

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0



Elaborado para:



Consultoría:

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Cliente:

Climate Technology Centre and Network

UN City, Marmorvej 51, 2100 Copenhagen, