

**Lisandra Bravo Alvares\***

Universidad de Concepción, Concepción, Chile

**Samuel Montejo-Sánchez\*\***

Universidad Tecnológica Metropolitana,  
Santiago, Chile



<https://orcid.org/0000-0003-1622-3180>

## Ensayo

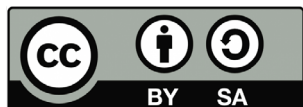
# IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

IMPACT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Recibido: 31 de octubre de 2021 | Aprobado: 3 de noviembre 2021 | Versión final: 23 de diciembre de 2021

### Cómo citar este artículo:

Bravo-Alvares, L. y Montejo-Sánchez, S. (2021). Impacto de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Trilogía (Santiago), 35(46), 88-104. Universidad Tecnológica Metropolitana.



\* Estudiante de doctorado en Ciencias de la Ingeniería con mención en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Concepción (UDEc), Chile. Ingeniera en Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Central de las Villas, Cuba. Correo electrónico: lisanbravo@udec.cl.

\*\* Doctor en Ciencias Técnicas (Universidad Central de Las Villas, Cuba, UCLV). Programa Institucional de Fomento a la I+D+i (PIDi), Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile. Correo electrónico: smontejo@utem.cl.

## RESUMEN

El despliegue de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en conjunto con el internet de las cosas (IoT) y la sexta generación (6G), tendrán un impacto positivo y sentarán las bases para la evolución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en un mundo pospandémico.

**PALABRAS CLAVE:** tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), internet de las cosas (IoT), sexta generación (6G), objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

## ABSTRACT

The deployment of information and communication technologies (ICT) together with the internet of things (IoT) and the sixth generation (6G) will have a positive impact and will set the foundations for the evolution of sustainable development goals (SDG) in a post-pandemic world.

**KEY WORDS:** information and communication technologies (ICT), internet of things (IoT), sixth generation (6G), sustainable development goals (SDG).

## INTRODUCCIÓN

En septiembre de 2015 se celebró en Nueva York la Cumbre de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ONU), donde se aprobó la Agenda de Desarrollo Sostenible para 2030 (ONU, 2015). Esta cumbre propuso un nuevo marco de indicadores globales, compuestos por diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas (ver Tabla 1), orientados a que las cooperaciones internacionales entre 2015 y 2030 tributen a un desarrollo sostenible de alcance mundial. El marco de los ODS parte

de las experiencias de implementación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), involucrando aquellos parcialmente no cumplidos y abordando nuevos desafíos emergentes de equidad y urbanización.

La agenda 2030 afirma que las TIC pueden acelerar sustancialmente el progreso del desarrollo de los seres humanos y disminuir las brechas digitales existentes, al construir comunidades de conocimiento (ONU, 2015).

**Tabla 1.** Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015)

Número	Objetivo de Desarrollo Sostenible
ODS 1	Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.
ODS 2	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible,
ODS 3	Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.
ODS 4	Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
ODS 5	Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
ODS 6	Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
ODS 7	Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.
ODS 8	Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
ODS 9	Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
ODS 10	Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
ODS 11	Lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
ODS 12	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
ODS 13	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos
ODS 14	Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
ODS 15	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
ODS 16	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas de sus gestiones.
ODS 17	Fortalecer los medios de implementación y la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Ninguno de los diecisiete ODS está relacionado directamente con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), solo en algunas metas mencionan las TIC y las tecnologías relevantes. Sin embargo, múltiples investigadores (López-Vargas, 2021; Matinmikko-Blue, 2020; Wu et al., 2018) coincidimos en que las TIC son absolutamente cruciales y podrían ser los catalizadores claves de los ODS.

Aunque la investigación y el desarrollo actual de las TIC se ha centrado en explorar los desafíos tecnológicos, tales como incrementar la tasa de transferencia de datos, la confiabilidad y seguridad de las redes de comunicaciones, la eficiencia energética de los dispositivos, así como la capacidad de almacenamiento y cómputo, cada vez somos más conscientes de la relevancia de las TIC en la vida del hombre y en el desarrollo de la sociedad.

Se debe destacar que el avance de estos ODS se ha visto sensiblemente afectado por la pandemia del COVID-19, ya que el éxito de estos objetivos depende del crecimiento económico sostenido, el cual se ha visto muy afectado con el paso de la pandemia COVID-19 (Naidoo y Fisher, 2021). No solo el sector de la salud se ha visto sometido a una gran presión, sino que la economía mundial, la sociedad toda y el ecosistema se han visto severamente afectados también (Donthu y Gustafsson, 2020). Sin embargo, tan grave impacto se debe en parte a la ausencia de apoyo oportuno internacional para garantizar el progreso de los ODS (Barbier y Burgess, 2020).

El desarrollo de las TIC junto a la implementación de nuevas tecnologías como la Internet de las cosas (IoT) y la sexta generación de comunicaciones móviles (6G) serán esenciales para el cumplimiento de los ODS en un mundo pospandémico. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), agencia especializada para las TIC, ha identificado el papel de estas en el logro de los ODS (ITU, 2020). Estudios previos sobre el vínculo entre los ODS y el sector de las TIC, han identificado que estas pueden contribuir al logro de todos los ODS. Este hecho nos motiva a investigar el estado del arte sobre la relevancia de las TIC para el cumplimiento de los ODS.

La principal contribución de este artículo es presentar un estudio de la relación existente

entre las TIC y los ODS, así como analizar el impacto de las nuevas tecnologías en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible para la agenda 2030. La estructura del trabajo es la siguiente: la Sección I muestra la relación entre las TIC y los ODS. Mientras que en la Sección II se describe la relación entre las tecnologías actuales y futuras con los ODS. En la Sección III se discute el impacto de la pandemia COVID-19 a la agenda de los ODS y los pasos que se han dado para superar este problema. Se enuncian los nuevos desafíos que enfrenta la implementación de las TIC en los ODS en la Sección IV. Finalmente se emiten las principales conclusiones del estudio presentado.

## I. RELACIÓN ENTRE LAS TIC Y LOS ODS

Según (Wu et al., 2018), los diecisiete ODS pueden ser clasificados tres dimensiones principales del desarrollo sostenible: social, económica y ambiental. Sin embargo, en esta sección se relaciona cada ODS con la TIC que más puede beneficiarle, aunque no sea la única. ODS 1: Fin de la pobreza en la vida y la tecnología. La reducción de la pobreza sigue siendo uno de los desafíos continuos a largo plazo durante el desarrollo de la sociedad humana. El uso de satélites y de tecnologías que capturen imágenes infrarrojas puede ser de gran ayuda para estimar y documentar con precisión el índice de pobreza en todos los países (Yu et al., 2015).

El desarrollo de infraestructuras TIC ayudará en el empoderamiento de las naciones, ayudando a producir y difundir nuevos conocimientos y acelerando el desarrollo humano integral (Maslow, 2021). De esta forma, se incrementan las oportunidades de los más pobres en acceder al conocimiento, las instalaciones médicas y los mercados.

**ODS 2: Agricultura sostenible y tecnología.** La agricultura es un sector fundamental para el desarrollo de los países. El uso apropiado de las TIC en la agricultura puede aumentar la productividad, el uso eficiente de los recursos y por ende la sostenibilidad. El empleo de tecnologías que permitan el control remoto del área, la supervisión de la operación de las válvulas de riego y el uso de redes inalámbricas de sensores aumenta la precisión de la gestión al dotar al sistema de información y conocimiento relevante, que permite tomar decisiones oportunas e incrementar la producción agrícola (Awuor et al., 2013). El control y la supervisión son esenciales para la cadena de suministro desde la producción hasta la eliminación de desechos. Basados en la automatización y monitoreo remoto hoy existen múltiples aplicaciones digitales para el control de la calidad de los alimentos, que toman en cuenta su degradación (Ren et al., 2013).

**ODS 3: Una vida sana con tecnologías inteligentes.** Las comunicaciones móviles y la informática ubicua han mostrado nuevos progresos en la gestión y atención médica. El uso de plataformas informáticas para el uso de servicios de salud pública es cada vez más popular, permitiendo la atención médica remota inteligente (Singh et al., 2015). Mientras que el uso de sensores y las aplicaciones móviles pueden ser de gran utilidad para el monitoreo de signos vitales y estado de salud en entornos domésticos y centros de cuidado (Skubic et al., 2015).

**ODS 4: Educación a distancia y nuevas oportunidades de aprendizaje.** Las recientes medidas de aislamiento social demostraron las potencialidades para la enseñanza de las herramientas informáticas desarrolladas con este fin. El uso de las cuales, sin dudas, darían mayores oportunidades educativas a estudiantes que no puedan asistir a clases presenciales (Chou y Sun, 1996). Múltiples plataformas y equipos tecnológicos

apoyan la educación a distancia, en la Tabla 2 se presentan algunos de los proyectos que se destacaron en este ámbito.

**Tabla 2.** Estudios realizados de las TIC que apoyan el ODS 4

Bibliografía	Contribución de las TIC al ODS 4
(Chou y Sun, 1996)	Impacto las redes de computadoras en el aprendizaje a distancia.
(Latchman et al., 1999)	Modelo para asistir de forma asincrónica a estudiantes en el aprendizaje.
(Garaj, 2010)	Aplicaciones de basadas en <i>m-learning</i> para mejorar el desempeño estudiantil.
(Tsai et al., 2011)	Plataforma web para asignar y compartir cursos e investigaciones.
(Oriti et al., 2014)	Máquina de inducción para apoyar la educación a distancia.

ODS 5: Equidad de género y el alcance de la tecnología. En la actualidad las actividades sociales están muy respaldadas por las redes de comunicación, que se denominan redes sociales o social media. Se ha demostrado que las redes sociales, los juegos en líneas y diferentes actividades en líneas pueden contribuir a reducir la desigualdad de género (Li et al., 2017).

ODS 6: Agua y saneamiento sostenibles, asistidos por tecnología de comunicación. Una gran parte de la población mundial tiene dificultades para acceder a servicios básicos para el ser humano. Múltiples sistemas basados en sensores pueden ser utilizados para mejorar la calidad del agua potable (Kedia, 2015). Mientras que sitios web de confianza son ampliamente utilizados para compartir información del abastecimiento de los servicios de agua y saneamiento (Chisholm et al., 2013).

ODS 7: Energía sostenible para todos. El suministro de los recursos de energía es uno de los factores más importantes para el desarrollo sostenible de la sociedad. Las tecnologías de redes inteligentes para los servicios de energía sostenible ofrecen nuevos modelos de generación, distribución, supervisión y consumo energético con alto impacto socio-ecológico (Camacho et al., 2014).

ODS 8: El crecimiento económico sostenible, con responsabilidad ambiental y social, debe ser una obligación para toda empresa. Las TIC son cruciales en este aspecto, ya que favorecen con el avance científico-técnico la gestión industrial. El diseño de tecnologías sostenibles es la clave para lograr un sistema económico armonioso sin perder de vista el aspecto social-ecológico (Mahabir y Shrestha, 2015).

ODS 9: Industrialización sostenible. El uso de los recursos ambientales de modo razonable, eficiente y planificado es de vital importancia para lograr el desarrollo sostenible. La información geográfica obtenida desde herramientas basadas en conocimientos topográficos y espaciales ayuda a lograr una adecuada ubicación para las industrias en planificación. Lo cual puede ser de mayor utilidad en países en desarrollo con una etapa industrial incipiente (Aguilar-Fernández et al., 2015). La energía renovable contribuye con el crecimiento económico y con el desarrollo sostenible. Por lo cual, durante la última década, ha tenido una marcada aceptación también en el modelo de negocio de las empresas.

ODS 10: Para la reducción de la desigualdad económica es indispensable el análisis de la

estabilidad económica de cada país y sector. Las TIC tienen un importante rol en este proceso ya que brindan las herramientas necesarias para la recolección y el análisis de datos. Las técnicas de visualización espacial han sido utilizadas para representar la desigualdad económica y la geoespacial se ha usado como métrica para estimar el nivel de desigualdad (Park, 2014). Sin embargo, el impacto de la tecnología en este objetivo puede ser mucho más elevado. Ya que el análisis oportuno de datos adquiridos en tiempo real puede prevenir decisiones que afecten sensiblemente a determinados sectores y/o países.

ODS 11: Las ciudades sostenibles están sin duda en el centro de atención cuando se menciona el futuro sostenible. Las ciudades sostenibles dependen del desarrollo de la energía sostenible, para ello las tecnologías de la información podrían ser de utilidad para establecer indicadores ambientales, económicos, sociales y políticos que permita fomentar el desarrollo energético sostenible (Krishnaswamy, 2015). La necesidad de que las ciudades sean más inteligentes es absolutamente clara para todos los ciudadanos. Para lograr este fin, las mismas deben estar sustentadas en una robusta base tecnológica que les permita tomar decisiones inteligentes basadas en el análisis de grandes volúmenes de datos mediante las TIC (Wu et al., 2018). La IoT ha sido considerado como la plataforma clave para ciudades inteligentes sostenibles.

ODS 12: Producción y desarrollo sostenible. El concepto de producción y desarrollo sostenible es muy utilizado por los gobiernos a la hora de formular políticas de promoción de servicios públicos. Este es un objetivo que no puede ser enfrentado únicamente desde la producción, ya que el estilo clásico de consumo representa un claro conflicto entre la siempre creciente demanda de la sociedad y los limitados recursos naturales. Por tanto, el fenómeno debe

ser abordado desde un modelo de consumo sustentable basado no solamente en el ahorro sino además en el reciclaje. En este propósito las TIC pueden ser de gran utilidad, al dotar al sistema de información actualizada respecto a las demandas reales de consumo, orden de productos que se consumirán para evitar su deterioro y contribuir a la automatización del ciclo de reutilización de los productos. Este objetivo guarda estrecha relación con algunos de los ya tratados. En la sociedad actual, las demandas de consumo de energía crecen continuamente. Por lo que monitorear las demandas de energía y fomentar el ahorro energético es vital. Para lograr este fin es necesario el desarrollo de aplicaciones TIC (Brundage et al., 2016). Por otro lado, las cadenas de suministros tienen una elevada dependencia de los sistemas de transporte. Es posible dotar a estos sistemas de inteligencia, mediante el intercambio y análisis de información, para alcanzar niveles superiores en la gestión eficiente del transporte y en los procesos dependientes.

ODS 13: El cambio climático en el planeta se ha manifestado principalmente por el calentamiento global y la sequía extrema, lo cual ha provocado el deshielo de glaciares, la erosión de suelos y el incremento del nivel del mar. Por tanto, se hace necesario la realización de acciones para combatir la degradación ambiental. Las TIC podrían ser de utilidad para informar y educar a la población acerca de cómo responder a los cambios climáticos, y como impulsar la cooperación internacional para combatirlo (You et al., 2014). Además, las TIC son esenciales para el monitoreo y la evaluación de indicadores del cambio climático, tales como la temperatura del suelo y el aire, la duración de la capa de nieve, las tasas de descomposición y la escala de los glaciares (ONU París, 2021).

ODS 14: Océanos y los recursos marinos. Los océanos son una parte muy importante del planeta que ofrecen alimentos, recursos

energéticos y mantienen la biodiversidad. En la bahía de Placentia, Terranova, se diseñó un software denominado SmartBay dirigido a los usuarios para la obtención de información marítima como las zonas pesqueras, las industrias petroleras y el transporte marítimo (Pearlman et al., 2012). Esto ha permitido gestionar eficientemente el desarrollo sostenible de las zonas costeras y proteger la vida marítima. El estudio del medio marino ha aumentado en las últimas décadas. El empleo de sensores marinos y sistemas de supervisión han permitido la observación de los océanos y la creación de modelos que predicen las tormentas, el nivel de oleaje y las inundaciones (Waldmann y Pearlman, 2013).

ODS 15: Uso Sostenible de los Ecosistemas Terrestres. El ecosistema forestal es el más típico y complicado de la biodiversidad en los ecosistemas terrestres. Las técnicas de radar avanzadas, los mecanismos de control coordinado, las tecnologías de observación terrestre y geoespaciales son herramientas muy utilizadas en el análisis del ecosistema terrestre como el cambio de entropía en el ecosistema forestal, la tala de bosques y la ordenación forestal sostenible (Mahabir y Shrestha, 2015).

ODS 16: La justicia electrónica emerge como una nueva herramienta para brindar mayor acceso a la justicia gracias a los avances tecnológicos y al progreso que trajo la sociedad de la información y el conocimiento. Recientemente, la justicia electrónica emerge como un sector necesario de la administración electrónica, sobre todo porque contribuye mucho a la constitución de un sistema de administración de justicia moderna y la apertura de los servicios públicos (Cano, 2015). Una colaboración más profunda entre las tecnologías de la información y los sistemas de justicia podría generar varios sistemas de justicia electrónica, que empoderarán a los abogados y jueces a la hora de explorar pruebas documentales (Mills y Wirth, 2021).

ODS 17: Para lograr un verdadero desarrollo sostenible es necesario fortalecer los medios de implementación y revitalizar la alianza global. En la actualidad, el desarrollo de las TIC y los servicios móviles ha sido de gran ayuda en la colaboración social. Varios estudios han demostrado que existe una estrecha relación entre la colaboración y la sostenibilidad y que la conciencia colectiva beneficia las estructuras de la sociedad (Hankel et al., 2015).

## II. RELACIÓN ENTRE LOS ODS Y LAS TECNOLOGÍAS ACTUALES Y FUTURAS

La contribución de la industria móvil al logro de los ODS se ve principalmente a través de tres parámetros: 1) el despliegue de infraestructura y redes que forman la base de la economía digital, 2) el acceso y la conectividad que permiten a las personas utilizar las comunicaciones móviles, y 3) la creación de servicios que mejoran la vida y contenido relevante para las personas (GSMA, 2018). La UIT ha desarrollado la Agenda Conectar 2030 para contribuir a los ODS (ITU, 2020). La Tabla 3 muestra los cinco objetivos planteados en la Agenda Conectar 2030. Además, la UIT y la Digital Impact Alliance (DIAL) han desarrollado un marco para las inversiones digitales en los ODS y soluciones tecnológicas (ITU-DIAL, 2019).



**Tabla 3.** Objetivos de la Agenda Conectar 2030 (ITU, 2020)

Objetivo	Contribución
Crecimiento	Permitir y fomentar el acceso a las TIC para una economía y sociedad digital.
Inclusión	Mitigar la brecha digital y proporcionar acceso de banda ancha.
Sostenibilidad	Gestionar riesgos, desafíos y oportunidades del desarrollo de las TIC.
Innovación	Permitir la innovación en las TIC para la transformación digital de la sociedad.
Asociación	Fortalecer la cooperación entre todas las partes interesadas en los ODS.

Sobre la base de los ODS y las TIC, se observa que las tecnologías futuras, como 6G tendrán un impacto positivo y serán un acelerador para el avance de los ODS. Estas tecnologías futuras serán un proveedor de servicios para ayudar a las comunidades y países a alcanzar los ODS. Además, se prevé a la 6G como un habilitador de herramientas de medición para la recopilación de datos con granularidad hiper local que se debe desarrollar en armonía con los ODS. La tecnología 6G será el soporte de servicios y soluciones que empoderarán a las personas y las comunidades para adoptar procesos de autocorrección y orientar las acciones hacia la sostenibilidad a largo plazo. Los servicios 6G basados en protocolos de red e inteligencia artificial (IA) tendrán un efecto profundo en cómo los individuos y las comunidades perciben el espacio y el tiempo (Matinmikko-Blue, 2020). Las nuevas superficies inteligentes, los sistemas autónomos y las interacciones inalámbricas cerebro-computadora también remodelarán nuestra percepción del tiempo y el espacio de formas drásticamente nuevas.

El uso de la tecnología 6G reducirá la brecha de datos, también permitirá el seguimiento de nuevos indicadores que serán relevantes en un futuro próximo. La cobertura móvil es un requisito previo básico para la utilización de un ecosistema de IoT que podría ayudar a las

comunidades a alcanzar los ODS. Los sensores que capturan y transmiten datos rápidamente a través de WiFi son cada vez más precisos y eficientes. El desarrollo de redes móviles ayudará a que los datos de los sensores se recopilen y transmitan de manera más eficiente, más rápida y a mayores distancias.

El impacto de 6G también será relativamente mayor en el ámbito de la gobernanza y la administración pública. La interconexión entre personas, comunidades e instituciones, junto con el uso cada vez mayor de flujos de datos heterogéneos en el área de la toma de decisiones de políticas públicas, está conformada para reconfigurar cómo se gobernarán las personas, los gobiernos y la industria en el futuro. Las nuevas soluciones tecnológicas de alta gama habilitadas por 6G, como la telepresencia, la realidad mixta, el posicionamiento preciso, las pantallas portátiles, los robots y drones plantearán nuevas preguntas con respecto a la ley, la privacidad y los valores (Latva-aho y Leppänen, 2019).

### III. IMPACTO DE LA PANDEMIA EN LOS ODS

La alerta sanitaria generada por la COVID-19 ha traspasado todas las fronteras. Esta pandemia ha provocado la pérdida diaria de miles de personas, así como diversas crisis políticas, económicas y sociales (Gulseven et al., 2020); transformando radicalmente el estado actual del desarrollo global, incluidos los logros de los ODS (Filho et al., 2020).

