

**Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo****25º período de sesiones**

Ginebra, 28 de marzo a 1 de abril de 2022

Tema 3 a) del programa provisional

Ciencia y tecnología para el desarrollo**Industria 4.0 para el desarrollo inclusivo****Informe del Secretario General***Resumen*

El presente informe analiza la industria 4.0 en los sectores manufactureros y su impacto en las desigualdades dentro de los países y entre ellos. El uso de las tecnologías de la industria 4.0 en la actividad manufacturera puede aumentar la productividad y reducir el impacto medioambiental de la industrialización, y puede crear puestos de trabajo en lugar de sustituirlos. Al mismo tiempo, la mayoría de las empresas de los países en desarrollo no están preparadas para utilizar esas tecnologías; la mayoría siguen utilizando tecnologías analógicas en los procesos de producción y necesitan seguir industrializándose para poder aprovechar las ventajas de la industria 4.0. Existe el riesgo de que la industrialización y la difusión de la industria 4.0 en la actividad manufacturera sean lentas en los países en desarrollo, lo que aumentaría las desigualdades entre países y reproduciría los patrones observados en revoluciones tecnológicas anteriores. Los países en desarrollo no pueden permitirse perder esta nueva ola de cambio tecnológico. Ello dependerá en gran medida de las respuestas políticas nacionales y de las alianzas que se establezcan. Cada país necesita políticas de ciencia, tecnología e innovación adecuadas al nivel de desarrollo para preparar a las personas y a las empresas para un periodo de cambios rápidos. Esto requerirá un enfoque equilibrado, y la edificación de una base industrial robusta y diversificada al tiempo que se difunden las tecnologías de la industria 4.0 en la actividad manufacturera. También será necesario forjar y reforzar las alianzas y la colaboración internacional para facilitar la diversificación económica y la difusión y adopción de tecnología por parte de las empresas manufactureras de los países en desarrollo.



Introducción

1. En su 24º período de sesiones, celebrado en mayo de 2021, la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo eligió el tema “Industria 4.0 para el desarrollo inclusivo” como uno de sus temas prioritarios para el período entre sesiones 2021-2022.
2. La secretaría de la Comisión convocó una reunión de expertos entre períodos de sesiones del 17 al 19 de noviembre de 2021 para contribuir a una mejor comprensión de este tema y ayudar a la Comisión en sus deliberaciones en su 25º período de sesiones. El presente informe se basa en el documento temático preparado por la secretaría, en las conclusiones y recomendaciones de la reunión de expertos y en los estudios de casos de países aportados por los miembros de la Comisión y las entidades de las Naciones Unidas¹.
3. Las repercusiones y las respuestas a la pandemia de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) han acelerado la difusión de las tecnologías digitales en una época en la que ya se han producido importantes avances tecnológicos basados en las tecnologías de la industria 4.0, como la inteligencia artificial, la robótica y el Internet de los objetos. El uso de las tecnologías de la industria 4.0 en la actividad manufacturera puede ayudar a aumentar la productividad y reducir el impacto medioambiental de la industrialización y puede crear más puestos de trabajo de los que sustituye. Al mismo tiempo, la adopción de la industria 4.0 afecta a la productividad relativa de las empresas en diferentes sectores y economías, lo que repercute en las perspectivas de industrialización y en la transformación estructural de los países en desarrollo, que son fundamentales para el desarrollo inclusivo y la reducción de las disparidades dentro de los países y entre ellos. Este cambio en la industria manufacturera también afecta a los salarios y a las oportunidades de empleo debido a las diferencias de cualificación y a las disparidades predominantes en las elecciones y opciones educativas derivadas de los contextos sociales y de las características personales, como la edad, el sexo y el origen étnico. Los países en desarrollo deben diseñar y aplicar políticas para aprovechar las ventajas de la industria 4.0, minimizando al mismo tiempo los posibles efectos adversos. La comunidad internacional puede contribuir a facilitar la diversificación económica y la adopción de tecnología por parte de las empresas manufactureras de los países en desarrollo.

I. Tendencias en la industrialización, desigualdades y efectos de la pandemia

4. Cada ola de progreso tecnológico desde la revolución industrial se ha asociado a una mayor desigualdad entre países. Antes del siglo XIX, había poca disparidad de ingresos entre los países; más bien, la desigualdad era una cuestión de divisiones de clase internas. En la actualidad, la desigualdad mundial se define por la localización, ya que la diferencia media de renta per cápita entre los países desarrollados y los países en desarrollo supera los 40.000 dólares de los Estados Unidos². En los últimos 40 años, la desigualdad dentro del propio país también ha aumentado en muchos países, alcanzando en algunos casos niveles significativos. Históricamente, el éxito del desarrollo ha estado asociado a la industrialización, la modernización tecnológica y la transformación estructural, con cambios en la producción y el empleo desde las actividades de bajo valor añadido, especialmente la agricultura de

¹ Se agradecen las contribuciones de los Gobiernos de Belarús, Bélgica, el Brasil, Egipto, la Federación de Rusia, Filipinas, la República Islámica del Irán, el Japón, Kenya, Letonia, el Perú, Portugal, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, la República Dominicana, Sudáfrica, Suiza, Tailandia y Turquía, así como de la Comisión Económica y Social para Asia Occidental, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, la Organización Mundial del Turismo y la Unión Internacional de Telecomunicaciones. La documentación de la reunión de expertos entre períodos de sesiones puede consultarse en <https://unctad.org/meeting/cstd-2021-2022-inter-sessional-panel>.

Nota: Todos los sitios web mencionados en las notas a pie de página se consultaron en diciembre de 2021.

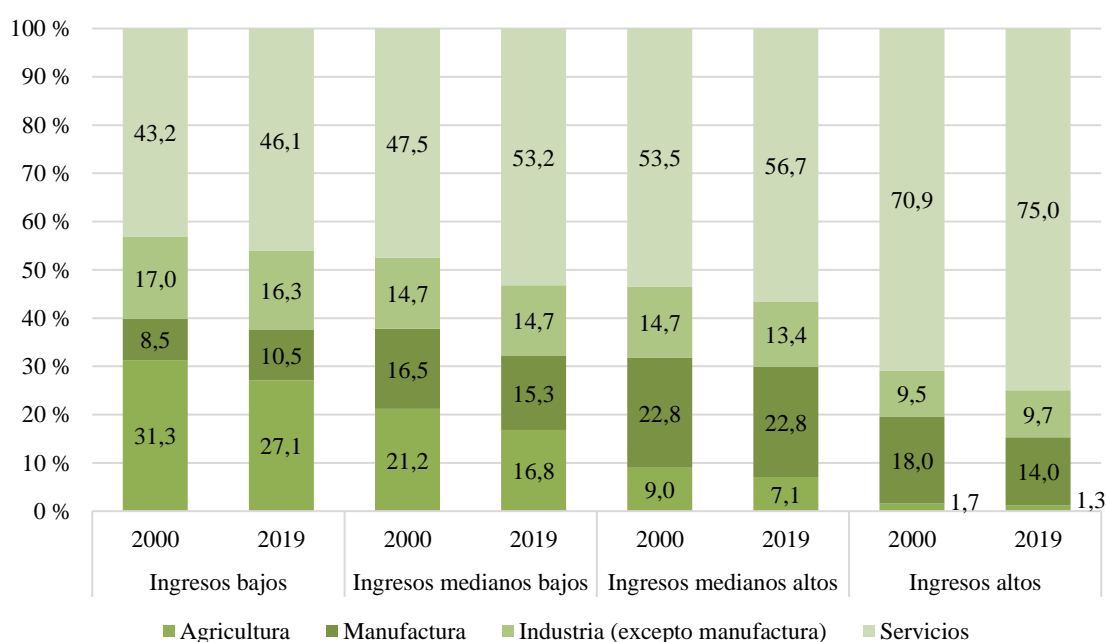
² Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), 2021a, *Technology and Innovation Report 2021: Catching Technological Waves – Innovation with Equity* (publicación de las Naciones Unidas, número de venta E.21.II.D.8, Ginebra).

subsistencia, hacia los sectores de mayor valor añadido de la industria y los servicios. Dentro de la industria, el sector manufacturero ofrece mejores perspectivas de adopción tecnológica y de crecimiento de la productividad, con efectos indirectos y el potencial de aumentar los salarios en el conjunto de la economía. Sin embargo, en las dos últimas décadas, por término medio, los países en desarrollo han seguido una pauta de cambio estructural caracterizada por un desplazamiento del valor añadido y del empleo principalmente de la agricultura a los servicios, con un aumento menor o incluso una reducción de la parte del valor añadido de la industria manufacturera en el producto interior bruto total (figuras 1 y 2). Esta pauta muestra una lenta industrialización en los países de ingresos bajos y una desindustrialización temprana en los países de ingresos medianos bajos.

