como servicio (SaaS), por el que se comparten servicios y recursos informáticos, como servidores, almacenamiento, bases de datos, redes, análisis e inteligencia, en lugar de tener servidores locales o dispositivos personales para gestionarlos.

Por IoT se entiende la "infraestructura mundial para la sociedad de la información que propicia la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y la comunicación presentes y futuras", de conformidad con la Recomendación UIT-T Y.2060/Y.4000<sup>69</sup>. La IoT comprende la comunicación directa de máquina a máquina (M2M) y de máquina a persona (M2P), es decir, es una ciencia aplicada que guarda relación con la inteligencia ambiental y entornos inteligentes.<sup>70</sup>

Existen otras tendencias tecnológicas que también pueden contribuir a la acción climática<sup>71</sup>:

- La realidad aumentada y virtual (RA/RV), que fusiona el mundo físico y el virtual y superpone elementos de realidad virtual en contextos de la vida real, permite, por ejemplo, que las personas tengan una experiencia virtual de los problemas relacionados con el medio ambiente y el clima.
- La computación periférica, que es similar a la computación en la nube, pero sitúa la computación y el almacenamiento de datos más cerca de la fuente de datos de origen con el fin de mejorar los tiempos de respuesta y reducir el volumen de tráfico en la red más amplia.
- La tecnología de cadena de bloques (*blockchain*) y las bases de datos distribuidas pueden contribuir a afrontar la crisis climática, por ejemplo, mejorando la responsabilización, la transparencia y la eficiencia del inventario de carbono para los proyectos de baja emisión de carbono, el comercio de compensaciones de carbono en los mercados de carbono, el comercio de energía entre homólogos en los mercados descentralizados de energía limpia, y la financiación del clima en términos de prácticas empresariales antiguas y nuevas.<sup>72</sup>
- El aprendizaje automático, una disciplina de la IA, implica la creación de programas informáticos que pueden aprender de forma autónoma.

<sup>69</sup> UIT. Recomendación [UIT-T Y.4000/Y.2060 \(06/2012\)](#). Descripción general de Internet de los objetos.

<sup>70</sup> UIT. [Frontier technologies to protect the environment and tackle climate change](#). Abril de 2020.

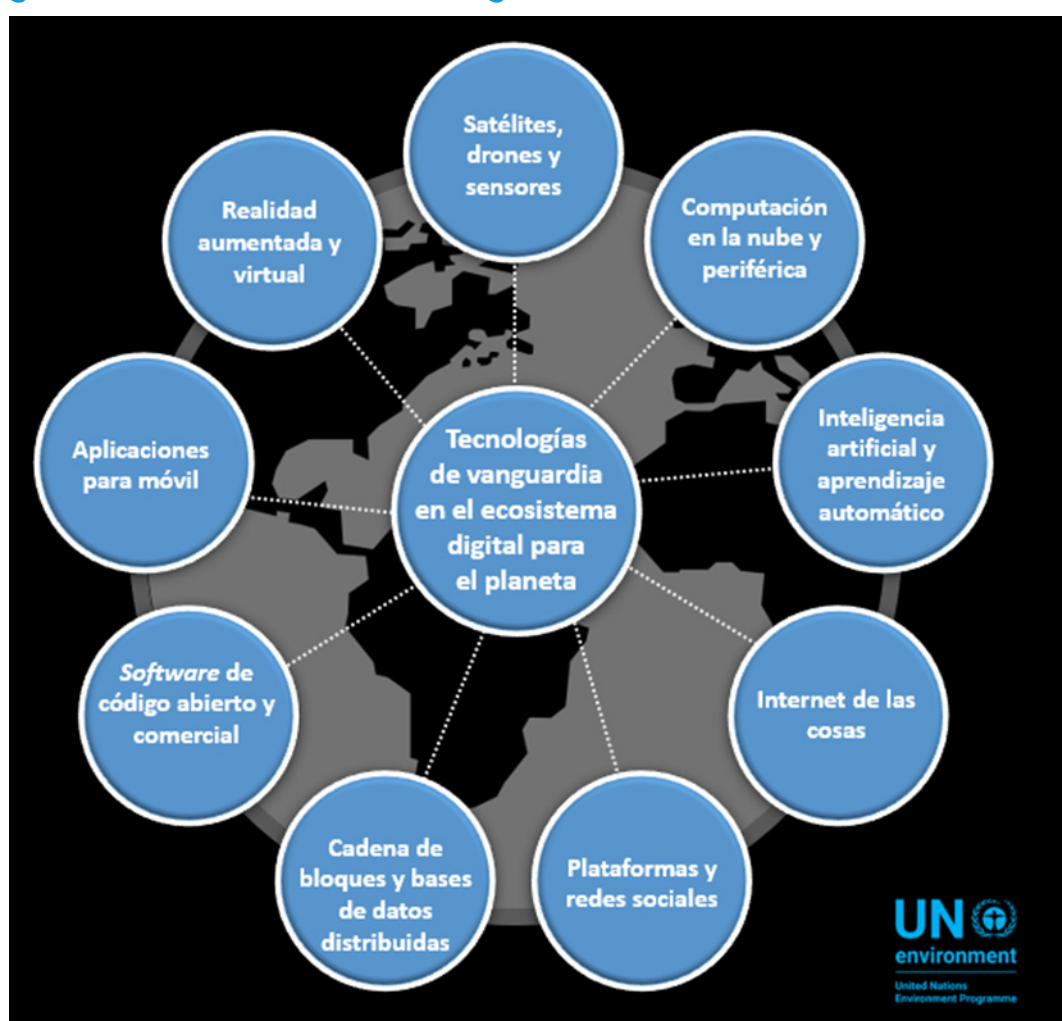
<sup>71</sup> Las definiciones incluidas en el presente documento son fruto de la consulta de numerosas fuentes especializadas, diccionarios en línea y enciclopedias, como el informe [Building Block\(chain\)s for a Better Planet](#) del Foro Económico Mundial, la Enciclopedia Británica, el Diccionario Cambridge, Wikipedia y los talleres de la UIT.

<sup>72</sup> PNUMA. [How Blockchain Technology Could Boost Climate Action](#). UNEP news article. 1 de junio de 2017.

- Las plataformas y redes sociales, que permiten fomentar el diálogo sobre la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo, aumentando así la concienciación.
- El *software* de código abierto (disponible para que los usuarios lo cambien, lo modifiquen y lo distribuyan) y el comercial, que puede integrarse, por ejemplo, en dispositivos, pasarelas de IoT, nodos limítrofes e instrumentos de medición y seguimiento.
- Las aplicaciones para teléfonos móviles, que ponen a disposición información sobre el riesgo del cambio climático y pueden sustituir muchas actividades humanas que causan un daño importante a los sistemas medioambientales.
- La utilización de satélites combinado con drones y sensores para recabar información sobre nuestro planeta.

En la **Figura 6** se ilustra la combinación de tecnologías incipientes que pueden transformar la forma en que se supervise la Tierra y aumentar la resiliencia climática.

**Figura 6: Tendencias en la tecnología**



Fuente: David Jensen (PNUMA, 2019)<sup>73</sup>

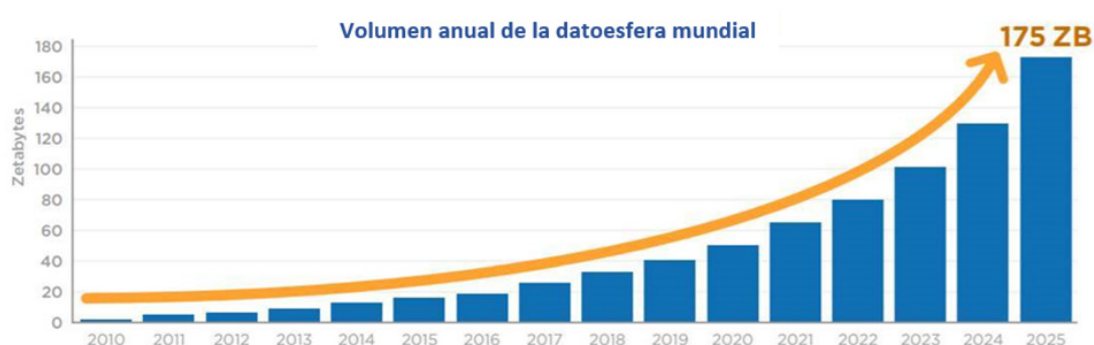
En las siguientes secciones se explican con mayor profundidad las tecnologías de macrodatos e IA y se demuestra en qué medida contribuyen a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11, 12 y 13, establecidos por el PNUMA.

<sup>73</sup> Jillian Campbell y David Jensen (PNUMA). [The promise and peril of a digital ecosystem for the planet](#). 11 de septiembre de 2019.

### 4.2.1 Macrodatos

La tecnología digital y los macrodatos ya se utilizan de forma generalizada, aunque muchas partes interesadas todavía están pensando en cómo aplicarlos en nuevas políticas, modelos de negocio y productos para explotar su valor. Los datos son la base de la economía digital. El cambio climático y la información ecológica constituyen el último reto de los macrodatos. En general, los macrodatos se refieren a conjuntos de datos extraordinariamente amplios, cuyo análisis computacional revela patrones, tendencias y asociaciones, especialmente en relación con el comportamiento y las interacciones humanas. La **Figura 7** muestra el aumento del volumen de datos digitales desde 2010 hasta 2025, cuando se alcanzarán los 175 zettabytes (ZB).

**Figura 7: Volumen anual de la datoesfera mundial**



Fuente: IDC<sup>74</sup>

Un zettabyte equivale a  $10^{12}$  gigabytes (GB). 175 zettabytes en un disco de vídeo digital (DVD) darían la vuelta a la Tierra 222 veces y la suma de datos generados por el ser humano en toda su historia ronda los 0,005 ZB.