En (Barbier y Burgess, 2020), se presenta un estudio del impacto de la crisis en el desarrollo sostenible, en alineación con los ODS; estimándose un impacto muy adverso en doce de los diecisiete objetivos. Se destaca que las economías más débiles sufrirán además la falta de financiamiento internacional para lograr los ODS, la mitigación y adaptación al cambio climático y la conservación de la biodiversidad. Por lo que, desde julio del 2020, es una preocupación latente el cómo restablecer los ODS en un mundo pandémico (Naidoo y Fisher, 2021). Estudios han revelado que el 66% de las metas de los ODS están amenazadas por la pandemia y aunque esta impacta en todos los ODS el más afectado ha sido el ODS 1. La Tabla 4 muestra los ODS más afectados por COVID-19 según la literatura revisada.

No obstante, durante la crisis y al culminar la misma, las TIC pueden brindar grandes aportes para alcanzar los ODS. Por ejemplo, monitorear de forma remota indicadores de salud personal, la integración de dispositivos médicos, entre otras aplicaciones de salud nos acercan a la consecución del ODS3; pero la principal asistencia de la tecnología IoT al ODS3 debe ser la alerta y control de eventos similares, mediante la temprana detección de síntomas y el seguimiento de los casos (Sareen et al., 2018).

**Tabla 4.** ODS afectadas por la pandemia de COVID-19 (López-Vargas, 2021)

ODS afectados	(Gulseven et al., 2020)	(Filho et al., 2020)	(Barbier y Burgess, 2020)	(Naidoo y Fisher, 2021)	(ONU, 2020)
ODS 1		X	X	X	X
ODS 2		X	X	X	X
ODS 3	X	X	X	X	X
ODS 4	X	X	X	X	X
ODS 5			X	X	
ODS 6			X	X	
ODS 7			X	X	
ODS 8	X	X	X	X	X
ODS 9				X	
ODS 10		X		X	
ODS 11			X	X	
ODS 12				X	
ODS 13			X	X	X
ODS 14				X	
ODS 15				X	
ODS 16		X	X	X	
ODS 17			X	X	

Así también las TIC podría desempeñar un papel clave para garantizar la seguridad alimentaria y reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos (Galanakis, 2020), ayudando de esta forma a recuperar los recursos perdidos durante la pandemia en el ODS 2. Un ejemplo es el proyecto *Internet of Food & Farm 2020* (IoF, 2020), que explora el potencial de la tecnología IoT en la industria alimentaria y agrícola europea.

Las TIC ofrecen oportunidades únicas para el sistema educativo (ODS 4), ayudando a los estudiantes a asistir a cursos de forma virtual, evitando nuevos contagios y favoreciendo el uso eficiente del tiempo disponible. Las aplicaciones de IoT para la educación se segmentan en tres sistemas de gestión principales: aprendizaje, supervisión y administración; favoreciendo el proceso de aprendizaje (CrowdNewswire, 2021).

Diversas iniciativas basadas en la aplicación de las TIC intentan mitigar los efectos de la COVID-19 en el medio ambiente (ODS 13), principalmente en el área de gestión de residuos. En Dharmaraj (2020), se propone una puerta de desinfección y un contenedor de eliminación de mascarillas basados en el uso de rayos ultravioleta. En Wuhan se automatizaron los procesos de manejo de residuos infecciosos, para evitar la exposición de trabajadores al contagio. Además, se usaron sistemas de localización, dispositivos de escaneo y herramientas de video-vigilancia (Sarkodie y Owusu, 2021).

El uso de las TIC y en especial del IoT ayuda a mantener el distanciamiento social. Los drones con altavoces se utilizan en algunas ciudades para alertar a la población (Wood, 2020). Los

dispositivos multisensores de alta resolución se usan en el monitoreo de la calidad del aire para mitigar la posibilidad de futuras pandemias (De Vito et al., 2020). El empleo de cámaras con sensores de temperatura integrados permite enviar información en tiempo real para controlar y registrar la temperatura corporal de forma remota.

De igual forma, las TIC tienen un papel clave en la industria (ODS 9), al integrar nodos IoT en la cadena de suministro en las plantas de fabricación, para monitorear y gestionar los activos (IoTbusinessnews, 2021). Así como favorecer la transportación, registro y seguimiento de los productos.

Además, se debe señalar que el uso de aplicaciones basadas en código abierto permite reducir los costos de las soluciones basadas en IoT, posibilitando su despliegue en áreas desfavorecidas. Por lo que la integración de estas tecnologías también podría ser una solución viable para luchar contra el impacto de la pandemia y fomentar la colaboración para lograr los ODS (López-Vargas, 2021).

#### **IV. DESAFÍOS DE LAS TIC EN APOYO A LOS ODS**

La pandemia de la COVID-19 ha impactado severamente en varios sectores, tales como el acceso y la equidad urbana, el desempleo, y los servicios públicos, afectando a todos, y en especial a la sociedad más vulnerable. Por lo que hoy más que nunca una de las principales aspiraciones del uso de IoT es el soporte de comunicaciones de las ciudades inteligentes. El grado de preparación para la próxima crisis de cada ciudad dependerá de cuánto promuevan y ejecuten proyectos de desarrollo urbano inclusivos y sostenibles basados en datos (ONU, 2020).

Aunque los estudios publicados apoyan el uso de aplicaciones de rastreo como un arma eficaz en la lucha contra diseminación de enfermedades contagiosas, estas soluciones no son bien aceptadas por la sociedad, por los temores asociados a la privacidad y la seguridad de sus datos (Barrat et al., 2020). Por lo que uno de los grandes desafíos al que se enfrentan las TIC es integrar y gestionar la infraestructura digital en la predicción y toma de decisiones epidemiológicas.