Figura 1

Proporción del producto interno bruto por sectores económicos amplios y grupos de ingresos

(En porcentaje)

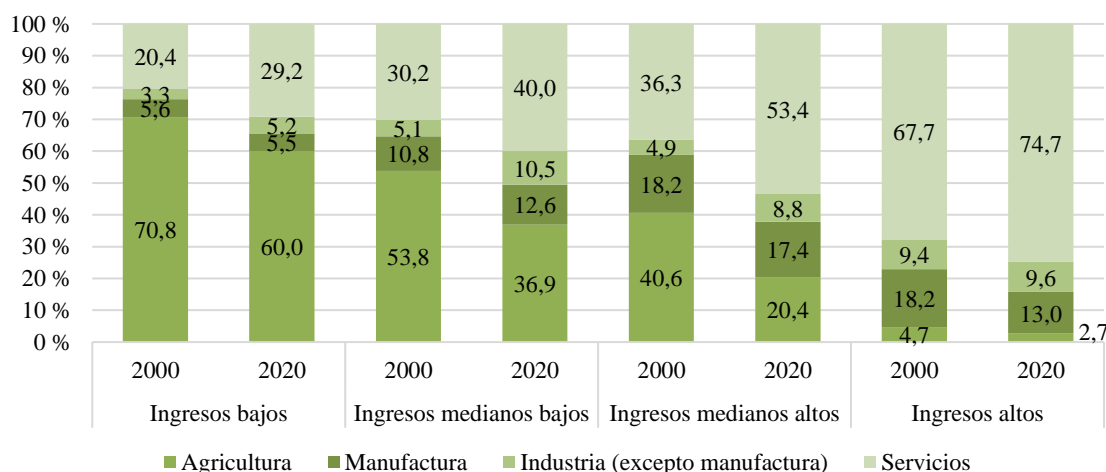


Fuente: Cálculos de la UNCTAD a partir de datos procedentes de la base UNCTADstat.

Figura 2

Nivel de empleo, por sector económico amplio y grupo de ingresos

(En porcentaje)



Fuente: UNCTAD, 2021a.

5. La inversión extranjera directa y las cadenas de valor mundiales se han expandido rápidamente desde la década de 1990. Las cadenas de valor mundiales representan alrededor del 80 % del comercio internacional y la mayoría de los países en desarrollo participan cada vez más en ellas; su participación en el comercio mundial de valor añadido aumentó del 20 % en 1990 a más del 40 % en 2013³. La disminución de los costes de las comunicaciones y el comercio ha permitido la segmentación de los procesos de producción, lo que ha llevado a la diversificación geográfica de la producción y a complejas cadenas de suministro transfronterizas. Esta expansión de las bases de producción ha adoptado a menudo la forma de empresas multinacionales de países desarrollados que aprovechan los menores costes laborales y el acceso al mercado de los países en desarrollo a través de la inversión extranjera directa. Sin embargo, la industrialización en los países en desarrollo ha sido desigual y lenta. La experiencia de los países en desarrollo en materia de aprendizaje tecnológico a través de la participación en las cadenas de valor mundiales es diversa y depende de la gobernanza de las cadenas, los niveles de competencia de los proveedores y la madurez de los sistemas nacionales de innovación. Las empresas de la mayoría de los países en desarrollo tienden a dedicarse a la fabricación, una parte poco cualificada de las cadenas de valor mundiales, y las empresas de los países más desarrollados realizan más funciones de investigación y desarrollo.

6. El capital humano es esencial para el aprendizaje tecnológico y la innovación. Este factor no explica por sí solo la desigual y lenta industrialización, ya que, en la mayoría de los países en desarrollo, la cualificación de los trabajadores ha aumentado en las dos últimas décadas. En 2000-2020, la proporción de empleos de cualificación media en los países en desarrollo aumentó en 6 puntos porcentuales en los países de ingresos bajos y medianos bajos, y en 10 puntos porcentuales en los países de ingresos medianos altos⁴. En el mismo periodo, la proporción de trabajadores altamente cualificados aumentó en todos los países, sobre todo en los de ingresos medianos, con un incremento de unos 6 puntos porcentuales. Sin embargo, los factores estructurales afectan al lugar donde se emplean las competencias; el grueso del aumento de los empleos de cualificación media se ha producido en los servicios y en el comercio, más que en la industria.

7. Habida cuenta de las continuas diferencias en las estructuras económicas de los países en desarrollo y desarrollados, la brecha de productividad entre estos grupos ha aumentado, pasando de unos 60.000 dólares en 1991 a casi 90.000 dólares en 2019⁵. Muchas economías en desarrollo siguen basándose predominantemente en la agricultura y los recursos naturales, y en ellas existen importantes diferencias de productividad entre los sectores tradicionales y los modernos. En la mayoría de los países en desarrollo existe también una amplia economía informal (el 93 % del empleo informal mundial), que es a la vez un síntoma y un factor de una menor productividad⁶.

8. Se espera que la pandemia aumente la informalidad y la inseguridad laboral. Ha dado lugar a que haya menos puestos de trabajo disponibles, a que los intervalos entre empleos sean más largos y a que se reduzcan las horas de trabajo, lo que equivale a una pérdida de 100 millones de empleos a tiempo completo en 2021 y de 26 millones de empleos a tiempo completo en 2022⁷. El impacto en los sectores manufactureros depende de la estructura de producción y comercio del cada. Por ejemplo, en Bangladesh, los trabajadores de las microempresas y de las pequeñas y medianas empresas de los sectores textil, de la confección y del cuero se vieron más afectados por los despidos⁸. En Tailandia, la pandemia podría provocar el desempleo de 8,4 millones de personas, de las cuales 1,5 millones trabajan en el

³ UNCTAD, 2013, *Global Value Chains and Development: Investment and Value Added Trade in the Global Economy* (publicación de las Naciones Unidas, Ginebra);

⁴ UNCTAD, 2021a.

⁵ *Ibid.*

⁶ Organización Internacional del Trabajo, 2018, *Mujeres y hombres en la economía informal: Un panorama estadístico* (Ginebra).

⁷ *Ibid.*

⁸ Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2021a, *Impact Assessment of COVID-19 on Bangladesh's Manufacturing Firms*, Viena.

sector manufacturero, especialmente en las industrias de bebidas de malta y del automóvil⁹. Las empresas de países con altos niveles de desempleo y de subempleo pueden tener menos incentivos para adoptar algunas tecnologías de la industria 4.0 para reducir los costes laborales, lo que retrasa su implantación.

9. La pandemia también ha afectado significativamente a los flujos de inversión internacional. En 2020 los flujos mundiales de inversión extranjera directa descendieron un 35 %¹⁰. Las economías en desarrollo se mostraron relativamente resistentes, con un descenso del 8 %, debido principalmente a la solidez de los flujos en Asia. La disminución de los flujos de inversión en las regiones en desarrollo fue desigual, con una reducción del 45 % en América Latina y el Caribe y del 16 % en África. En el primer semestre de 2021 la inversión extranjera directa repuntó con fuerza, alcanzando una cifra estimada de 852.000 millones de dólares, pero la recuperación fue desigual, ya que las economías con ingresos altos duplicaron con creces las entradas trimestrales y las de ingresos bajos experimentaron una reducción del 9 %¹¹. Esta lenta recuperación puede reducir las oportunidades de estas regiones de beneficiarse de la inversión extranjera directa relacionada con la industria 4.0.

10. Las decisiones del sector privado sobre la participación en las cadenas de valor mundiales también pueden verse afectadas por la experiencia de la crisis de COVID-19. Por ejemplo, un posible cambio es que la relocalización pueda dar lugar a cadenas de valor más cortas y menos fragmentadas y a la concentración geográfica del valor añadido, principalmente en sectores con mayor uso de tecnología como el de la automoción, la maquinaria y el equipamiento y la electrónica. La relocalización podría obstaculizar el despliegue de las tecnologías de la industria 4.0 en los países en desarrollo, dado que es más probable que afecte a los sectores de alta intensidad tecnológica, que son los principales usuarios de esas tecnologías.

II. Industria 4.0: concepto y principales características

11. La industria 4.0 se refiere a los sistemas de producción inteligentes y conectados que hacen posible las nuevas tecnologías, especialmente con el mayor uso de la automatización y los intercambios de datos. La producción inteligente integra y controla la producción mediante sensores y equipos conectados a redes digitales con el apoyo de la inteligencia artificial. Esto implica nuevas formas de interacción entre humanos y máquinas mediante la combinación de tecnologías tradicionales y nuevas bajo tres componentes principales: equipo informático, programas informáticos y conectividad. El componente de equipo informático comprende modernos robots industriales, cobots (robots que trabajan en colaboración con los humanos y que son fácilmente reprogramables y se utilizan en varias industrias para diversas tareas, como el embalaje, el paletizado y el funcionamiento automatizado de máquinas-herramienta industriales en una planta de fabricación), sistemas automatizados inteligentes, impresoras tridimensionales para la fabricación aditiva y maquinaria, equipos y herramientas tradicionales y menos avanzados tecnológicamente. Estas tecnologías no son nuevas en la fabricación; son los otros componentes, es decir, los programas informáticos y la conectividad, los que hacen que la producción inteligente sea diferente. El componente de programas informáticos comprende las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) más tradicionales, como los sistemas empresariales, la fabricación asistida por ordenador, la fabricación integrada por ordenador y el diseño asistido por ordenador, así como la analítica de datos basada en macrodatos y la inteligencia artificial. Las redes digitales, como el Internet industrial de las cosas, conectan la maquinaria y las herramientas tradicionales con actuadores y sensores, lo que les permite recoger, transmitir y actuar sobre los datos relacionados con el proceso de producción. Juntos, estos componentes crean un

⁹ Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2021b, *Impact Assessment of COVID-19 on Thailand's Manufacturing Firms*, Viena.