La cuarta versión del Protocolo de Internet (IPv4) se agotó en 2011, habiendo proporcionado 4 294 967 296 direcciones IP diferentes. La sexta versión (IPv6) es capaz de proporcionar 340 282 366 920 938 463 374 607 431 768 211 456 direcciones IP, ¡casi una dirección por cada célula del cuerpo humano!<sup>75</sup>

Los macrodatos, obtenidos por ejemplo de las redes sociales, los sistemas y los sensores, se caracterizan por su gran volumen, velocidad, variedad y veracidad. Son además un subproducto orgánico de la IoT, dada la capacidad de las máquinas para generar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos a gran velocidad.<sup>76</sup> Las fuentes de macrodatos comprenden aplicaciones como los sensores de contaminación y meteorológicos, la salud, los satélites, las medidas de seguridad alimentaria, la geolocalización y las fuentes de tráfico. En la **Figura 8** se detallan algunos datos y cifras.

<sup>74</sup> International Data Corporation (IDC). IDC White Paper. [Data Age 2025: The Digitization of the World from Edge to Core](#), actualizado en mayo de 2020.

<sup>75</sup> David Jensen. Subdivisión de Gestión de Crisis, PNUMA. [Harnessing the power of big data and frontier technologies for climate action](#). Taller del UIT-D sobre TIC de vanguardia para la acción climática, Ginebra, 15 de octubre de 2019.

<sup>76</sup> UIT. El UIT-T y el cambio climático. [Tecnologías de vanguardia](#), 2020.



Figura 8: Fuentes de macrodatos



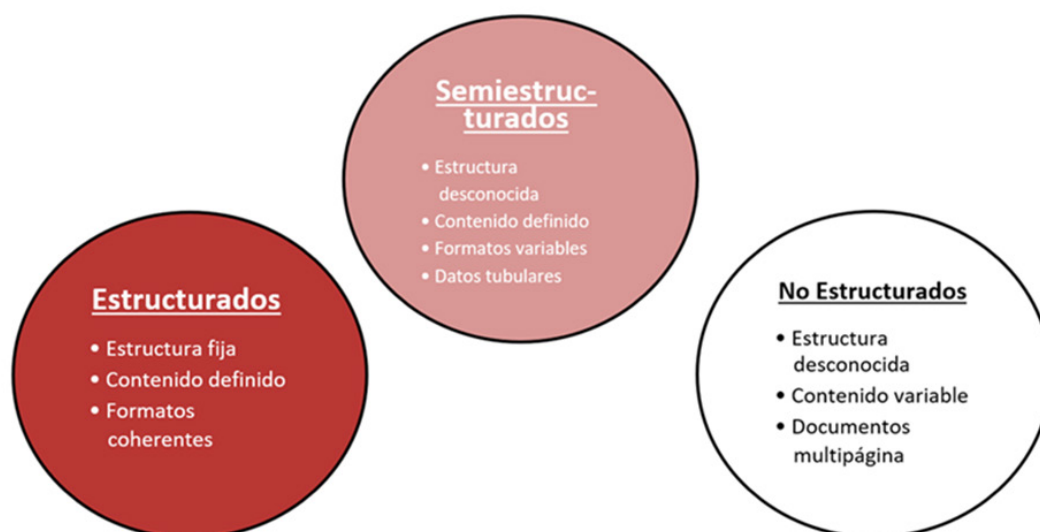
Fuente: David Jensen (PNUMA, 2019)<sup>77</sup>

La Figura 9 muestra los tipos de datos dentro del paradigma de los macrodatos:

- **Estructurados:** información profundamente organizada que puede almacenarse rápida y fácilmente, y a la que pueden acceder los motores de búsqueda desde una base de datos, por ejemplo, una tabla de datos con los datos meteorológicos históricos diarios de una ciudad que contenga la temperatura, la precipitación, el viento.
- **Semiestructurados:** archivos de datos textuales con un patrón discernible que contienen información vital o etiquetas para clasificar los datos en diversas jerarquías, por ejemplo, el lenguaje de marcado extensible (XML).
- **No estructurados:** datos que no presentan una forma específica y que suelen almacenarse como diferentes tipos de archivos, por ejemplo, correo electrónico, documentos de texto, archivos PDF, imágenes y vídeo.

<sup>77</sup> David Jensen. Subdivisión de Gestión de Crisis, PNUMA. Op. cit.

Figura 9: Tipos de macrodatos



El reto consiste en cómo producir datos en un formato útil, por ejemplo, en forma de gráficos, tablas y estadísticas, a partir de una serie de numerosas fuentes de datos.

#### 4.2.2 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) ya desempeña un papel importante en la vida de las personas. El término IA se utiliza a menudo en proyectos de sistemas que reproducen procesos intelectuales humanos, como la capacidad de razonar, descubrir significados, generalizar o aprender de experiencias. Las especialidades de este campo son el aprendizaje automático (AM), las redes neuronales artificiales (RNA) y la minería de datos, y muchas de ellas se utilizan en la predicción y el reconocimiento de patrones.

Con las herramientas para estructurar y analizar cantidades masivas de datos, la disponibilidad de recursos informáticos, unidades de procesamiento gráfico (GPU) de bajo coste y computación en la nube, la IA tiene el potencial para afrontar los retos de la acción climática y hacer realidad las oportunidades de las TIC ecológicas.

La IA ayudará a resolver muchos problemas de la vida real, como la mitigación y la gestión de los riesgos relacionados con el cambio climático, la seguridad alimentaria, la eficiencia energética, la georingiería solar, la supervisión de la deforestación, el transporte más ecológico y predicciones climáticas más acertadas.

La IA requiere grandes cantidades de potencia de cálculo y energía, por lo que su eficacia depende de la integración eficaz en otras tecnologías y de la descarbonización del sistema energético. Esta cuestión irá cobrando importancia, ya que los estudios muestran que los procesos de aprendizaje automático (ML) pueden emitir por sí solos más de 626 000 libras de dióxido de carbono, lo que equivale aproximadamente a cinco veces las emisiones durante la vida útil de un coche medio.<sup>78</sup>

<sup>78</sup> UIT. El UIT-T y el cambio climático. Op. cit.

### 4.2.3 Aprendizaje automático<sup>79</sup>

En esta sección se exponen someramente los conceptos básicos de la amplia variedad de técnicas de ML, con ejemplos de uso en el sector de las TIC para acelerar el progreso hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Por "aprendizaje automático" se entiende generalmente la obtención de modelos generales a partir de un conjunto de ejemplos y la segmentación de la información relevante o de las normas típicas a partir de los conjuntos de datos. La combinación de ML con casos concretos de utilización de los sensores de una red de IoT mejora la precisión de los modelos, por ejemplo, reduciendo la incertidumbre en las previsiones climáticas.

Los tres principales paradigmas de aprendizaje son:

- modelo de aprendizaje supervisado: aprende con la ayuda de la respuesta correcta (problemas de regresión y clasificación);
- modelo de aprendizaje no supervisado: aprende la estructura, no hay respuesta correcta (problemas de agrupación y asociación);
- modelo de aprendizaje reforzado: aprende acciones que conducen a alguna recompensa (problemas de control óptimo, robótica y teoría de juegos).

El rendimiento de los algoritmos de ML depende de la abundante disponibilidad de datos estructurados y no estructurados; además, se necesitan datos de alta calidad, conectividad, potencia de cálculo, análisis estadístico y conocimientos técnicos.

Se utilizan métodos de bosques de decisión aleatorios para resolver infinidad de problemas de clasificación y regresión. Por ejemplo, en relación con el ODS 2 (erradicar el hambre) y el ODS 12 (consumo y producción responsables), los marcos operativos basados en métodos de bosques aleatorios permite cartografiar las tierras de cultivo.

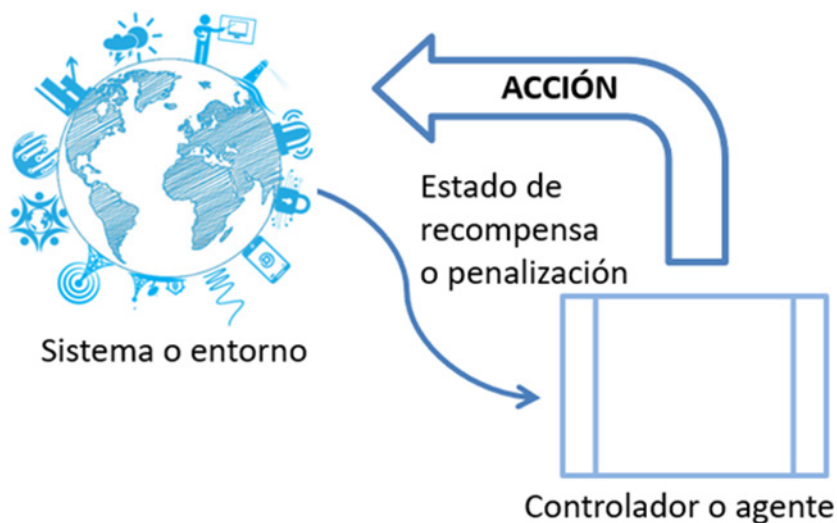
La combinación temporal y espacial para los servicios de predicción de estacionamiento es una estrategia que ayuda a cumplir el ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles), ya que la disponibilidad de plazas de estacionamiento se ha convertido en un problema en las zonas urbanas. Han surgido en diversas ciudades del planeta sistemas que simplifican la búsqueda de plazas de estacionamiento libres y mejoran la eficiencia del tráfico urbano, especialmente cuando se combinan con datos de la IoT.