Tal como se ha discutido las tecnologías de IoT y comunicaciones móviles son la base para aplicaciones de gestión remota en áreas de salud, cadenas de suministro, educación en línea, la automatización industrial, sistemas de transporte inteligentes e incluso en gobernación. Sin embargo, la ausencia de este despliegue tecnológico en diversos lugares del mundo impone una limitación a la rápida adopción de dichas tecnologías (Siriwardhana, 2020).

La dependencia social de la infraestructura comunicaciones y la conectividad de las TIC han sido expuesta por la pandemia, así como la verdadera carga de tráfico que demandan soluciones generalizadas de teletrabajo y teleclases. Pero el desarrollo y despliegue de las TIC debe ser consciente además de su impacto medioambiental, en el consumo de recursos, energía y los residuos de equipos electrónicos (ITU White, 2021). Respecto de las comunicaciones móviles y especialmente las proyecciones de la 6G, es importante tener en cuenta que la tecnología desarrollada en sí debe ser sostenible y utilizarse de manera eficiente; prestando especial atención al consumo de energía, el uso de materiales no tóxicos y las cadenas de suministro sostenibles.

No obstante, todavía existen importantes limitaciones tecnológicas para lograr los ODS (GSMA, 2019), entre los que se incluyen: abrir, democratizar y mejorar los datos, romper los

silos de información y cambiar el paradigma de formulación de políticas hacia un enfoque impulsado por la evidencia de los datos reales, aprovechando las herramientas avanzadas y la capacidad de predicción del aprendizaje automático y la inteligencia artificial, y garantizando al mismo tiempo la privacidad, la confianza y la seguridad de los usuarios.

Aunque la tecnología está incorporada en los sistemas políticos, legales y regulatorios, pero cada vez más, se percibe la geopolítica de poder que genera preocupaciones sobre la orquestación de recursos en el futuro. La gestión del espectro está en el corazón de 6G y de cualquier desarrollo de tecnología inalámbrica y enfrentará desafíos debido a una amplia variedad de bandas de espectro (Matinmikko-Blue, 2020).

La toma de acciones que impacten de manera significativa en la vida de muchos es indispensable para lograr los ODS. Por ejemplo, la prestación de un servicio básico, como garantizar el acceso de banda ancha mayor a 100 Mbps a toda la población mundial, podría impulsar el potencial de los negocios, la educación, la salud y más. Sin embargo, el poder brindar conectividad a un costo sostenible es el principal desafío por vencer (López-Vargas, 2021). Por lo que verdaderas políticas de equidad, inclusión y sostenibilidad han de ser adoptadas de forma consciente y responsable tanto local como globalmente.

## CONCLUSIONES

Los objetivos de desarrollo sostenible son una iniciativa impulsada por las Naciones Unidas para dar continuidad a la agenda de desarrollo tras los objetivos de desarrollo del milenio. Están orientados a promover la igualdad social, la equidad de género y el desarrollo económico sostenible, mientras se preserva un ecosistema sostenible. A pesar de que los ODS están

propuestos para cumplirse para el año 2030, se estima que seguirán siendo temas desafiantes en las próximas décadas. Aunque ninguno de los diecisiete ODS enuncia directamente el desarrollo y la relación con las tecnologías de la información y las comunicaciones, el estudio de sus aplicaciones ha demostrado el impacto positivo del uso de estas tecnologías para cumplimiento de los ODS.

Desde finales del año 2019, nuestro planeta se ha visto azotado por la pandemia de COVID-19 y ha sufrido innumerables pérdidas de vidas humanas y crisis en múltiples sectores de la sociedad. Los ODS también han sido muy afectados por el paso de la pandemia. Ahora más que nunca, se necesita de la integración y aplicación de las TIC y las nuevas tecnologías de comunicación, tales como la IoT y la futura 6G para apoyar el alcance de los ODS. El escenario global pospandémico, presentará nuevos desafíos tecnológicos y evidenciará la necesidad de una infraestructura digital capaz de soportar novedosos servicios y aplicaciones de las TIC. Por tanto, se hace necesario fomentar la innovación en este sector, como soporte para el logro de los ODS.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar-Fernández, M. E.; Otegi-Olaso, J. R., Cruz-Villazón, C. y Fuentes-Ardeo, L. (septiembre de 2015). Analysing sustainability in project life cycle and business models from the perspective of the sustainable innovation drivers. En Proc. IEEE 8th Int. Conf. *Intell. Data Acquisition Adv. Comput. Syst. Technol. Appl. (IdaacS)*, (2), 490-495.

Dharmaraj, S. (2020). Kerala, India Launches IoT-Based Mask Disposal Smart Bin. Accessed. Recuperado de: <https://opengovasia.com/kerala-india-launches-iot-based-mask-disposal-smart-bin/> [consultado el 21 de julio de 2021].