¹⁰ UNCTAD, 2021b, *Informe sobre las inversiones en el mundo 2021: Invertir en la recuperación sostenible* (publicación de las Naciones Unidas, número de venta: S.21.II.D.13, Ginebra).

¹¹ Véase <https://unctad.org/news/global-investment-flows-rebound-first-half-2021-recovery-highly-uneven>.

sistema en red diseñado para percibir, hacer predicciones e interactuar con el mundo físico y tomar decisiones, apoyando la producción en tiempo real.

A. Un posible nuevo paradigma tecnológico

12. La industria 4.0 se considera una nueva revolución tecnológica basada en las tecnologías digitales y la conectividad, la integración de tecnologías y las interconexiones entre las esferas física, digital y biológica. Una revolución tecnológica tiene un impacto más profundo y amplio que la introducción de una tecnología gradual o radical. Cambia las economías y las sociedades, la manera en la que las personas se relacionan entre sí y con el medio ambiente y requiere profundos cambios institucionales. La literatura sobre el cambio tecnológico y la innovación ha identificado cinco revoluciones tecnológicas desde la revolución industrial, cada una de las cuales ha tardado unos 50 años en desarrollarse (véase el cuadro).

Paradigmas tecnológico-económicos

<i>Revolución</i>	<i>Paradigma</i>
De la primera a la tercera:	
Revolución industrial (a partir de 1771)	Producción fabril, mecanización, productividad, gestión y ahorro de tiempo, redes locales
Era del vapor y del ferrocarril (a partir de 1829)	Economías de aglomeración, ciudades industriales y mercados nacionales, la escala como progreso, estandarización de piezas, suministro de energía según las necesidades (vapor)
Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada (a partir de 1875)	Grandes estructuras de acero, economías de escala en las plantas e integración vertical, distribución de energía para la industria (electricidad), la ciencia como fuerza productiva, redes mundiales, estandarización universal, contabilidad de costos
Cuarta: Era del petróleo, los automóviles y la producción en masa (a partir de 1908)	Producción y mercados masivos, economías de escala e integración horizontal, estandarización de productos, intensidad energética, materiales sintéticos, especialización funcional, suburbanización, acuerdos mundiales
Quinta: Revolución digital (era de las TIC; a partir de 1971)	Intensidad de la información y comunicaciones instantáneas, el conocimiento como capital, plataformas digitales y medios sociales, conectividad y movilidad, comercio electrónico y gobierno electrónico, segmentación de los mercados, economías de alcance, organizaciones planas y estructuras de red, cadenas de valor mundiales
Sexta: Industria 4.0 (a partir de la década de 2010)	Automatización, integración digital, nichos de mercado, producción local previa demanda, sostenibilidad, producción inteligente, descentralización de los procesos, mayor integración vertical y horizontal, reconfiguración de la producción, autocorrección

Fuente: UNCTAD, basado en C Pérez, 2002, *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Edward Elgar. Cheltenham, Reino Unido, y K Schwab, 2017, *The Fourth Industrial Revolution*, Penguin, Londres.

13. Según el marco aplicado por el Foro Económico Mundial, las tres primeras revoluciones coinciden con la revolución industrial, la cuarta y la quinta coinciden con la

segunda y la tercera revolución industrial y la industria 4.0 es, por tanto, la cuarta revolución industrial¹². Se dice que esta última no tiene precedentes históricos en cuanto a la velocidad de propagación, la amplitud de las industrias afectadas y la magnitud y profundidad de los cambios que conlleva¹³. Aunque las tecnologías y las soluciones de la industria 4.0 puedan parecer un futuro lejano para muchos, tarde o temprano todo el mundo se verá afectados por esta oleada.

B. Desarrollo y uso de la industria 4.0 en la fabricación

14. Unos pocos países y un número relativamente pequeño de empresas lideran el desarrollo de las tecnologías de la industria 4.0. China y los Estados Unidos de América dominan en cuanto al número de publicaciones y de patentes, con aproximadamente el 26-41 % de las publicaciones relevantes y el 45-63 % de las patentes en todo el mundo¹⁴. Ambos países son líderes en inversión y capacidad en tecnologías de la industria 4.0 y albergan las mayores plataformas digitales, que representan el 90 % de la capitalización de mercado, así como la mitad de los centros de datos de hiperescala del mundo, las mayores tasas de adopción de redes de quinta generación (más del 45 %), el 94 % de toda la financiación de las empresas emergentes de inteligencia artificial en los últimos cinco años y el 70 % de los principales investigadores del mundo en inteligencia artificial¹⁵. Sin embargo, no está claro si China y los Estados Unidos extenderán sus ventajas en plataformas digitales a las tecnologías de la industria 4.0 en la fabricación. Una tecnología esencial en este sentido es el Internet de los objetos. Las empresas de Europa Occidental han realizado importantes inversiones en esta tecnología y, junto con China y los Estados Unidos, representan alrededor de las tres cuartas partes de todo el gasto relacionado con el Internet de los objetos¹⁶.

15. La capacidad de fabricación, investigación y desarrollo de alta tecnología es otro elemento fundamental en la difusión de la industria 4.0. A este respecto, las economías pueden dividirse en cuatro grandes categorías, a saber, las economías punteras, las de segundo nivel, las rezagadas y las de industrialización tardía¹⁷. Las punteras son las 10 economías con 100 o más solicitudes de familias de patentes mundiales en tecnologías de la industria 4.0, que en conjunto representan el 91 % de todas las familias de patentes mundiales y casi el 70 % de las exportaciones y el 46 % de las importaciones, y son las economías que crean, venden y compran productos que utilizan dichas tecnologías¹⁸. Las de segundo nivel son economías que utilizan esas tecnologías pero que tienen una cuota menor de patentes y comercio. En conjunto, las punteras y las de segundo nivel comprenden 50 economías que participan activamente en las tecnologías de la industria 4.0. Otros países han mostrado un nivel de actividad bajo o nulo en cuanto al registro de patentes o al comercio de esas tecnologías. Además, incluso entre las 50 economías punteras y de segundo nivel, las tecnologías de la industria 4.0 solo se han adoptado en unos pocos sectores y solo unas pocas empresas han implantado la producción inteligente. Entre las rezagadas y las de industrialización tardía, las empresas manufactureras utilizan principalmente tecnologías analógicas y todavía están en el proceso de adopción de tecnologías digitales¹⁹.

¹² Schwab, 2017. Véase <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>.

¹³ *Ibid.*

¹⁴ Basado en UNCTAD, 2021a.

¹⁵ UNCTAD, 2021c, *Informe sobre la economía digital 2021: Flujos de datos transfronterizos y desarrollo: Para quién fluyen los datos* (publicación de las Naciones Unidas, número de venta S.21.II.D.18, Ginebra).

¹⁶ *Ibid.*

¹⁷ Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020, *Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020: La industrialización en la era digital*, Viena.

¹⁸ Alemania, China, Estados Unidos, Francia, Japón, Países Bajos, Reino Unido, República de Corea, Suiza y Provincia China de Taiwán.

¹⁹ Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020.

C. Beneficios de la industria 4.0 en la fabricación

16. La aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 en la fabricación puede dar lugar a un aumento de la productividad, la eficiencia energética y la sostenibilidad. Respecto de la productividad, los estudios a nivel de empresa en Ghana, Tailandia y Vietnam muestran que las empresas que adoptan tecnologías de producción digital avanzadas son más productivas²⁰. Estas tecnologías aumentan la visibilidad de cada paso de la producción, destacando las áreas de optimización. Por ejemplo, un estudio de caso realizado en México en una planta de fabricación de herramientas eléctricas mostró que el uso de etiquetas de identificación por radiofrecuencia Wi-Fi adheridas a casi todos los materiales en un sistema de localización en tiempo real permitía a los responsables de planta ralentizar o acelerar los procesos y determinar la rapidez con la que los empleados completaban las tareas, lo que se traducía en una mayor eficiencia de un 10 % de la mano de obra y en un aumento de entre un 80 % y 90 % de las tasas de utilización de los recursos laborales esenciales²¹.