El aprendizaje por refuerzo (RL) es un campo que suscita un creciente interés entre la comunidad de investigación en robótica para los sistemas de fabricación inteligente y la automatización flexible, como las tecnologías de desensamblaje autónomo, útiles para la gestión de los residuos electrónicos. Guarda relación con el ODS 9 (industria, innovación e infraestructuras) y el ODS 12 (consumo y producción responsables).

El RL es un sistema computacional que aprende cómo alcanzar un determinado objetivo. Los métodos son el aprendizaje Q y el proceso de decisión de Markov (MDP). En la **Figura 10**, el controlador o agente realiza una acción que afecta al sistema o al entorno. De este modo, recibe una recompensa basada en la acción ejecutada y en cómo ha afectado al entorno/sistema. A lo largo del entrenamiento, el agente/controlador intenta maximizar las recompensas.

<sup>79</sup> David Rolnick et al. El UIT-T y el cambio climático. [Tecnologías de vanguardia](#), 2020. [Tackling Climate Change with Machine Learning](#). Junio de 2019; y Wikipedia: [Machine learning](#) y [Reinforcement learning](#).

Figura 10: Bucle de aprendizaje por refuerzo



Fuente: UIT

#### 4.2.4 Redes neurales artificiales<sup>80</sup>

Una red neuronal artificial (RNA) es un modelo computacional inspirado en cómo funciona el cerebro biológico. La RNA es un sistema de aprendizaje profundo (DL) o red neuronal multicapa que extrae progresivamente características de mayor nivel a partir de datos en bruto. El aprendizaje profundo permite aplicar procesos de aprendizaje con múltiples capas de abstracción aprovechando los recursos computacionales de elevada velocidad. Además, ha mejorado drásticamente los resultados que proporciona el aprendizaje automático.

Las redes neuronales aprenden procesando ejemplos que contienen series de entrada y resultados conocidos. El proceso de aprendizaje consiste en la diferencia entre el estado de la red antes y después de procesar el ejemplo (formado por asociaciones ponderadas de probabilidad). Tras procesar un número suficiente de ejemplos, la red llega a ser capaz de predecir los resultados de las entradas, utilizando las asociaciones construidas a partir del conjunto de ejemplos.

Ciertos tipos de redes neuronales, denominadas redes adversativas generales, pueden crear nuevos contenidos basados en modelos probabilísticos a partir de un conjunto adecuado de datos de entrenamiento, por ejemplo, el aspecto que tendrá el exterior de una determinada casa cuando se vea afectada por una inundación. Las redes neuronales también pueden resolver procesos atmosféricos complicados y a pequeña escala, por ejemplo, para reducir la incertidumbre inherente a los modelos climáticos actuales, incluida la formación de nubes por convección, para estimar las precipitaciones en tiempo real, que tan útil resulta en la gestión de sequías.

<sup>80</sup> David et al. Op. cit.

#### 4.2.5 Minería de datos<sup>81</sup>

Los métodos de minería de datos de aprendizaje automático y análisis matemático consisten en extraer conocimientos para deducir patrones y tendencias de grandes conjuntos de datos, con el fin de identificar la información relevante y transformarla en una estructura comprensible para su uso posterior. Estos patrones no pueden obtenerse fácilmente mediante el análisis tradicional de datos, porque las relaciones son demasiado complejas o el volumen de datos es demasiado elevado. Por ejemplo, es habitual realizar la minería de datos sobre terabytes de información. La minería de datos puede ser útil para la consecución del ODS 13 (acción por el clima) y del ODS 2 (erradicar el hambre) si se emplea para resolver los problemas de la seguridad y la producción de alimentos.

### 4.3 Estudios de caso de país sobre nuevas tecnologías para supervisar el cambio climático

#### 4.3.1 Actividades para la mitigación de los efectos del cambio climático (India)

India ha llevado a cabo actividades para mitigar los efectos del cambio climático mediante el despliegue de nuevas tecnologías TIC.<sup>82</sup> El proyecto e-Arik (ciberagricultura) utilizó soluciones de TIC para mitigar el cambio climático en la región de Arunachal Pradesh promoviendo prácticas agrícolas inocuas para el clima. Este proyecto ha contribuido en gran medida a la seguridad alimentaria, el crecimiento económico y el nivel de vida de la región.

Las TIC contribuyeron a reducir las consecuencias del ciclón "Fani" gracias, por ejemplo, al análisis de imágenes por satélite y la previsión meteorológica avanzada que permitieron predecir la trayectoria del ciclón y la extensión, profundidad y duración precisas de las inundaciones en las tierras bajas, con lo que se salvaron muchas vidas al dar refugio a un millón de personas antes de que llegara el ciclón.

#### 4.3.2 Redes de sensores ambientales y otros estudios de caso en Shiojiri (Japón)

En Japón, la población está expuesta a riesgos de inundaciones, tifones de gran magnitud causados por el cambio climático, terremotos y pandemias de virus. La ciudad de Shiojiri, cuya población asciende a unos 70 000 habitantes, ha puesto en práctica el concepto de sociedad inteligente mediante la creación de redes de sensores de información medioambiental (véase la **Figura 11**) y sistemas que utilizan drones e IA. El empoderamiento de las comunidades locales contribuye a la sostenibilidad de la industria local gracias al desarrollo de sensores IoT y el *software* de aplicación correspondiente. Además, el sistema de generación de energía renovable con biomasa, que tiene funciones inteligentes y es neutro en carbono, está conectado a la red de energía comunitaria para abastecer a casi todos los hogares y a las redes de TIC de la ciudad. Esta planta contribuirá a la industria forestal y maderera local y al sumidero de carbono de las emisiones de gases de efecto invernadero.<sup>83</sup>

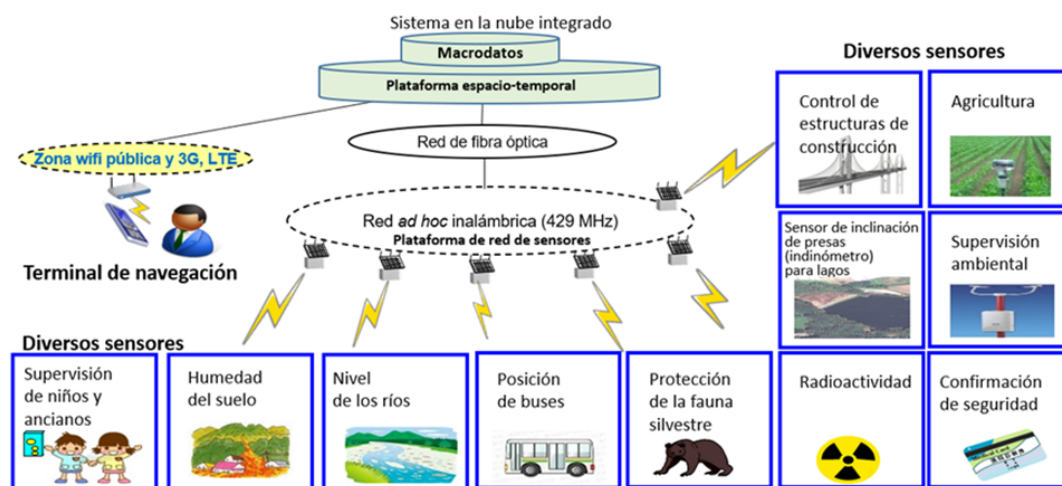
<sup>81</sup> SIGKDD. [Data Mining Curriculum: A Proposal](#). 2020; y Wikipedia: [Data mining](#).

<sup>82</sup> Documento [SG2RGQ/132](#) (India) de la CE 2 del UIT-D.

<sup>83</sup> Documento [SG2RGQ/28+Anexo](#) (Japón) de la CE 2 del UIT-D.

Figura 11: Plataforma de recopilación de datos ambientales de Shiojiri y su red de sensores de IoT

### Plataforma espacio-temporal para el suministro de información



✂ Red inalámbrica integrada para obtener información de sensores de forma eficaz y rentable

Fuente: Japón

### Antecedentes

En el año 2000, el municipio de Shiojiri comenzó a construir la red autónoma de fibra óptica de 130 km, que ahora conecta todas las instalaciones públicas de la ciudad. La red está interconectada con proveedores de servicios de capa superior. Esta red de zona inalámbrica de baja potencia, desplegada en el espectro de frecuencias de 429 MHz, se construyó con una configuración de red *ad-hoc* y está funcionando con 640 estaciones repetidoras inalámbricas distribuidas y sensores IoT autónomos. Como resultado, toda la ciudad de Shiojiri se ha convertido en una zona de comunicación inalámbrica sostenible y asequible explotada por el gobierno local.

El municipio de Shiojiri ha promovido el desarrollo de dispositivos y aplicaciones *software* relacionados con las TIC por las empresas locales y el mundo académico (la universidad, el colegio y la escuela secundaria técnica) y ha invertido en una red de sensores de IoT para recabar e intercambiar automáticamente datos medioambientales locales, así como en una central eléctrica de biomasa para suministrar energía de bajo coste, ecológica y neutra en carbono a los 67 000 habitantes de la región.