- Awuor, F.; Kimeli, K., Rabah, K. y Rambim, D. (mayo de 2013). ICT solution architecture for agriculture. *Proc. IST Africa Conf. Exhibit. (IST Africa)*. Pp. 1-7.
- Barbier, E. B. y Burgess, J. C. (noviembre de 2020). Sustainability and development after COVID-19. *World Develop.*, 135.
- Barrat, A.; Cattuto, C., Kivel, M., Lehmann, S. y Saramáki, J. (mayo de 2020). Effect of manual and digital contact tracing on COVID-19 outbreaks: A study on empirical contact data. *J. Roy. Soc. Interface*, 18(178), 1-11.
- Brundage, M. P.; Chang, Q., Li, Y., Arinez, J. y Xiao, G. (abril de 2016). Sustainable manufacturing performance indicators for a serial production line. *IEEE Trans. Autom. Sci. Eng.*, 13(2), 676-687.
- Camacho, O. M. F.; Nørgård, P. B., Rao, N. y Mihet-Popa, L. (marzo de 2014). Electrical vehicle batteries testing in a distribution network using sustainable energy. *IEEE Trans. Smart Grid*, 5(2), 1033-1042.
- Cano, J.; Jiménez, C. E., Hernández, R. and Ros, S. (abril de 2015). New tools for ejustice: Legal research available to any citizen. En *Proc. 2nd Int. Conf. eDemocracy eGovernment (Icedeg)*, 108-111.
- Chisholm, A. et al. (abril de 2013). DevClear: An information-sharing platform for rural development. En *Proc. IEEE Syst. Inf. Eng. Design Symp. (Sieds)*, 201-206.
- Chou, C. y Sun, C. T. (diciembre de 1996). A computer-network-supported cooperative distance learning system for technical communication education. *IEEE Trans. Prof. Commun.*, 39(4), 205-214.
- CrowdNewswire (enero de 2021). Global IoT in education market size by hardware, by solution, by service, by application, by end-user industry, by geographic scope and forecast. *Elect. Verified Market Res., Tech. Rep.* 6547, 202.
- De Vito, S.; Esposito, E., D'Elia, G., Del Giudice, A., Fattoruso, G., Ferlito, S., D'Auria, P., Intini, F., Di Francia, G. y Terzini, E. (septiembre de 2020). High resolution air quality monitoring with IoT intelligent multisensor devices during COVID-19 pandemic phase 2 in Italy. En *Proc. AEIT Int. Annu. Conf. (AEIT)*, 1-6.
- Donthu, N. y Gustafsson, A. (septiembre de 2020). Effects of COVID-19 on business and research. *J. Bus. Res.*, 117, 284-289.
- Filho, W. L.; Brandli, L. L., Salvia, A. L., Rayman-Bacchus, L. y Platje, J. (2020). COVID-19 and the UN sustainable development goals: Threat to solidarity or an opportunity? *Sustainability*, 12(13), 5343.
- Galanakis, G. M. (abril de 2020). The food systems in the era of the coronavirus (COVID-19) pandemic crisis. *Foods*, 9, 523.
- Garaj, V. (enero/marzo de 2010). m-learning in the education of multimedia technologists and designers at the university level: A user requirements study. *IEEE Trans. Learn. Technol.*, 3(1), 24-32.
- GSMA (2018). *Mobile Industry Impact Report: Sustainable Development Goals*.
- GSMA (2019). *Mobile Industry Impact Report: Sustainable Development Goals*.
- Gulseven, O.; Harmoodi, F. A., Falasi, M, A. y ALshomali, I. (2020). How the COVID-19 Pandemic Will Affect the UN Sustainable Development Goals. Recuperado de: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3592933](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3592933) [consultado el 4 de mayo de 2020].

- Hankel, A., Astsatryan, H. and Narsisian, W. (septiembre de 2015). The GÉANT green team: An example of how organizations can use a community approach to promote the use of ICT in sustainability efforts. *Proc. Comput. Sci. Inf. Technol. (CSIT)*, 125-127.
- Wood, C. (2020). *Spain's Police are Flying Drones with Speakers around Public Places to Warn Citizens on Coronavirus Lockdown to Get Inside*. Recuperado de: <https://www.businessinsider.com/spanish-police-using-drones-to-ask-people-stay-at-home-2020-3> [consultado el 21 de julio 2021].
- IoF (2020). *Internet of Food & Farm*. Recuperado de: <https://www.iof2020.eu/>
- IoTbusinessnews (2021). *The role of IoT in the remote work revolution*. Recuperado de: <https://iotbusinessnews.com/2020/06/23/52494-the-role-of-iot-in-the-remote-work-revolution/> [Jul. 21, 2021].
- ITU (2020). *Connect 2030 Agenda. International Telecommunication Union*.
- ITU-DIAL (2019). *SDG Digital Investment Framework a Whole-of-Government Approach to Investing in Digital Technologies to Achieve the SDGs*. ITU and DIAL.
- ITU White (2021). *Internet Waste*, ITU White Report Recuperado de: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Spotlight/Internet-Waste-thought-paper.aspx> [consultado el 21 de julio de 2021].
- Kedia, N. (septiembre de 2015). Water quality monitoring for rural areas- a sensor cloud based economical project. *Proc. 1st Int. Conf. Next Gener. Comput. Technol. (NGCT)*, 50-54.
- Krishnaswamy, A. (julio de 2015). The TripleRM sustainability model: Strategic risk, resilience and resource management of cities (sustainable infrastructure planning and management of resilient cities). *Proc. IEEE Conf. Technol. Sustain. (SusTech)*, 117-124.
- Latchman, H. A.; Salzmann, C., Gillet, D. y Bouzekri, H. (noviembre de 1999). Information technology enhanced learning in distance and conventional education. *IEEE Trans. Educ.*, 42(4), 247-254.
- Latva-aho, M. y Leppänen, K. (septiembre de 2019). *Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence*. 6G Flagship White Paper, University of Oulu.
- Li, D., Li, Y. y Ji, W. (2017). Gender identification via reposting behaviors in social media. *IEEE Access*, 6, 2879-2888.
- López-Vargas, A.; Ledezma, A., Bott J. y Sanchis, A. (agosto de 2021). IoT for Global Development to Achieve the United Nations Sustainable Development Goals: The New Scenario After the COVID-19 Pandemic. *IEEE Access*, 9.
- Mahabir, R. y Shrestha, R. M. (Julio de 2015). Climate change and forest management: Adaptation of geospatial technologies. *Proc. 4th Int. Conf. Agro Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*, 209-214.
- Maslow (2021). *Maslow's Hierarchy of Needs*. Recuperado de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Maslow%27s\\_hierarchy\\_of\\_needs](https://en.wikipedia.org/wiki/Maslow%27s_hierarchy_of_needs) [Jul. 10, 2021].
- Matinmikko-Blue, M.; Aalto, S., Asghar, M. I., Berndt, H., Chen, Y., Dixit, S., Jurva, R., Karpainen, P., Kekkonen, M., Kinnula, M., Kostakos, P., Lindberg, J., Mutafungwa, E., Ojutkangas, K., Ojutkangas, K., Rossi, E., Yrjölä, S. y Öörni, A. (junio de 2020). White Paper on 6G Drivers and the UN SDGs. *6G Research Visions, University of Oulu*, 2 .