17. La producción inteligente también aumenta la productividad al reducir los tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento. Las estimaciones sugieren que la disponibilidad de activos puede aumentar potencialmente entre un 5 % y un 15 %²². Por ejemplo, en Portugal, una fábrica de vehículos que instaló sensores de vibración y temperatura en una máquina con un largo historial de averías pudo, mediante el uso del Internet de los objetos, identificar las incoherencias en una fase temprana, lo que permitió planificar las sustituciones y obtener un rendimiento de aproximadamente el 200 % de la inversión inicial²³.

18. Las tecnologías de la Industria 4.0 también inciden positivamente en la productividad de una economía. Las economías que utilizan activamente estas tecnologías muestran un crecimiento más rápido del valor añadido de sus manufacturas que otros países²⁴. Es importante señalar que este aumento de la productividad está asociado a un aumento del empleo.

19. La digitalización de los procesos de fabricación también puede ofrecer oportunidades de ahorro de energía mediante la optimización o la sustitución de las tecnologías que demandan más energía y la introducción de funcionalidades de optimización energética y adaptaciones en los procesos empresariales. La integración de las capacidades de gestión de datos en tiempo real en las herramientas y sistemas existentes puede dar lugar a mejoras operativas y ahorros de costos para los fabricantes. Por ejemplo, en un estudio de caso de una empresa multinacional que proporciona equipos y servicios a la industria del plástico, el uso de tecnologías de la industria 4.0 redujo el consumo de energía en una planta en torno al 40 %; la empresa utilizó medidores, es decir, sensores que miden el flujo de energía, para realizar mediciones específicas del uso de la energía y la presión en varios equipos y descubrió que algunos equipos utilizaban energía incluso cuando no estaban en uso y que algunas máquinas funcionaba a niveles de potencia más altos de los necesarios para un rendimiento óptimo, y los consiguientes cambios en los parámetros de producción ahorraron el equivalente a más de 200.000 dólares al año en costes de energía²⁵.

20. En las fábricas inteligentes que emplean el Internet de los objetos y los robots, las mejoras en los algoritmos podrían dar lugar a la optimización continua y al aumento de la eficiencia energética. Por ejemplo, en una fábrica de teléfonos inteligentes con sede en China

²⁰ *Ibid.*

²¹ Véase <https://enterpriseinsights.com/20180102/smart-factory/three-smart-manufacturing-case-studies-tag23-tag99>.

²² Véase <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/digitally-enabled-reliability-beyond-predictive-maintenance>.

²³ J Fernandes, J Reis, N Melão, L Teixeira y M Amorim, 2021, The role of industry 4.0 and BPMN[business process model and notation] in the arise of condition-based and predictive maintenance: A case study in the automotive industry, *Applied Sciences*, 11(8):3438.

²⁴ Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020.

²⁵ Véase <https://www.encyvermont.com/blog/your-story/how-did-simple-efficiency-solutions-help-husky-save>.

los cambios en los algoritmos para optimizar el funcionamiento de los robots permitieron aumentar la productividad en un 50 %, sin necesidad de adquirir nuevos robots o máquinas²⁶.

21. La menor generación de desechos también mejora la sostenibilidad de la producción. El ahorro que supone el uso de la impresión tridimensional en lugar de los métodos de producción tradicionales puede ser importante en los procesos de producción y en relación con el peso y el consumo de energía de los productos que utilizan piezas producidas mediante dicha impresión. Por ejemplo, la fabricación aditiva en la producción de piezas ligeras cuya importancia para el vuelo de las aeronaves es menos crítica, como los soportes, las bisagras, las hebillas de los asientos y el mobiliario, podría suponer una reducción de más del 50 % en el peso de esas piezas, lo que reduciría la masa de la aeronave entre un 4 % y un 7 % y el consumo de combustible hasta un 6,4 %²⁷.

III. Industria 4.0 y desigualdades

22. Teniendo en cuenta los beneficios de la industria 4.0 y considerando las disparidades en su desarrollo y difusión, ¿cómo podría esa industria repercutir en las desigualdades socioeconómicas? El impacto de la industria 4.0 en las desigualdades puede considerarse en relación con los canales económicos a través de los cuales la tecnología afecta a las desigualdades (beneficios, salarios y empleos); y en relación con el marco de largas oleadas de revoluciones tecnológicas.

A. Efectos sobre las desigualdades en los beneficios, los salarios y el empleo

23. El cambio tecnológico y la innovación afectan a la desigualdad en relación con los beneficios, los salarios y los puestos de trabajo, en una larga reacción en cadena en toda la estructura de una economía. Por lo que respecta a la industria 4.0 en la actividad manufacturera, las nuevas tecnologías se utilizan principalmente en la innovación de procesos para aumentar la productividad. Las empresas manufactureras que implantan tecnologías de la industria 4.0 e introducen nuevos productos pueden obtener mayores beneficios que otras empresas del mismo sector. La introducción de la inteligencia artificial y los robots en la producción inteligente también puede complementar los puestos de trabajo de los trabajadores cualificados y aumentar la demanda de mano de obra en funciones menos corrientes en comparación con las tareas rutinarias. Por lo tanto, el impacto directo inicial de la industria 4.0 es sobre la desigualdad relacionada con la productividad de las empresas dentro de los sectores y la disparidad de los salarios debido a los cambios en las ocupaciones y tareas.

24. A nivel mundial, los países con más sectores manufactureros en los que las empresas adoptan las tecnologías de la industria 4.0 podrían esperar tener mayores aumentos de productividad que otros países. Al mismo tiempo, los trabajadores cualificados pueden estar mejor preparados para la transición a la producción inteligente y verse menos afectados negativamente por los cambios en las ocupaciones y las tareas. Los resultados de las economías en las exportaciones de manufacturas de alta cualificación de uso intensivo de tecnología y en el empleo de alta cualificación indican cuáles son las economías que pueden estar inicialmente mejor posicionadas para beneficiarse de la difusión de las tecnologías de la industria 4.0 (figura 3).

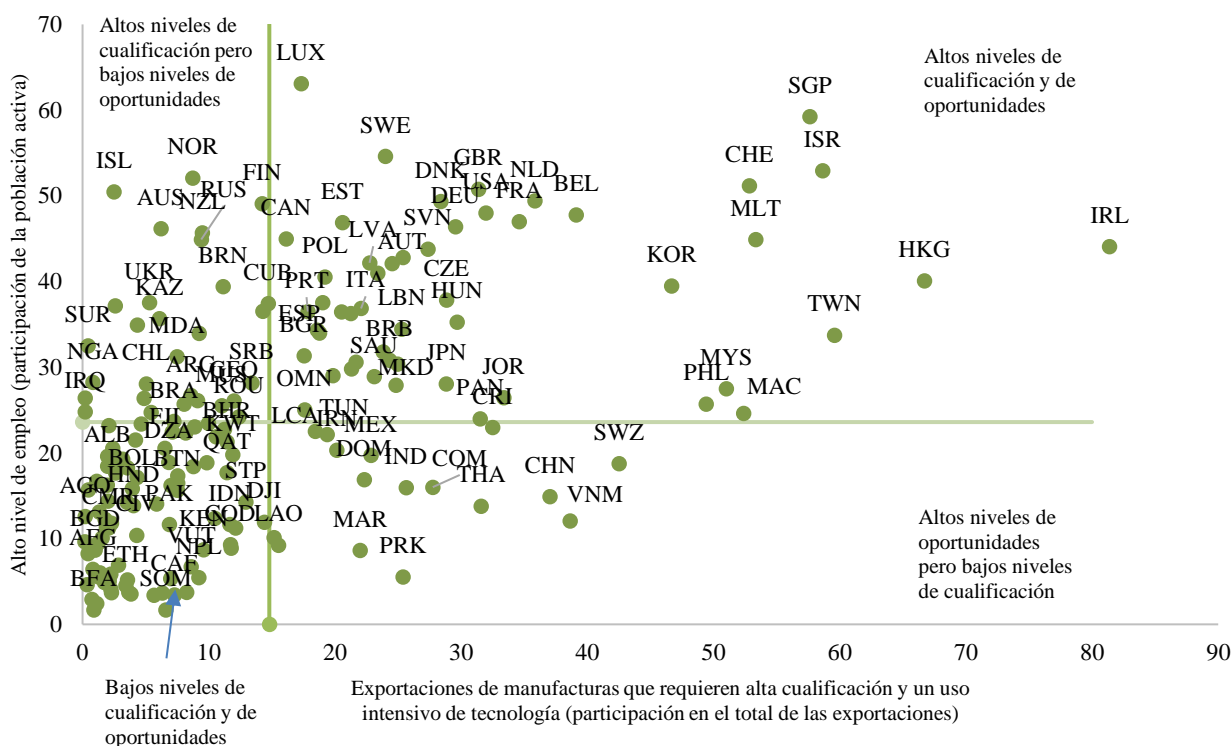
²⁶ Véase <https://www.automate.org/case-studies/the-paradox-of-smart-manufacturing>.

²⁷ R Huang, M Riddle, D Graziano, J Warren, S Das, S Nimbalkar, J Cresko and E Masanet, 2016, Energy and emissions saving potential of additive manufacturing: The case of lightweight aircraft components, *Journal of Cleaner Production*, 135:1559–1570.