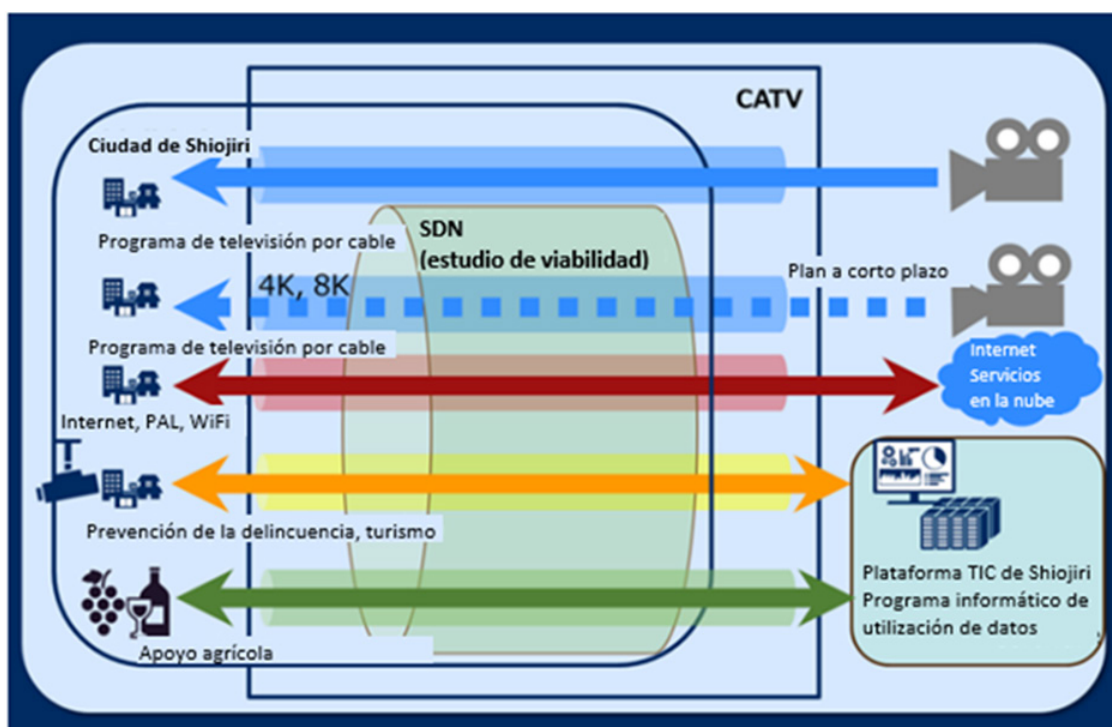
### Estudios de caso

- Datos tales como la temperatura, la humedad y la radiación solar se utilizan para reducir la cantidad de productos químicos agrícolas para el control de plagas, lo que ha permitido disminuir los costes y reducir el impacto ambiental de los pesticidas.
- El método convencional de predicción de desprendimientos o corrimientos de tierra se basaba en las precipitaciones y su duración y en los conocimientos de los expertos. Ahora las alertas se envían automáticamente cuando los sensores de IoT detectan que se han rebasado ciertos umbrales en la humedad en el suelo.
- Anteriormente era difícil predecir las heladas severas. Ahora, gracias a las redes de sensores IoT que miden y calculan la temperatura y la humedad, se emiten avisos de

heladas para que los agricultores puedan proteger los cultivos de los daños causados por dichas heladas.<sup>84</sup>

- d) En un estudio de viabilidad se demostró que la prestación de servicios estrechamente vinculados a los residentes y las comunidades locales facilita el mantenimiento de importantes infraestructuras de comunicación de la información para las zonas rurales. La tecnología de redes definidas por *software* (SDN) hace que los servicios sean visibles, de tal manera que los proveedores puedan entender mejor cómo se utilizan los servicios y pueden ofrecer contenidos más adecuados y con mayor calidad del servicio. La tecnología de segmentación de las SDN garantiza el control del volumen de tráfico en tiempo real y la calidad del servicio utilizando una infraestructura de red común (véase la **Figura 12**), lo que se traduce en una reducción de los costes de infraestructura y explotación.

**Figura 12: Estudio de caso de la infraestructura de comunicación de la información de CATV con SDN**

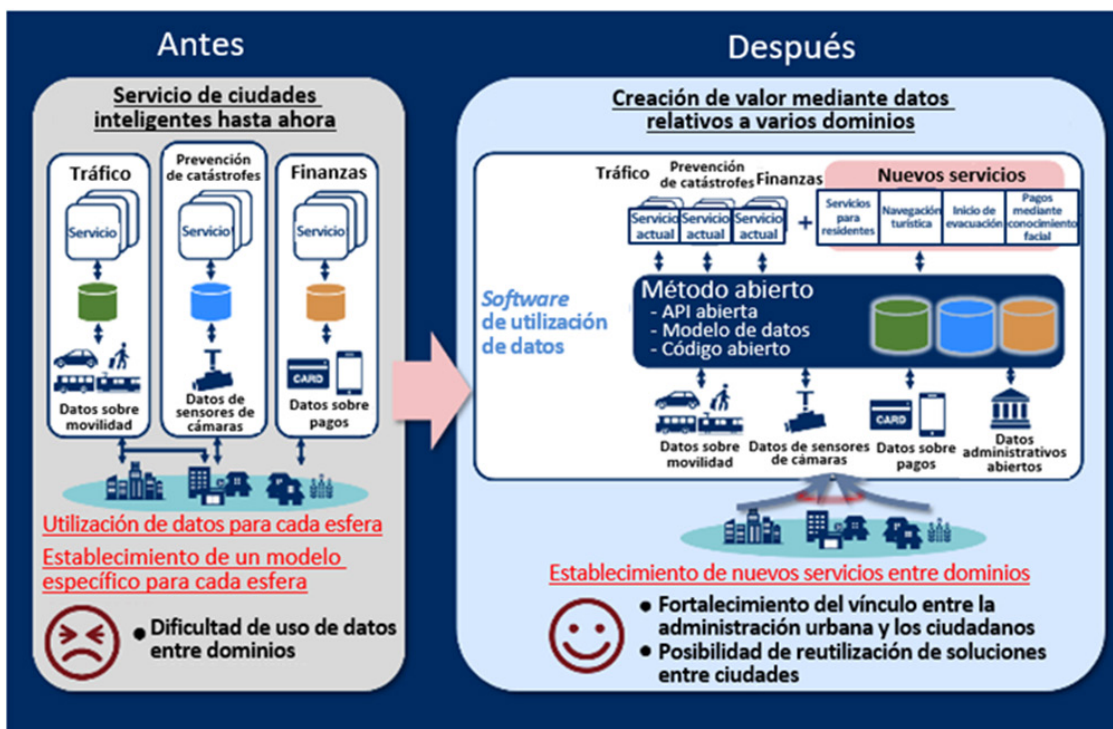


Fuente: NEC Corporation, Japón.

- e) El municipio de Shiojiri recopiló datos para revitalizar la comunidad y mejorar la seguridad desde múltiples ámbitos, como la prevención de catástrofes, el turismo, el transporte, la energía y el medio ambiente. El *software* de utilización de datos también se utilizó para compartir, analizar, procesar y visualizar los datos (véase la **Figura 13**).

<sup>84</sup> Documento [2/208](#) (NEC Corporation) de la CE 2 del UIT-D.

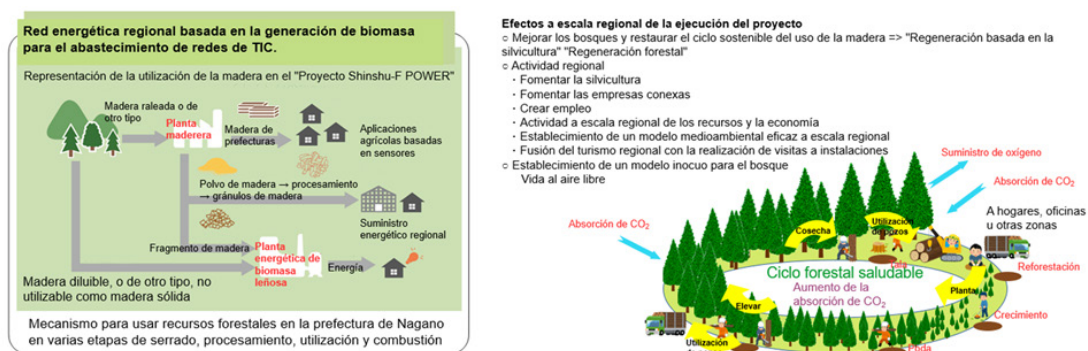
Figura 13: Estudio de caso de software de utilización de datos



Fuente: NEC Corporation, Japón.

- f) El municipio de Shiojiri ha fomentado la construcción de una central eléctrica de biomasa que contribuye a la sostenibilidad de la industria forestal regional. La red eléctrica regional permite generar y suministrar energía de forma sostenible para satisfacer la demanda regional de la red de TIC y de los hogares. Las TIC se utilizarán para adaptar la red eléctrica a la futura liberalización del sector eléctrico, que mejorará la distribución eficiente de la electricidad en la región y estabilizará los precios en un mercado competitivo. (véase la **Figura 14**).<sup>85</sup>

Figura 14: Red eléctrica regional que suministra energía generada con biomasa para las redes de TIC y el reciclaje de materiales ambientales



Fuente: Japón.

- g) Los bosques de la ciudad de Shiojiri se están deteriorando por una plaga del pino (nematodo de la madera del pino, véase la **Figura 15**), que podría afectar a la sostenibilidad de la industria forestal de esta zona. Para evitar más daños, se utilizaron

<sup>85</sup> Documento [SG2RGO/28+Anexo](#) (Japón) de la CE 2 del UIT-D.