- Mills y Wirth (2021). *Bottom-Up Design*. Recuperado de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Top-down\\_and\\_bottom-up\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Top-down_and_bottom-up_design) [Aug. 10, 2021].
- Naidoo, R. y Fisher, B. (2021). *Reset Sustainable Development Goals for a Pandemic World*. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-01999-x> [consultado el 21 de julio de 2021].
- Organización de Naciones Unidas (ONU) (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Nueva York, EE.UU.: UN Gen. Assembly.
- ONU (2017). *Sustainable Development Solutions Network*. Nueva York, EE. UU. Recuperado de: <https://www.unsdsn.org/> [consultado el 10 de julio de 2017].
- ONU (2017). *Sustainable Development Knowledge Platform*. Nueva York, EE.UU. .Recuperado de: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.html> [consultado el 10 de julio de 2017].
- ONU (2020). *The SDG Report, 2020*.
- ONU París (2021). *Paris Agreement*. Recuperado de: <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement> [consultado el 10 de julio de 2021].
- Oriti, G.; Julian, A. L. and Zulaica, D. (enero de 2014). Doubly fed induction machine drive hardware laboratory for distance learning education. *IEEE Trans. Power Electron.*, 29(1), 440-448.
- Park, S. J. (octubre de 2014). How economic inequality has increased by tax cuts? Powerbased modular supervisory control of discrete event systems. *IEEE Trans. Autom. Control*, 59(10), 2843-2848.
- Pearlman, J.; Orcutt, J., Pissierssens, P., Raymond, L. y Williams, A. J. (octubre de 2012). Inter-disciplinary ocean research-Addressing the challenges. *Proc. Oceans*, 1-4.
- Ren, Z.; Saengsathien, A. y Zhang, D. (diciembre de 2013). Modeling and optimization of inventory and sourcing decisions with risk assessment in perishable food supply chains. *Proc. IEEE Int. Conf. Ind. Eng. Eng. Manag.*, 934-939.
- Sareen, S.; Sood, S. K. y Gupta, S. K. (octubre de 2018). IoT-based cloud framework to control Ebola virus outbreak. *J. Ambient Intell. Hum. Comput.*, 9, 459-476.
- Sarkodie, S. A. y Owusu, P. A. (septiembre de 2021). COVID-19 Waste Management: Effective and Successful Measures in Wuhan, China. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7447614/>
- Singh, D. et al. (enero de 2015). Innovation for crop quality certification using ICT. *Proc. 7th Int. Conf. Commun. Syst. Netw. (COMSNETS)*, 1-6.
- Siriwardhana, Y.; De Alwis, C., Gür, G., Ylianttila, M. y Liyanage, M. (septiembre de 2020). The fight against the COVID-19 pandemic with 5G technologies. *IEEE Eng. Manag. Rev.*, 48(3), 72-84.
- Skubic, M.; Guevara, R. D. y Rantz, M. (2015). Automated health alerts using in-home sensor data for embedded health assessment. *IEEE J. Transl. Eng. Health Med.*, 3, 1-11.
- Tsai, W.-T., Li, W., Elston, J. y Chen, Y. (febrero de 2011). Collaborative learning using Wiki Web sites for computer science undergraduate education: A case study. *IEEE Trans. Educ.*, 54(1), 114-124.
- Waldmann, C. y Pearlamn, J. (junio de 2013). COOPEUS: A framework for improving the transatlantic cooperation on ocean observing infrastructures. In: *Proc. MTS/IEEE OCEANS*, 1-3.
- Wu, J., Guo, S. y Huang, H. (2018). Information and Communications Technologies for Sustainable Development Goals: State-of-the-Art,



Needs and Perspectives. *IEEE Commun. Surveys & Tutorials*, 20(3).

You, H. J.; Lambert, H., Clarens, A. F. y McFarlane, B. J. (febrero de 2014). Quantifying the influence of climate change to priorities for infrastructure projects. *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Syst.*, 44(2), 133-145.

Yu, B. et al. (marzo de 2015). Poverty evaluation using NPP-VIIRS nighttime light composite data at the county level in China. *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.*, 8(3), 1217-1229.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional. Atribución: debe otorgar el crédito apropiado a la Universidad Tecnológica Metropolitana como editora y citar al autor original. Compartir igual: si reorganiza, transforma o desarrolla el material, debe distribuir bajo la misma licencia que el original.