Figura 3

Determinación de las economías que pueden estar inicialmente mejor posicionadas para beneficiarse de la industria 4.0: indicadores de preparación

(En porcentaje)



Fuente: Cálculos de la UNCTAD a partir de datos procedentes de la bases de datos UNCTADstat y de la Organización Internacional del Trabajo.

Notas: Las líneas continuas representan el promedio mundial de estos dos indicadores. Las etiquetas de datos utilizan los códigos económicos de la Organización Internacional de Normalización.

25. Un grupo de economías, entre las que se encuentran los Estados Unidos y muchas economías de Asia Oriental, Europa y el Sudeste Asiático, comprende economías con altos niveles de oportunidades para la difusión de las tecnologías de la industria 4.0 debido a su especialización en manufacturas que requieren alta cualificación y un uso intensivo de tecnología, y con grandes porcentajes de empleo de alta cualificación. Ocho economías de este grupo muestran niveles de rendimiento superiores a la media y pueden ser las que más se beneficien de la industria 4.0 en la actividad manufacturera en relación con su población y sus exportaciones²⁸. Un segundo grupo de economías, entre las que se encuentran, por ejemplo, China, la India, México, Tailandia y Vietnam, comprende economías con altos niveles de oportunidad, dada su cuota de exportaciones de alta tecnología, pero con cuotas de empleo de alta cualificación que están por debajo de la media mundial, lo que indica que la falta de cualificación puede ser un obstáculo para difundir ampliamente las tecnologías de la industria 4.0 en el sector manufacturero. Un tercer grupo de economías, que incluye, por ejemplo, a los países en desarrollo con una mayor dependencia de los productos básicos en la estructura económica, como la Argentina, el Brasil, Chile, Kazajstán y Nigeria, comprende economías con porcentajes de empleo de alta cualificación superiores a la media mundial, lo que indica el potencial de adaptación de los trabajadores a la industria 4.0 en la actividad manufacturera, pero con bajos niveles de oportunidad en relación con empresas en sectores de alta tecnología, y estas economías pueden tener dificultades para ampliar el uso de las tecnologías de la industria 4.0 en la actividad manufacturera más allá de los concretos sectores manufactureros de alta cualificación y de uso intensivo de tecnología. Un cuarto

²⁸ Irlanda, Israel, Malta, República de Corea, Singapur, Suiza, Hong Kong (China) y Provincia China de Taiwán.

grupo de economías, entre las que se encuentran la mayoría de los países en desarrollo, comprende economías con porcentajes en ambos indicadores inferiores a la media mundial; no tienen muchos sectores de alta tecnología en la estructura económica ni muchos empleos de alta cualificación, por lo que la difusión de las tecnologías de la industria 4.0 podría ser más lenta. El análisis sugiere, pues, que la difusión inicial de las tecnologías de la industria 4.0 tiene más probabilidades de aumentar las desigualdades entre países.

B. Repercusiones en las desigualdades producidas a través de las revoluciones tecnológicas

26. Las revoluciones tecnológicas afectan a las desigualdades. Estas revoluciones pueden dividirse en dos fases. La primera supone la instalación del nuevo paradigma tecnológico, que comienza en unos pocos sectores y lugares en el centro de la ola tecnológica, como el sector tecnológico en los Estados Unidos durante la fase de instalación de la era de las TIC, y conlleva, potencialmente, el aumento de la desigualdad de ingresos debido al incremento de los salarios de los trabajadores en los sectores centrales del nuevo paradigma, incluido el sector financiero. La segunda fase conlleva el despliegue del paradigma tecnológico e, históricamente, ha supuesto una participación más equitativa en el crecimiento de la economía. Sin embargo, el final de esta fase podría ser una época de descontento social al comprobar que el progreso social prometido por el uso de las nuevas tecnologías ha dejado atrás a muchas personas, así como un periodo de fusión y concentración de poder en unas pocas empresas, dando lugar a la acumulación de riqueza en manos de unos pocos²⁹.

27. Si se aplica este marco al presente, el impacto de la industria 4.0 en las desigualdades depende de si la situación actual es el inicio de un nuevo paradigma tecnológico-económico o una continuación de la era de las TIC.

28. En el primer escenario, los países que están a la vanguardia tecnológica se encuentran al final de la fase de despliegue de la era de las TIC y al comienzo de la fase de instalación de la era de la industria 4.0. Este podría ser un periodo de insatisfacción con los resultados desiguales y las promesas no realizadas de progreso generalizado mediante el uso de las TIC, así como con la importante concentración de riqueza entre los propietarios de las principales plataformas digitales. Al mismo tiempo, preocupa el posible impacto de las nuevas tecnologías en la desigualdad. Tales efectos aún no se han materializado, dado que el nuevo paradigma se encuentra en una fase inicial, pero algunos actores han previsto las formas en que podría aumentar las disparidades a través de las repercusiones en la producción y el consumo. Entre los países en desarrollo, históricamente, la fase de instalación de un nuevo paradigma tecnológico ha proporcionado oportunidades para que algunos países se pongan al día y otros se adelanten. En la fase de instalación de la era de las TIC, algunos países de Asia pudieron ponerse al día tecnológica y económicamente desarrollando capacidades para entrar en el sector de las TIC tanto en el equipo informático como en los programas informáticos, lo que dio lugar a un cambio estructural hacia sectores de exportación con un uso intensivo de tecnología. Del mismo modo, la fase de instalación de la industria 4.0 podría tener lugar cuando los países que se incorporen a los sectores asociados al nuevo paradigma experimenten un mayor crecimiento y alcancen la frontera tecnológica. Es posible que en las próximas dos décadas se produzca un aumento de la desigualdad dentro de los países en la frontera tecnológica. Al mismo tiempo, algunos países en desarrollo pueden ponerse al día y otros pueden avanzar, reduciendo la desigualdad entre países. Sin embargo, la mayoría de los países en desarrollo todavía tendrían que recuperar el retraso con los paradigmas tecnológicos anteriores antes de avanzar hacia la industria 4.0.

29. En el segundo escenario, podría producirse un periodo de prosperidad creciente en los países desarrollados, en el que el aumento de la productividad que se experimenta actualmente en los sectores tecnológicos tendría lugar en otros sectores tradicionales de la economía a través de la difusión de las tecnologías de la industria 4.0. Sin embargo, también podría ser un periodo de consolidación de la brecha tecnológica entre los países que están a la vanguardia tecnológica y los demás. Históricamente, las trayectorias de recuperación tienden a producirse en la fase de instalación, no de implantación, de un paradigma. Por lo

²⁹ Pérez, 2002.

tanto, en este escenario puede haber menores niveles de desigualdad dentro de los países desarrollados, pero una brecha persistente entre los países.

30. Ambos escenarios ofrecen una perspectiva sombría para la mayoría de los países en desarrollo, a menos que se tomen medidas eficaces, apoyadas por la comunidad internacional, para promover y apoyar una mayor diversificación económica hacia industrias más intensivas en tecnología y, al mismo tiempo, se intente entrar en los sectores asociados al nuevo paradigma.

IV. Retos específicos

A. Abordar el desplazamiento de los trabajadores

31. Muchos estudios prevén una gran pérdida de puestos de trabajo debido a las tecnologías de la industria 4.0 y el riesgo es especialmente grave en los países en desarrollo, que suelen tener más puestos de trabajo de tipo rutinario. Sin embargo, los países tienen diferentes dotaciones de factores, ventajas comparativas y composiciones sectoriales y, junto con la incertidumbre sobre qué sectores son propensos al desplazamiento de puestos de trabajo (la industria manufacturera podría tender a la automatización mediante el uso de la robótica y los servicios mediante el uso de la inteligencia artificial y otras tecnologías), los efectos globales podrían no ser tan claros como sugieren las estimaciones. Además, la mayoría de los escenarios alarmistas no tienen en cuenta que no todas las tareas se automatizan y, lo que es importante, que se crean nuevos productos, tareas, profesiones y actividades económicas en toda la economía.

B. Abordar la relocalización de la producción y la reestructuración de la inversión extranjera directa y las cadenas de valor mundiales

32. Con el surgimiento de las tecnologías de la industria 4.0 el trabajo intensivo en mano de obra en los países en desarrollo podría ser sustituido por tecnologías como la robótica y la inteligencia artificial en los países desarrollados, lo que reduciría la ventaja comparativa en la actividad manufacturera de los primeros dentro de las cadenas de valor mundiales y conduciría a la relocalización de la producción de los países en desarrollo a los desarrollados. Las tecnologías de la industria 4.0 podrían aumentar la ventaja comparativa de los países desarrollados en las industrias con uso intensivo de mano de obra y de capital, incluidos los componentes intangibles que se han hecho prevalentes como consecuencia de las tecnologías digitales. Combinados, estos efectos podrían conducir a la pérdida de la cuota de valor añadido de los países en desarrollo dentro de las cadenas de valor mundiales. Por otra parte, las decisiones sobre la inversión extranjera directa se basan no sólo en los costes laborales, sino también en otros factores como el acceso al mercado, los entornos políticos favorables y los incentivos. El hecho de que se produzca la relocalización también depende de factores de aplicación, como los costos asociados al cambio, la inercia y la complejidad de coordinación asociada a la relocalización. Las tecnologías digitales también podrían fomentar la participación de más empresas en las cadenas de valor mundiales, acortando las distancias y reduciendo los costos relacionados con el comercio y el ensamblaje. Los datos de 2.500 empresas de ocho países europeos muestran que la relocalización no es habitual; solo el 5,9 % de las empresas encuestadas había relocalizado y el 16,9 % había deslocalizado, y la principal razón para relocalizar desde las economías emergentes era la flexibilidad en la logística más que los costos laborales³⁰.