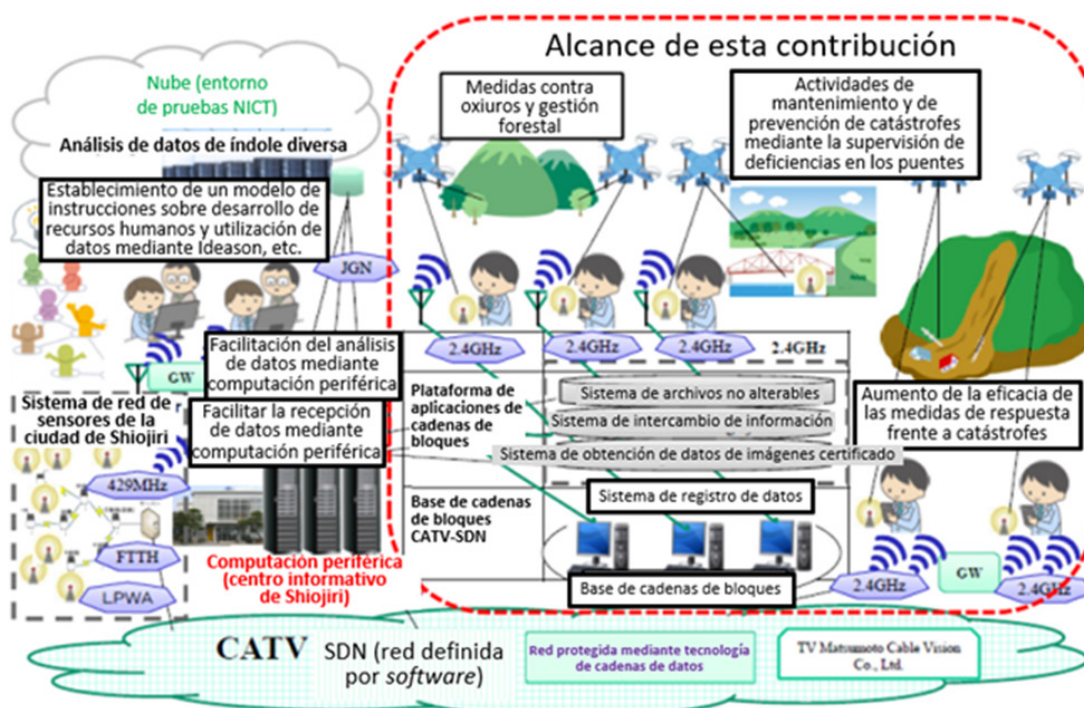
las TIC para medir el estado de los bosques y tomar medidas que eviten la propagación a otras regiones (véase la **Figura 16**).<sup>86</sup>

Figura 15: Bosques con pinos secos



Fuente: Universidad de Shinshu, Japón.

Figura 16: Sistema de cámaras con drones



Fuente: Universidad de Shinshu, Japón.

<sup>86</sup> Documento [SG2RGQ/173](#) (Universidad de Shinshu, Japón) de la CE 2 del UIT-D.

# Capítulo 5 - Medidas contra el cambio climático

## 5.1 Directrices sobre prácticas idóneas en materia de supervisión del cambio climático y mitigación de sus efectos

Aunque se están empleando algunas tecnologías de vanguardia para luchar contra el cambio climático, por ejemplo, herramientas que ayudan a tomar decisiones a partir de datos, siguen existiendo algunos retos, como:

- falta de compatibilidad de los datos;
- necesidad de mejorar el acceso a infraestructura, *software* y aptitudes;
- escasez de redes para acceder, interpretar y compartir los macrodatos;
- necesidad de mejorar la resolución de datos;
- limitada capacidad de detectar conjuntos de datos;
- falta de apoyo financiero para mantener o renovar los sistemas de observación del clima y para mejorar las redes de observación del clima;
- necesidad de una mayor diversidad de sistemas y otras cuestiones no técnicas.

Sin embargo, también existen grandes oportunidades gracias a las aplicaciones basadas en datos, por ejemplo:

- mejores herramientas para la toma de decisiones;
- mayor acceso a la información relacionada con los peligros y a los datos de la población para comprender mejor la naturaleza y los factores de riesgo;
- disponibilidad de análisis predictivos para reducir el riesgo, hacer frente a los efectos y reforzar la resiliencia;
- mejorar la resolución de datos y los sistemas de alerta temprana;
- más herramientas de fácil uso para la extracción y análisis de datos con el fin de comprender los efectos del cambio climático y las posibles repercusiones de las estrategias a largo plazo;
- mayor transformación de datos en información útil para quienes toman decisiones y para los usuarios;
- mayor cobertura de las lagunas de datos e información.<sup>87</sup>

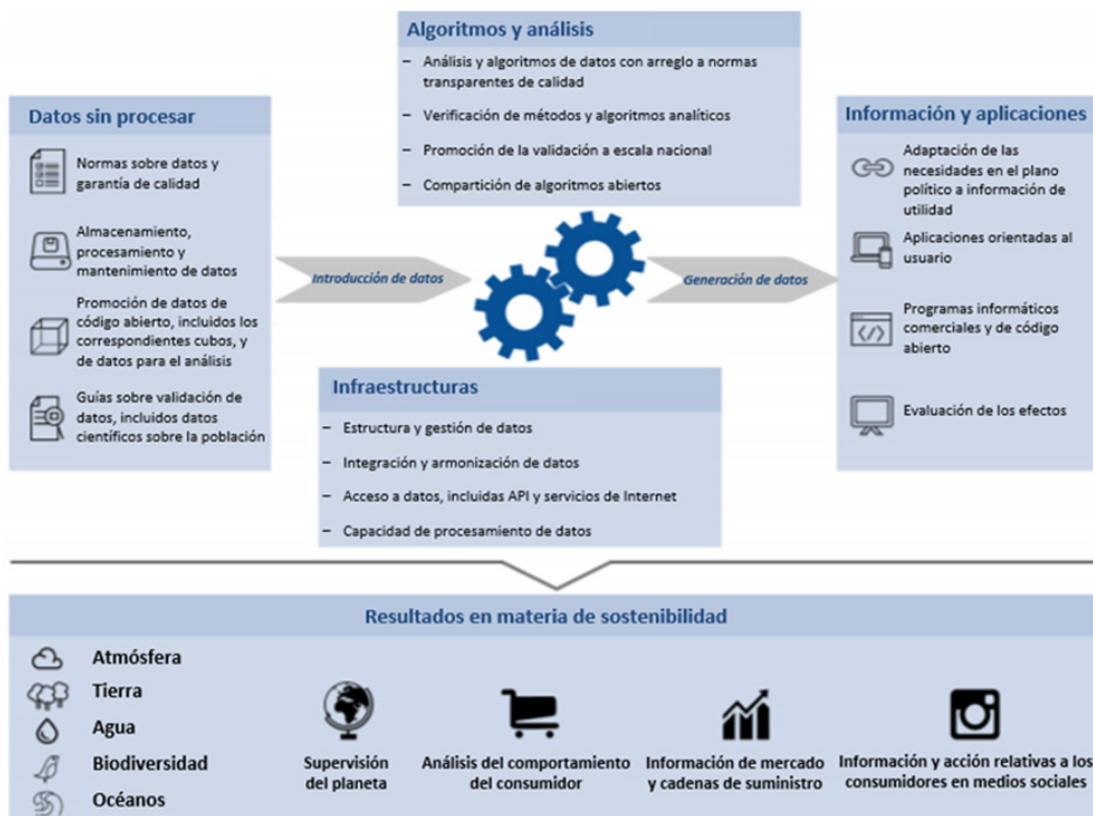
Apostar por la tecnología y la colaboración entre los actores de los sectores público y privado propiciará la creación de un ecosistema digital para el medio ambiente y el clima que incluya la creación conjunta de nuevos modelos de gobernanza que permitan aprovechar las TIC para supervisar y alcanzar los ODS y reducir la brecha entre los datos, la toma de decisiones y la rendición de cuentas.

La **Figura 17** ilustra las relaciones en este ecosistema digital.<sup>88</sup>

<sup>87</sup> Maria Espinosa. Internal Displacement Monitoring Centre (IDMC). [Internal displacement - the role of big data in monitoring climate and reducing the impacts of climate change](#). Taller del UIT-D sobre TIC de vanguardia para la acción climática, Ginebra, 15 de octubre de 2019.

<sup>88</sup> David Jensen. Subdivisión de Gestión de Crisis, PNUMA. Op. cit.

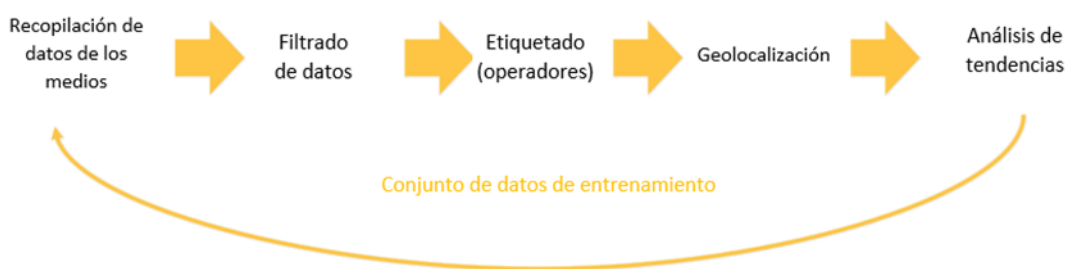
Figura 17: Ecosistema digital



Fuente: David Jensen (PNUMA, 2019)<sup>89</sup>

La **Figura 18** muestra cómo puede utilizar estas relaciones para establecer un marco que utilice los conjuntos de datos para entrenar algoritmos o crear modelos de aprendizaje automático que predigan tendencias o resultados.

Figura 18: Marco para entrenar conjuntos de datos



Fuente: Espinosa (IDMC), Taller de la UIT sobre TIC de vanguardia para la acción por el clima, 2019

La función de la UIT es esencial para el desarrollo de las TIC en todo el mundo, la normalización para la atribución del espectro, los reglamentos técnicos, el registro de los sistemas de radiocomunicaciones terrestres y por satélite, la supervisión internacional de las radiocomunicaciones y la notificación de interferencias.

<sup>89</sup> Jillian Campbell y David Jensen (PNUMA). Op. cit.

La elaboración de nuevas directrices sobre prácticas idóneas facilitará la utilización de las tecnologías, especialmente en los países en desarrollo, ámbitos tales como la observación de la Tierra para el cambio climático, la adopción de tecnologías de bajo coste, como los drones, los satélites pequeños y la disponibilidad de datos.

## 5.2 Tecnología para la supervisión del cambio climático y la reducción de sus efectos

Gracias a las tecnologías nuevas y de vanguardia, el sector de las TIC promueve soluciones e innovación que van desde la gestión de las ciudades hasta la acción climática para cumplir el ODS 13.

La inteligencia artificial y las herramientas de macrodatos recopilan, almacenan y analizan grandes y complejos conjuntos de datos, para lo cual requieren datos de alta calidad (pertinentes y disponibles instantáneamente), y que pueden utilizarse para diseñar, supervisar y evaluar políticas eficaces. Para poder transformar el ingente volumen de macrodatos en ideas fáciles de usar que ayudan tanto a tomar decisiones como a rendir cuentas de la acción climática en el ecosistema digital será preciso:

- establecer normas mundiales;
- divulgar datos sobre las emisiones;
- intercambiar datos y conceder licencias;
- mejorar la interoperabilidad;
- aumentar la calidad de los datos y algoritmos;
- reducir la elevada fragmentación o la limitada colaboración estratégica;
- aumentar el número de partes interesadas.<sup>90</sup>

A medida que el mundo avanza tras la COVID-19, los gobiernos podrían fomentar una mayor utilización de las TIC para alcanzar objetivos medioambientales y de cambio climático y para definir políticas. Además, los nuevos modelos empresariales pueden incluir incentivos para las asociaciones público-privadas, la gobernanza, la privacidad y la seguridad de los datos, la geopolítica y los nuevos marcos éticos.

El UIT-D organizó recientemente un seminario web<sup>91</sup> público para comprender mejor cómo aprovechar las TIC para luchar contra el cambio climático y reconstruir economías más ecológicas después de la COVID-19.

## 5.3 La observación de la Tierra para la supervisión del cambio climático y la reducción de sus efectos

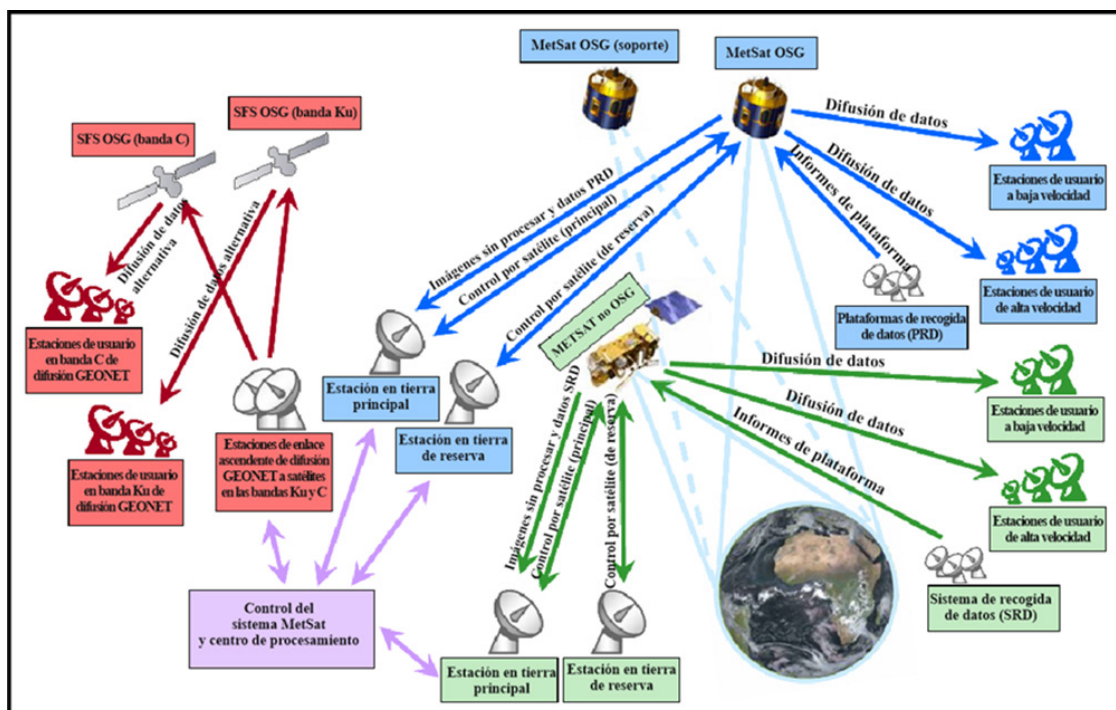
En la observación de la Tierra se utiliza la tecnología de radiofrecuencia, por ejemplo, sistemas de satélites para iluminar los objetos o las superficies que se desea estudiar y analizar diversas características o fenómenos a partir de la señal reflejada. En la **Figura 19**<sup>92</sup> se muestra la arquitectura general de un sistema de satélites meteorológicos.

<sup>90</sup> David Jensen. Subdivisión de Gestión de Crisis, PNUMA. Op. cit.

<sup>91</sup> UIT. [Seminario web público del UIT-D sobre las TIC para la acción climática y la reconstrucción de economías más ecológicas después de la COVID-19](#), 15 de julio de 2020.

<sup>92</sup> Vadim Nozdrin (Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT). [Role of Earth observation in climate action](#). Taller del UIT-D sobre TIC de vanguardia para la acción climática, Ginebra, 15 de octubre de 2019.

Figura 19: Sistema de satélites meteorológicos



Fuente: UIT

Los sistemas de satélites tienen una alta resolución espacial y una sensibilidad excepcional respecto de una serie de parámetros terrestres, marítimos y atmosféricos variables. Según el Grupo de Coordinación de los Satélites Meteorológicos<sup>93</sup>, hay unos 170 satélites meteorológicos geoestacionarios y no geoestacionarios.

La observación de la Tierra resulta útil para supervisar el cambio climático, ya que los datos de los satélites:

- proporcionan mediciones de referencia sobre las principales variables que contribuyen a la exactitud de los modelos y pronósticos climáticos, que permiten tomar decisiones políticas;
- contribuyen a obtener datos sobre las concentraciones y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para la contabilidad del carbono en relación con las respuestas para la mitigación;
- mejoran el desarrollo y la supervisión de las respuestas para la adaptación, incluida la evaluación de los efectos, la vulnerabilidad y los riesgos, cuando se combina con otra información socioeconómica en escalas de tiempo ampliadas;
- contribuyen a alcanzar 16 de los 17 ODS, 40 de las 169 metas y 30 de los 232 indicadores de los ODS;
- refuerzan el Acuerdo de París sobre el cambio climático, como se muestra en la **Figura 20**<sup>94</sup>.

<sup>93</sup> Vadim Nozdrin, Op. cit.; y OMM (en nombre del CGMS). [Space-based WMO Integrated Global Observing System](#), actualizado en septiembre de 2020.

<sup>94</sup> Sara Venturini. Group on Earth Observations (GEO). [EO in support of the Paris Agreement](#). Taller del UIT-D sobre TIC de vanguardia para la acción climática, Ginebra, 15 de octubre de 2019.

Figura 20: Observación de la Tierra y el Acuerdo de París



Las aplicaciones de observación de la Tierra están evolucionando con el fin de englobar:

- los niveles de contaminación atmosférica;
- la observación de los bosques para medir su tamaño y controlar la evolución de la biomasa y las emisiones asociadas;
- la información de alerta temprana;
- las mediciones de la extensión y profundidad del hielo polar;
- la previsión meteorológica, la supervisión del clima y oceanografía operativa;
- el radar de precipitaciones, para comprender las interacciones entre el vapor de agua, las nubes y las precipitaciones.

La UIT, a través de sus tres Oficinas, está trabajando en la preparación de directrices sobre el suministro de datos de teledetección por satélite, con el fin de estudiar el cambio climático; en la elaboración de un resumen de la situación de las principales variables climáticas y factores esenciales; y en la protección del espectro de los servicios científicos. También ha publicado un manual en colaboración con la OMM sobre la utilización del espectro radioeléctrico para la meteorología.<sup>95</sup>

<sup>95</sup> UIT y OMM. Manual: [Utilización del espectro radioeléctrico en meteorología: Observación y predicción del clima, de los fenómenos meteorológicos y de los recursos hídricos](#). 2017.

## Capítulo 6 – Conclusiones

### 6.1 El futuro de los residuos electrónicos

Los residuos electrónicos constituyen el sector de residuos que más rápido crece, y son perjudiciales tanto para el medio ambiente como para la salud. El reto consiste en crear infraestructuras y sistemas de gestión de residuos electrónicos y en aumentar la sensibilización sobre la incidencia del comercio ilícito, el reciclaje informal, la pérdida de recursos valiosos y las consecuencias medioambientales de los residuos electrónicos.

La gestión y la política de los residuos electrónicos deben concentrarse en fomentar el concepto de economía circular, que insiste en la importancia del reciclaje y el reacondicionamiento. En muchos casos, los peligros que entraña la recogida de residuos electrónicos son más acusados cuando éstos acaban en manos de sectores no regulados e informales.

Al diseñar las políticas se debe tomar en consideración el ciclo final de la vida útil del producto, e incluir apoyo financiero e incentivos fiscales, junto con la insistencia en la capacitación del sector informal, la eliminación de manera científica y la mejora de los procesos de reutilización y reacondicionamiento de los productos.