C. Protección de los trabajadores

33. La Industria 4.0 se basa en la utilización de grandes cantidades de datos recogidos mediante sensores, accesorios de vestir informatizados, sistemas de posicionamiento global,

³⁰ Alemania, Austria, Croacia, Eslovenia, España, los Países Bajos, Serbia y Suiza (véase Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020).

registros del rendimiento y el comportamiento de los trabajadores y las calificaciones y evaluaciones proporcionadas por los usuarios, combinados con análisis realizados mediante el uso de algoritmos e inteligencia artificial. El uso de esos datos tiene el potencial de mejorar la productividad, pero hay varias preocupaciones, como las siguientes: las prácticas de vigilancia y control pueden dar lugar a intrusiones en la privacidad de los trabajadores; los algoritmos pueden desarrollarse tomando como base en una visión estrecha de la productividad y la eficiencia, sin tener en cuenta los costos ocultos asociados a las tareas, lo que hace que no se capte el rendimiento real de la mano de obra; y los algoritmos y la inteligencia artificial pueden ser parciales, reflejar sesgos culturales o de género y otros prejuicios y preferencias y contener errores, mostrando poca transparencia. Ante esta preocupación, en varios países se han aplicado convenios colectivos para regular el uso de la tecnología en el control de los trabajadores y la dirección del trabajo, con el fin de preservar la dignidad humana y la salud y seguridad de los trabajadores; estos esfuerzos se encuentran todavía en una fase inicial³¹.

D. Abordar las consecuencias en relación con el género

34. La Industria 4.0 podría provocar importantes cambios relacionados con el poder, el conocimiento y la riqueza, y podría repercutir en la consecución de la igualdad de género. La inteligencia artificial está a la vanguardia de la industria 4.0 y, por tanto, es fundamental tener en cuenta las tendencias relacionadas con el género en el sector. Los sistemas de inteligencia artificial tienden a reflejar y amplificar los sesgos y prejuicios existentes, especialmente en materia de género, ya que las mujeres están infrarrepresentadas en este sector; las mujeres solo representan el 26 % de los puestos de trabajo relacionados con los datos y la inteligencia artificial³². Es necesario comprender mejor los efectos de las nuevas tecnologías, en particular de la inteligencia artificial, ya que podrían afectar a la igualdad de género al incidir en el empleo de las mujeres, en su participación en la fuerza de trabajo y en su acceso a los recursos financieros, afectando así a las oportunidades económicas y de subsistencia de las mujeres. Esta comprensión puede ayudar a abordar la forma en que la industria 4.0 podría utilizarse para reducir la brecha de género.

V. Aprovechar la industria 4.0 para el desarrollo inclusivo y sostenible

35. Varios países en desarrollo han emprendido la digitalización de la industria y han iniciado la adopción parcial de las tecnologías de la industria 4.0. Sin embargo, los gobiernos se enfrentan a varios retos relacionados con las infraestructuras, las instituciones de apoyo, la mano de obra debidamente cualificada y la preparación general de las industrias clave. Las respuestas estratégicas al despliegue de las tecnologías de la industria 4.0 son altamente contextuales y reflejan las prioridades y capacidades nacionales de movilización de recursos y los niveles de industrialización, infraestructura digital y capacidades tecnológicas y productivas, como se indica a continuación³³:

a) Los países desarrollados con bases manufactureras avanzadas ya están a la vanguardia de la adopción tecnológica y han centrado las respuestas de políticas en mantener y recuperar el liderazgo manufacturero;

b) Los países en desarrollo emergentes han tratado de reducir la brecha tecnológica, aumentar la competitividad y ampliar la participación en las partes de mayor valor añadido de las cadenas de valor mundiales; las respuestas políticas se han centrado en el fomento de la innovación y la adopción tecnológica en el sector manufacturero y algunos de estos países tienen empresas que están a la vanguardia tecnológica que despliegan, o están

³¹ Véase V De Stefano y A Aloisi, 2018, *European Legal Framework for Digital Labour Platforms*, Unión Europea, Luxemburgo.

³² Foro Económico Mundial, 2020, *The Global Gender Gap Report 2020*, Ginebra.

³³ Véase Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020.

preparadas para desplegar, tecnologías de la industria 4.0, y un reto es facilitar el despliegue en los sectores manufactureros tradicionales de la economía;

c) Los países en desarrollo menos avanzados tecnológicamente y con menor diversificación tienen menos sectores expuestos al despliegue de las tecnologías de la industria 4.0 y menores niveles de capacidad tecnológica y de innovación en general; esos países deben centrarse en la diversificación de las economías, en el aumento de la cuota de la industria manufacturera en la producción total y en el establecimiento de las condiciones necesarias para la creación de infraestructuras y competencias digitales que preparen el despliegue de las tecnologías de la industria 4.0.

36. En este capítulo se abordan las áreas políticas fundamentales que las partes interesadas de los países en desarrollo, independientemente del nivel tecnológico, deberían tener en cuenta para facilitar la implantación de las tecnologías de la industria 4.0 en el sector manufacturero, con el fin de reducir las desigualdades tecnológicas y de ingresos entre países y garantizar que la industria 4.0 contribuya a reducir las desigualdades dentro de los países.

A. Creación de las condiciones previas para aprovechar la industria 4.0

37. Los países en desarrollo no podrán aprovechar ampliamente la industria 4.0 para el desarrollo si tienen una infraestructura industrial (manufacturera) y digital débil y bajos niveles de cualificación. En ausencia de estos elementos, pocas empresas de los países en desarrollo podrán utilizar las tecnologías de la industria 4.0 y aún menos podrán adoptar el uso de la producción inteligente. Los países en desarrollo también deberían crear las condiciones marco necesarias para desplegar las tecnologías de la industria 4.0 en la fabricación, incluido el desarrollo de estrategias nacionales que dirijan el desarrollo y el despliegue coordinados; crear un mecanismo de múltiples partes interesadas que institucionalice un enfoque participativo para fomentar la industria 4.0; y establecer una cooperación internacional para acelerar la transferencia de tecnología y conocimientos técnicos.

a) Diversificar la economía y crear un sector manufacturero

38. Para facilitar con éxito la amplia difusión de las tecnologías de la industria 4.0 y aprovechar sus beneficios, los países en desarrollo deberían diversificar las bases de producción mediante el dominio de las tecnologías existentes (maquinaria y equipos de automatización). El Estado desempeña un papel crucial a la hora de facilitar el surgimiento de capacidades productivas en el sector industrial. Los gobiernos deberían facilitar la identificación de sectores potenciales para la diversificación, promover nuevos sectores potenciales clave de interés nacional (por ejemplo, centrándose en la creación de empleo, la seguridad alimentaria, la seguridad energética, la industrialización y la transformación digital), fortalecer la eficacia de los sistemas de innovación para apoyar la diversificación, fomentar la coherencia entre las políticas de ciencia, tecnología e innovación y otras políticas económicas (como la industrial, la fiscal, la comercial y la educativa) y buscar la participación de una amplia gama de actores. Las preocupaciones por el impacto de la producción en el medio ambiente y por los riesgos del cambio climático deberían estar en el centro de estas estrategias y programas, promoviendo la diversificación y la mejora tecnológica hacia una fabricación más ecológica y una economía circular.

b) Desarrollar una infraestructura digital

39. La calidad de la infraestructura digital afecta directamente a la capacidad de las empresas de los países en desarrollo para desplegar las tecnologías de la industria 4.0. Los gobiernos de los países en desarrollo deberían promover un acceso asequible y de alta calidad a Internet. Entre los aspectos políticos clave figuran la movilización de la inversión en infraestructuras de TIC y la creación de un entorno reglamentario que posibilite una sana competencia en el sector de las telecomunicaciones. Los gobiernos también deberían intentar reducir la brecha de conectividad entre las pequeñas y las grandes empresas.