Los recursos naturales son limitados y una solución viable a su escasez consiste en la recuperación mediante la gestión científica de los residuos electrónicos. A tal efecto, resulta fundamental la flexibilidad de las partes interesadas, por ejemplo, en el diseño de productos y en los métodos innovadores de eliminación de residuos electrónicos, pero es importante garantizar:

- reglamentos de los procesos de fabricación para reducir y eliminar las sustancias tóxicas de los residuos electrónicos;
- el desarrollo de tecnologías para el final de la vida útil de los productos mediante la sustitución y recuperación de materiales;
- el intercambio de conocimientos y las sinergias entre los principales actores;
- el apoyo integrado, además de políticas nacionales prácticas y rigurosas, especialmente en las economías incipientes;
- una mayor coordinación entre los organismos de Naciones Unidas;
- capacitación e innovación, especialmente en materia de creación de empleo productivo;
- la recuperación de recursos naturales valiosos, garantizando a su vez la salud, la sostenibilidad de la industria y el crecimiento económico;
- una mejor recogida y reutilización de los residuos electrónicos;
- la gestión más eficiente y eficaz de los residuos electrónicos basada en la EPR;
- el compromiso de todas las partes interesadas en las prácticas de consumo sostenible.

### 6.2 Perspectivas del cambio climático

Este informe muestra la importancia de las telecomunicaciones/TIC para la prestación de servicios y aplicaciones, especialmente las consagradas a la reducción del calentamiento del

planeta. El informe *United in Science 2020*<sup>96</sup> de la OMM muestra que las concentraciones de gases de efecto invernadero se encuentran en niveles sin precedentes, y las emisiones vuelven a alcanzar los niveles previos a la pandemia. Los próximos cinco años serán los años más cálidos de los que se tiene constancia<sup>97</sup>, y los miles de incendios forestales producidos en el mundo en 2020, que han destruido una superficie récord de 2,2 millones de hectáreas, han causado desplazamientos demográficos y contribuido así el aumento de la temperatura del planeta, lo que dificultará el cumplimiento de los objetivos acordados de mantenerse por debajo de los 2° C o a 1,5° C por encima de los niveles preindustriales.

A fin de mitigar con éxito el cambio climático, se necesita una política social y culturalmente apropiada que garantice tecnologías rentables, fácilmente disponibles y sostenibles. Las medidas de mitigación que se centran en soluciones incipientes son costosas, y el proceso continuo de adaptación al cambio climático es complejo. Para encontrar soluciones sostenibles habría que recurrir simultáneamente a planteamientos que impliquen una política y una tecnología flexibles.

Los adelantos en las TIC y las tecnologías de vanguardia ofrecen la posibilidad de reducir los efectos negativos del cambio climático y pueden facilitar la adopción de medidas preventivas. El desarrollo de potentes herramientas como la IA, la observación de la Tierra y los macrodatos puede aportar opciones y oportunidades que permitan el apoyo científico a una acción climática resiliente y sostenible.

Los Estados Miembros deben concertar acuerdos medioambientales multilaterales que aúnen a las naciones, la comunidad medioambiental y los organismos de investigación para afrontar y superar los grandes retos que conllevan los residuos electrónicos y el cambio climático y garantizar una calidad de vida mejor y sostenible.

---

<sup>96</sup> OMM. Recursos. [United in Science 2020](#). A multi-organization high-level compilation of the latest climate science information.

<sup>97</sup> World Wide Fund for Nature (WWF). Stories. [2020: A critical year for our future and for the climate](#).



# Anexos

## Annex 1: Bibliography and online resources

### Bibliography

Baldé, Cornelis P. et al. (2017). *The Global E-waste Monitor - 2017*. Bonn/Geneva/Vienna: United Nations University, International Telecommunication Union and International Solid Waste Association.

Kong, Sifang et al. (2012). The Status and Progress of Resource Utilization Technology of e-waste pollution in China. Special issue of *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 16, pp. 515-521.

Widmer, Rolf et al. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 25, pp. 436-458.

Breuil, Henri et al. (2008). *Rapport TIC et Développement durable*. Paris : Conseil général de l'environnement et du développement durable and Conseil Général des Technologies de l'Information.

Flipo, Fabrice et al. (2009). *Technologies numériques et crise environnementale : peut-on croire aux TIC vertes ?* Caen : Fondation Télécom.

Gossart, Cédric (2009). De l'exportation des maux écologiques à l'ère du numérique. *Mouvements*, Vol. 60, No. 4, pp. 23-28.

### Online resources

DEEE en Afrique : états des lieux. Available at <http://data.worldbank.org>.

Projet e-waste Africa PNUE/SCB. Available at [www.itu.int](http://www.itu.int): base de données des indicateurs.

StEP Initiative: StEP solving the E-waste Problem. Available at [www.step-initiative.org](http://www.step-initiative.org).

Solving the E-waste Problem (StEP) Initiative: Annual Report. Available at <https://collections.unu.edu> › view › UNU:6138.

Widmer, Rolf, et al. (2005) Global Perspectives on e-waste: Available at <https://www.scirp.org> › reference › References Paper.

Guiyu, le plus grand e-dépotoir de la planète - *Le Temps*. Available at <https://www.letemps.ch> › économie › guiyu-plus-grand-edepotoir-planete.

La décharge de déchets ... - *Lumni | Enseignement*. Available at <https://enseignants.lumni.fr> › fiche-media › la-decharge-de-dechets-d-equi.

Gestion des déchets dans une approche d'éducation permanente: Etudes & démarches pédagogiques. Available at <http://www.lire-et-ecrire.be/Gestion-des-dechets-dans-une>

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01885042/document>.

*Réduire et gérer les déchets électroniques dans le contexte de développement durable.* Available at [http://fermun.org/wp-content/uploads/2019/11/ITU2\\_2\\_FRANCAIS\\_TOPROOFREAD.pdf](http://fermun.org/wp-content/uploads/2019/11/ITU2_2_FRANCAIS_TOPROOFREAD.pdf).

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01856401/file/1.%20Jaglin%20et%20al.-valorisation-dechets-villes-sud-2018.pdf>.

## Annex 2: List of contributions and liaison statements received on Question 6/2

### Contributions on Question 6/2

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/394</a>	2021-02-19	Russian Federation	Environmental responsibility of communication operators, the Russian Federation's national experience
<a href="#">2/382</a>	2021-01-26	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
<a href="#">RGQ2/276</a>	2020-09-22	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
<a href="#">RGQ2/247</a>	2020-09-06	ITU Association of Japan (Japan)	Update of recycling method of lead acid battery since 2016
<a href="#">2/335</a>	2020-02-11	Shinshu University (Japan)	Proposed draft text for Chapter 1, Part 3 on climate change for the Final Report of Question 6/2
<a href="#">2/293</a>	2020-01-09	Senegal	Proposed text for Chapter 2 of the Final Report on Question 6/2: "How to develop an e-waste management strategy"
<a href="#">2/291</a>	2020-01-08	BDT	Outcome from the Policy Awareness Workshop on E-waste held in Hyderabad, India
<a href="#">2/285</a>	2020-01-07	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
<a href="#">2/282</a>	2020-01-04	India	Proposed text for Final Report for Question 6/2, e-waste background
<a href="#">2/281</a>	2020-01-04	India	Resource efficiency towards circular economy strategy
<a href="#">2/274</a>	2020-01-02	Benin	Texte proposée pour le Chapitre 1 du Rapport Final lié aux déchets électroniques/sensibilisation à l'éducation
<a href="#">2/270</a>	2019-12-31	Burundi	Management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) in Burundi: "National and regional initiatives"
<a href="#">2/249</a>	2019-12-05	Cameroon	Proposed text for Chapter 2 of the Final Report on the development of a strategy for managing electrical and electronic waste
<a href="#">RGQ2/197</a>	2019-09-24	India	Proposed text for the Final Report of Q6/2
<a href="#">RGQ2/173</a>	2019-09-19	Shinshu University (Japan)	Development of technology to solve pine blight countermeasure problems using drones
<a href="#">RGQ2/141</a>	2019-08-12	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
<a href="#">RGQ2/132</a>	2019-07-26	India	Emerging Economies and ICT solutions - role in climate change mitigation

(continuación)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">RGQ2/119</a>	2019-07-02	Cameroon	ICTs and the environment: management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Cameroon
<a href="#">RGQ2/109</a>	2019-03-14	Sri Lanka	E-waste management initiatives in Sri Lanka
<a href="#">2/214</a>	2019-03-12	Brazil	Regional needs for e-waste management for developing countries
<a href="#">2/213</a>	2019-03-12	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on the ICTs and the environment
<a href="#">2/211</a>	2019-03-12	Intel Corporation (United States)	Importance of smart cities, 5G, IoT and AI
<a href="#">2/197</a>	2019-03-05	India	E-waste management in India - circular economy vision
<a href="#">2/145</a>	2019-01-18	Cameroon	Challenges of climate change in the North Cameroon region
<a href="#">2/143</a>	2019-01-16	Burundi	Ecological management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Burundi
<a href="#">RGQ2/87</a>	2018-09-27	BDT	Extracted lessons learned from contributions to ITU-D Study Group 2 Questions (ITU-D Study Group 2 Rapporteur Group Meetings )
<a href="#">RGQ2/84 +Ann.1</a>	2018-09-18	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on the ICTs and the environment
<a href="#">RGQ2/81</a>	2018-09-18	ITU General Secretariat	WSIS Stocktaking and WSIS Prizes 2019: calls for action
<a href="#">RGQ2/76 +Ann.1</a>	2018-09-18	Japan	Tokyo 2020 Medal Project: towards an innovative future for all
<a href="#">RGQ2/72</a>	2018-09-18	India	Role of ICT in cleanliness mission in India thus helping in minimizing harmful effects of e-waste, solid wastes and ground pollutants
<a href="#">RGQ2/52</a>	2018-09-04	Russian Federation	Review of the current legislation of the Russian Federation in the field of WEEE management
<a href="#">RGQ2/51</a>	2018-09-03	African Civil Society for the Information Society (ACSIS)	ACSIS contribution on ICT and the environment
<a href="#">RGQ2/37</a>	2018-08-16	Brazil	Brazilian Federal Law on Solid Waste and WEEE
<a href="#">RGQ2/36</a>	2018-08-16	Brazil	The Brazilian System of Reverse Logistics for WEEE
<a href="#">RGQ2/29 +Ann.1</a>	2018-08-15	Daiwa Computer Co. (Japan)	ICT-applied farming method for producing muskmelon by an IT company
<a href="#">RGQ2/28 +Ann.1</a>	2018-08-15	Japan	Proposal for the sustainable smart society
<a href="#">2/TD/5</a>	2018-05-07	Rapporteur for Question 6/2	Draft work plan for Question 6/2

## (continuación)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/87</a>	2018-04-23	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on the ICTs and the environment
<a href="#">2/65</a>	2018-04-06	Brazil	Topics for the study of Question 6/2 for the next study period
<a href="#">2/48</a>	2018-03-15	Burundi	Establishing regulations on the management of waste electrical and electronic equipment in Burundi

## Incoming liaison statements for Question 6/2

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/365</a>	2021-01-12	ITU-T Study Group 2	Liaison statement from ITU-T Study Group 2 to ITU-D SG1, ITU-SG2 Question 5/2 and Question 6/2 on establishment of a new ITU-T Focus Group on Artificial Intelligence for Natural Disaster Management (FG-AI4NDM) and first meeting (Virtual, 15-17 March 2021)
<a href="#">RGO2/203</a>	2020-02-18	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG1 and SG2 on information on WTSA-20 preparation
<a href="#">2/258</a>	2019-12-20	ITU-T FG-AI4EE	Liaison statement from ITU-T FG-AI4EE to ITU-D Study Group 1 and 2 on the first meeting of ITU-T Focus Group on Environmental Efficiency for Artificial Intelligence and Other Emerging Technologies
<a href="#">RGO2/TD/5</a>	2018-09-28	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Q6/2 on Question 6/2 work for the 2018-2020 study period (reply to ITU-D SG2, 2/115-E)
<a href="#">2/33</a>	2017-11-28	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D study groups on setting environmental requirements for 5G/IMT-2020
<a href="#">2/28</a>	2017-11-24	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Q6/2 on previous Q8/2 draft report for the 2014-2017 study period
<a href="#">2/26</a>	2017-11-24	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Question 6/2 and Question 7/2 on Operational Plan for Implementation of WTSA Resolutions 72 and 73 (Rev. Hammamet, 2016), and Resolution 79 (Dubai, 2012)
<a href="#">2/17</a>	2017-11-22	ITU-T Study Group 3	Liaison Statement from ITU-T SG3 to ITU-D SG2 Q6/2 on previous Q8/2 work for the 2014-2017 study period

**Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT)**  
**Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT)**  
**Oficina del Director**  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20  
Suiza  
Correo-e: [bdttdirector@itu.int](mailto:bdttdirector@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5035/5435  
Fax: +41 22 730 5484

**Director Adjunto y Jefe del Departamento de Administración y Coordinación de las Operaciones (DDR)**  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20  
Suiza

Correo-e: [bdtdeputydir@itu.int](mailto:bdtdeputydir@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5131  
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento de Redes y Sociedad Digitales (DNS)**  
Correo-e: [bdt-dns@itu.int](mailto:bdt-dns@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5421  
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento del Centro de Conocimientos Digitales (DKH)**  
Correo-e: [bdt-dkh@itu.int](mailto:bdt-dkh@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5900  
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento de Asociaciones para el Desarrollo Digital (PDD)**  
Correo-e: [bdt-pdd@itu.int](mailto:bdt-pdd@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5447  
Fax: +41 22 730 5484

## África

**Etiopía**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina Regional**  
Gambia Road  
Leghar Ethio Telecom Bldg. 3<sup>rd</sup> floor  
P.O. Box 60 005  
Adis Abeba  
Etiopía  
Correo-e: [itu-ro-africa@itu.int](mailto:itu-ro-africa@itu.int)  
Tel.: +251 11 551 4977  
Tel.: +251 11 551 4855  
Tel.: +251 11 551 8328  
Fax: +251 11 551 7299

**Camerún**  
**Union internationale des télécommunications (UIT)**  
**Oficina de Zona**  
Immeuble CAMPOST, 3<sup>e</sup> étage  
Boulevard du 20 mai  
Boîte postale 11017  
Yaoundé  
Camerún  
Correo-e: [itu-yaounde@itu.int](mailto:itu-yaounde@itu.int)  
Tel.: +237 22 22 9292  
Tel.: +237 22 22 9291  
Fax: +237 22 22 9297

**Senegal**  
**Union internationale des télécommunications (UIT)**  
**Oficina de Zona**  
8, Route des Almadies  
Immeuble Rokhaya, 3<sup>e</sup> étage  
Boîte postale 29471  
Dakar – Yoff  
Senegal  
Correo-e: [itu-dakar@itu.int](mailto:itu-dakar@itu.int)  
Tel.: +221 33 859 7010  
Tel.: +221 33 859 7021  
Fax: +221 33 868 6386

**Zimbabwe**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina de Zona**  
TelOne Centre for Learning  
Corner Samora Machel and Hampton Road  
P.O. Box BE 792  
Belvedere Harare  
Zimbabwe  
Correo-e: [itu-harare@itu.int](mailto:itu-harare@itu.int)  
Tel.: +263 4 77 5939  
Tel.: +263 4 77 5941  
Fax: +263 4 77 1257

## Américas

**Brasil**  
**União Internacional de Telecomunicações (UIT)**  
**Oficina Regional**  
SAUS Quadra 6  
Ed. Luis Eduardo Magalhães,  
Bloco "E", 10<sup>o</sup> andar, Ala Sul  
(Anatel)  
CEP 70070-940 Brasilia – DF  
Brasil  
Correo-e: [itubrasilia@itu.int](mailto:itubrasilia@itu.int)  
Tel.: +55 61 2312 2730-1  
Tel.: +55 61 2312 2733-5  
Fax: +55 61 2312 2738

**Barbados**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina de Zona**  
United Nations House  
Marine Gardens  
Hastings, Christ Church  
P.O. Box 1047  
Bridgetown  
Barbados  
Correo-e: [itubridgetown@itu.int](mailto:itubridgetown@itu.int)  
Tel.: +1 246 431 0343  
Fax: +1 246 437 7403

**Chile**  
**Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**  
**Oficina de Representación de Área**  
Merced 753, Piso 4  
Santiago de Chile  
Chile  
Correo-e: [itusantiago@itu.int](mailto:itusantiago@itu.int)  
Tel.: +56 2 632 6134/6147  
Fax: +56 2 632 6154

**Honduras**  
**Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**  
**Oficina de Representación de Área**  
Colonia Altos de Miramontes  
Calle principal, Edificio No. 1583  
Frente a Santos y Cía  
Apartado Postal 976  
Tegucigalpa  
Honduras  
Correo-e: [itutegucigalpa@itu.int](mailto:itutegucigalpa@itu.int)  
Tel.: +504 2235 5470  
Fax: +504 2235 5471

## Estados Árabes

**Egipto**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina Regional**  
Smart Village,  
Building B 147, 3<sup>rd</sup> floor  
Km 28 Cairo  
Alexandria Desert Road  
Giza Governorate  
El Cairo  
Egipto  
Correo-e: [itu-ro-arabstates@itu.int](mailto:itu-ro-arabstates@itu.int)  
Tel.: +202 3537 1777  
Fax: +202 3537 1888

**Asia-Pacífico**  
**Tailandia**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina Regional**  
Thailand Post Training Center, 5<sup>th</sup> floor  
111 Chaengwattana Road  
Laksi  
Bangkok 10210  
Tailandia  
*Dirección postal:*  
P.O. Box 178, Laksi Post Office  
Laksi, Bangkok 10210, Tailandia  
Correo-e: [ituasiapacificregion@itu.int](mailto:ituasiapacificregion@itu.int)  
Tel.: +66 2 575 0055  
Fax: +66 2 575 3507

**Indonesia**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina de Zona**  
Sapta Pesona Building, 13<sup>th</sup> floor  
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17  
Jakarta 10110  
Indonesia  
*Dirección postal:*  
c/o UNDP – P.O. Box 2338  
Jakarta 10110, Indonesia  
Correo-e: [ituasiapacificregion@itu.int](mailto:ituasiapacificregion@itu.int)  
Tel.: +62 21 381 3572  
Tel.: +62 21 380 2322/2324  
Fax: +62 21 389 55521

## Países de la CEI

**Federación de Rusia**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina Regional**  
4, Building 1  
Sergiy Radonezhsky Str.  
Moscú 105120  
Federación de Rusia  
Correo-e: [itumoscov@itu.int](mailto:itumoscov@itu.int)  
Tel.: +7 495 926 6070

## Europa

**Suiza**  
**Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT)**  
**Oficina Regional**  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20  
Suiza  
Correo-e: [euregion@itu.int](mailto:euregion@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5467  
Fax: +41 22 730 5484

Unión Internacional de Telecomunicaciones  
Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20  
Suiza

ISBN: 978-92-61-34193-0



Publicado en Suiza  
Ginebra, 2021