c) Creación de competencias relacionadas con la industria 4.0

40. Los gobiernos de los países en desarrollo deben apoyar a las empresas, incluidas las pequeñas y medianas, en la creación de competencias digitales entre los trabajadores para que utilicen las TIC de forma eficiente en funciones como la investigación de mercados, el desarrollo de productos, el abastecimiento, la producción, las ventas y los servicios posventa. Dado que la tecnología aumenta más rápido que las competencias, también aumenta el riesgo de desajuste de competencias. Los países en desarrollo deben crear y atraer una mano de obra cualificada y, al mismo tiempo, minimizar o revertir la fuga de capital humano que comprende a los que tienen habilidades necesarias para garantizar el mantenimiento de la producción. Los responsables políticos deberían considerar la introducción de incentivos para retener a los profesionales cualificados o atraer a los expatriados cualificados.

d) Desarrollo de estrategias nacionales para la industria 4.0

41. Disponer de una estrategia nacional para la industria 4.0 es fundamental para orientar los esfuerzos de innovación hacia el desarrollo y la implantación de las tecnologías de la industria 4.0 en la actividad manufacturera. Esa estrategia debería determinar la inversión necesaria en infraestructura física y capacidad humana, incluida la formación en las nuevas competencias digitales necesarias; los sectores clave que requieren una capacidad reforzada; y los aspectos del entorno normativo que requieren cambios para que las empresas adopten y adapten las tecnologías. Dicha estrategia podría adoptar muchas formas y ser una estrategia nacional independiente o formar parte de las estrategias nacionales de industrialización y fabricación o de ciencia, tecnología e innovación. Es fundamental alinear las políticas de innovación e industriales, para aprovechar la industria 4.0 para la actividad manufacturera. Centrarse en el crecimiento de la productividad requiere políticas industriales y de innovación de diverso tipo, incluidos proyectos de colaboración;

e) Fomentar la colaboración entre múltiples interesados

42. Los gobiernos, los sectores empresariales, el mundo académico y otras partes interesadas deberían colaborar para impulsar el despliegue nacional de la industria 4.0 de forma coordinada y orientada a objetivos de desarrollo nacional como la transformación estructural, la diversificación económica y la creación de empleo. Muchos países podrían beneficiarse de la creación de espacios o mecanismos institucionales que reúnan a todos los asociados pertinentes para desarrollar una visión compartida de la industria 4.0 y coordinar la implementación de las tecnologías conexas. El buen funcionamiento de un sistema nacional de innovación suele requerir una buena estructura de gobernanza y la participación de los gobiernos nacionales y regionales y de los agentes que representan a las empresas, el mundo académico y las organizaciones de investigación. En países con importantes disparidades regionales, la creación de una estructura de gobernanza de múltiples niveles puede ayudar a distribuir el crecimiento socioeconómico a nivel regional dentro del país.

f) Creación de alianzas internacionales

43. Muchos países en desarrollo pueden beneficiarse de la inclusión de una dimensión orientada al exterior en las estrategias nacionales para la industria 4.0. Los conocimientos transnacionales, los intercambios de información y las colaboraciones pueden ofrecer oportunidades inestimables para construir nuevas cadenas de valor regionales y continentales y participar en las existentes. Por ejemplo, la Zona de Libre Comercio Continental Africana puede fomentar la adopción de tecnologías de vanguardia en áreas críticas como el transporte y la logística, la tecnología financiera, el agua potable y el saneamiento, las ciudades inteligentes, la vivienda asequible y la atención sanitaria de bajo coste y alta calidad.

B. Fomentar la adopción de la industria 4.0**a) Sensibilización de las empresas**

44. Los países en desarrollo deben concienciar sobre la industria 4.0 y los impactos positivos de las tecnologías conexas. Los gobiernos deberían considerar la posibilidad de incentivar a las empresas, especialmente a las pequeñas y medianas, para que reconozcan la

importancia de la adopción digital e inicien el proceso de transformación digital. Para contribuir a la concienciación, los gobiernos pueden organizar reuniones y actividades que promuevan las ventajas de la industria 4.0. Los gobiernos también pueden ayudar promoviendo la transformación industrial con las partes interesadas pertinentes de cada sector y podrían organizar iniciativas de demostración en parques científicos, incubadoras, aceleradoras y laboratorios de innovación. En el marco de estas iniciativas, los gobiernos deberían alentar al mundo académico, a las organizaciones de investigación y a la sociedad civil a colaborar estrechamente con el sector privado para desplegar nuevas tecnologías.

b) Invertir en la industria 4.0

45. Los países en desarrollo deberían considerar la posibilidad de formular un plan de promoción de la inversión en la industria 4.0 para garantizar que la promoción y la facilitación de la inversión estén en consonancia con la estrategia nacional para la industria 4.0. Existen varios ejemplos en este sentido entre los miembros de la Comisión, como el Gobierno del Brasil, que ha establecido la iniciativa “cesta 4.0” que identifica los segmentos industriales y tecnológicos prioritarios de la industria 4.0 para la inversión y la promoción nacionales; Letonia, que ha diseñado y puesto en marcha la iniciativa del canal verde, eliminando las cargas administrativas de las inversiones de alto valor añadido; Filipinas, que ha puesto en marcha una estrategia industrial basada en la innovación cuyo objetivo es eliminar los obstáculos al crecimiento con el fin de atraer la inversión; Sudáfrica, que en el marco del programa Digital Advantage 2035 orienta la aplicación de la estrategia nacional de investigación, desarrollo e innovación en materia de TIC y trata de garantizar una supervisión exhaustiva y transparente de las inversiones; y el Gobierno de Tailandia, que en el marco de la Estrategia de Industria 4.0 2017-2036 pretende atraer inversiones en industrias y servicios del futuro³⁴.

c) Financiación de la implantación de la industria 4.0

46. Un mejor acceso a la financiación podría acelerar el uso, la adopción y la adaptación de las tecnologías de la industria 4.0. Una dificultad en este sentido es que muchas esferas asociadas a la industria 4.0 son nuevas para las empresas y los intermediarios financieros, y quienes buscan y ofrecen financiación pueden mostrar cautela. Por ejemplo, hay dificultades para demostrar los casos de negocio y el rendimiento de la inversión y para garantizar que las nuevas aplicaciones emergentes de estas tecnologías funcionen de acuerdo con las expectativas. A este respecto, los fondos de innovación y tecnología financiados por el sector público, los donantes internacionales o los bancos de desarrollo podrían convertirse en importantes instrumentos para la innovación en los países en desarrollo, ya que pueden introducirse con relativa rapidez y son flexibles en su diseño y funcionamiento.

C. Protección de los trabajadores y facilitación de la transición de la mano de obra

47. Los responsables políticos de los países en desarrollo deberían prestar atención a los cambios en los patrones comerciales y a los rápidos cambios tecnológicos en las cadenas de valor mundiales y a la manera en que éstos podrían afectar a la mano de obra. Los trabajadores que no puedan formarse o reciclarse y que puedan perder su empleo deberían poder contar con mecanismos de protección social más fuertes. Los sindicatos han adquirido una importancia renovada para defender los derechos de los trabajadores y las legítimas preocupaciones sobre los puestos de trabajo, dada la creciente automatización de las tareas. Los sindicatos deberían reforzar y actualizar los convenios colectivos para cubrir el impacto de la industria 4.0 y diseñar nuevas estrategias para abordar los posibles efectos adversos de la producción inteligente en el bienestar de los trabajadores. Los sindicatos también podrían

³⁴ Véase https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c02_I_Brazil_en.pdf; https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c06_I_Latvia_en.pdf; https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c34_IU_Philippines_en.pdf; https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c08_I_SouthAfrica_en.pdf; y https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c36_IU_Thailand_en.pdf.

intentar incluir a los trabajadores aislados, como muchos trabajadores de la economía del empleo ocasional. Al mismo tiempo, las organizaciones de empleadores podrían desarrollar una educación y formación específicas para preparar a los trabajadores para los cambios y necesidades del mercado laboral.

VI. Colaboración internacional

A. Intercambio de conocimientos e información y realización de investigaciones

48. La cooperación internacional ayuda a sensibilizar a los países en desarrollo sobre la industria 4.0 y sus repercusiones mediante el intercambio de conocimientos e información. En este sentido, la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo es un foro para la planificación estratégica y el intercambio de lecciones aprendidas y mejores prácticas, llamando la atención sobre las tecnologías nuevas y emergentes. El Foro de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información sirve de plataforma para compartir estrategias, políticas, leyes, programas e iniciativas nacionales relativas a la industria 4.0. La Cumbre Mundial de la Fabricación y la Industrialización, una iniciativa conjunta de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y el Gobierno de los Emiratos Árabes Unidos, convocó a los actores de la tecnología avanzada para tratar de lograr una cuarta revolución industrial inclusiva y sostenible. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial también proporciona una plataforma de intercambio de conocimientos entre las distintas partes interesadas para crear conciencia sobre la industria 4.0 y sobre las oportunidades y los desafíos para lograr un desarrollo industrial inclusivo y sostenible³⁵.

49. Varios organismos de las Naciones Unidas están trabajando en la investigación, el análisis de políticas y la recopilación de datos relativos a las posibles repercusiones económicas y sociales de las tecnologías de la industria 4.0 y las respuestas políticas y normativas. Por ejemplo, los Informes sobre Tecnología e Innovación de la UNCTAD han estudiado cómo aprovechar las tecnologías de vanguardia, como la inteligencia artificial y la robótica, para el desarrollo sostenible, y han realizado un examen crítico de la posibilidad de que dichas tecnologías puedan ampliar las desigualdades existentes y crear otras nuevas.

B. Ayudar a diseñar políticas y estrategias y a poner en marcha iniciativas

50. La comunidad internacional ha ayudado a los gobiernos prestando servicios de asesoramiento político en relación con la industria 4.0 y las tecnologías conexas, como la inteligencia artificial. Por ejemplo, la Comisión Económica y Social para Asia Occidental ha ayudado a los Estados miembros a elaborar políticas y estrategias relacionadas con la cuarta revolución industrial, como las siguientes: políticas de inteligencia artificial y computación en la nube, en Jordania; estrategia de inteligencia artificial, en el Líbano; estrategia de transformación digital, en Siria; y evaluación de la política de inteligencia artificial y preparación para la inteligencia de datos, en el Estado de Palestina. El programa de la UNCTAD de examen de las políticas de ciencia, tecnología e innovación ayuda a los países a alinear la política de ciencia, tecnología e innovación con las estrategias de desarrollo, proporcionando información sobre la manera en que los gobiernos pueden aprovechar las tecnologías de la industria 4.0 en los sectores tradicionales y para la diversificación económica. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial apoya las iniciativas de elaboración de políticas relativas a la industria 4.0, sensibilizando a los responsables políticos y a las asociaciones empresariales sobre las nuevas infraestructuras, normas y políticas que deben desarrollarse o integrarse para beneficiarse de la industria 4.0.

³⁵ Véase <https://www.unido.org/unido-industry-40>.

C. Ayudar a la creación de capacidad

51. El desarrollo y el despliegue de las tecnologías de la industria 4.0 requieren que todos los actores de los sistemas nacionales de innovación creen nuevas capacidades y competencias. La cooperación internacional apoya programas a medida que contribuyen a respaldar la digitalización y la mejora de las competencias y a aumentar la capacidad de desarrollar políticas y estrategias, para que los países en desarrollo se beneficien del rápido progreso de las tecnologías digitales asociadas a la industria 4.0. Por ejemplo, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial apoya a las pequeñas y medianas empresas de Azerbaiyán y Belarús en el aprendizaje tecnológico, la fabricación inteligente y la innovación relacionada con la industria 4.0 y apoya la creación de capacidad en tecnologías específicas en Kenya, como el fortalecimiento de la capacidad de operación y mantenimiento relacionada con las tecnologías del Internet de los objetos³⁶.

D. Promover la transferencia de tecnología

52. La comunidad internacional debería buscar nuevos enfoques de asociación innovadores para promover la transferencia de tecnología relacionada con la industria 4.0, abordando las deficiencias del mercado, del sistema de innovación y de las capacidades en relación con la adopción de nuevas tecnologías y modelos empresariales. También es necesario promover la transferencia de capacidades de innovación, es decir, la capacidad de utilizar una determinada tecnología para generar valor en el contexto socioeconómico, material y natural al que se transfiere la tecnología. La comunidad internacional debería adoptar medidas prácticas y aplicar soluciones adaptadas a las necesidades locales y a la capacidad de absorción de los países, aprovechando las soluciones desarrolladas dentro de un país siempre que sea posible, por ejemplo a través de centros de innovación.

E. Ayudar a establecer marcos jurídicos, directrices, normas y estándares

53. Los países, individualmente y a través de esfuerzos internacionales concertados, deben guiar el desarrollo y la implantación de la industria 4.0 para apoyar el desarrollo sostenible y no dejar a nadie atrás. A este respecto, la Unión Internacional de Telecomunicaciones está trabajando para abordar los requisitos de normalización de las tecnologías del Internet de los objetos y ha creado varios grupos de discusión sobre las tecnologías de la industria 4.0 y sus impactos ambientales, incluidos los requisitos de eficiencia ambiental para la inteligencia artificial y otras tecnologías emergentes; y ha publicado normas internacionales relacionadas con la industria 4.0 y tecnologías asociadas tales como el Internet de los objetos.

VII. Propuestas para su consideración

54. La industria 4.0 en la actividad manufacturera implica la producción inteligente, es decir, la integración y el control de la producción mediante la utilización de sensores y equipos, entre ellos maquinaria tradicional y robots, cobots e impresoras tridimensionales, conectados a redes digitales apoyadas por la inteligencia artificial. Se espera que el uso de las tecnologías de la industria 4.0 aumente la productividad y reduzca el impacto medioambiental de la producción. Al mismo tiempo, la mayoría de las empresas de los países en desarrollo no están todavía preparadas para utilizar esas tecnologías; Los países en desarrollo deben seguir industrializándose antes de poder beneficiarse ampliamente de la industria 4.0. Deberían aplicar una doble estrategia, a saber, seguir diversificando sus economías y fomentar la fabricación competitiva y, al mismo tiempo, crear las condiciones para el surgimiento y la difusión de la industria 4.0 en sus bases productivas.

³⁶ Véase <https://open.unido.org/projects/AZ/projects/190347>; <https://open.unido.org/projects/BY/projects/>; y https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c12_I_UNIDO_en.pdf.

55. Los Estados Miembros tal vez deseen considerar las siguientes propuestas:
- a) Fomentar la diversificación económica y la competencia manufacturera;
 - b) Facilitar una infraestructura digital propicia movilizand o la inversión en infraestructura digital y creando un entorno normativo favorable a una sana competencia;
 - c) Desarrollar estrategias nacionales para la industria 4.0 con el fin de articular una visión unificada y una profunda comprensión de las medidas necesarias para aprovechar eficazmente la industria 4.0;
 - d) Fomentar la colaboración de los múltiples interesados para crear un ecosistema de la industria 4.0 mediante la creación de mecanismos institucionales que reúnan a todos los asociados pertinentes para desarrollar una visión compartida de la industria 4.0 y coordinar su aplicación;
 - e) Llevar a cabo ejercicios de previsión para explorar posibles escenarios y desarrollar una visión y un análisis estratégicos para determinar las modalidades de difusión de la industria 4.0;
 - f) Desarrollar las capacidades de la mano de obra para la industria 4.0 mediante iniciativas para cualificar y reciclar la mano de obra y prestar especial atención a las diferentes repercusiones de la automatización en las trabajadoras y los trabajadores;
 - g) Concienciar al sector privado sobre los beneficios de la implantación de la industria 4.0 para la competitividad;
 - h) Promover la modernización tecnológica en la industria manufacturera;
 - i) Ofrecer incentivos al sector privado, incluidas las pequeñas y medianas empresas, para que utilicen y desarrollen aplicaciones que utilicen las tecnologías de la industria 4.0, por ejemplo facilitando la adquisición de equipos y programas informáticos y de las herramientas necesarias.
56. La comunidad internacional tal vez desee considerar las siguientes propuestas:
- a) Facilitar el intercambio de investigaciones, conocimientos, experiencias, casos de éxito y mejores prácticas con los principales innovadores, responsables políticos y reguladores de los países desarrollados y en desarrollo;
 - b) Ayudar a elaborar y aplicar políticas, estrategias y programas nacionales relacionados con la industria 4.0;
 - c) Promover el desarrollo de infraestructura digital para permitir la implantación de la industria 4.0 en la fabricación;
 - d) Apoyar a los países en desarrollo en el diseño y ejecución de programas e iniciativas piloto para aplicar las tecnologías de la industria 4.0 en sectores prioritarios;
 - e) Ampliar las actividades de creación de capacidad a nivel nacional y regional relacionadas con las tecnologías de la industria 4.0, incluida la creación de programas de formación en línea e híbridos;
 - f) Promover la cooperación Sur-Sur, Norte-Sur y triangular sobre la transferencia de conocimientos y de tecnología relacionados con la industria 4.0;
 - g) Aumentar la inversión en la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en los países en desarrollo mediante programas específicos, por ejemplo apoyando la educación de las niñas en estos ámbitos;
 - h) Ayudar a realizar un análisis comparado de las empresas nacionales y las empresas internacionales que han logrado la transformación a la industria 4.0;
 - i) Reforzar la cooperación internacional para elaborar marcos éticos y directrices para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0.

57. Se anima a la Comisión a que adopte las siguientes medidas:

a) Recopilar y compartir experiencias de éxito y estudios de viabilidad que demuestren el impacto de las tecnologías de la industria 4.0 en el desarrollo inclusivo y sostenible;

b) Facilitar las alianzas internacionales para movilizar recursos y proporcionar asistencia técnica en combinaciones de políticas eficaces para incentivar la adopción de tecnologías de la industria 4.0 en las empresas;

c) Apoyar la participación de los actores de los sistemas de innovación de los Estados Miembros en las redes y programas internacionales para desarrollar su capacidad de innovación en relación con la industria 4.0.
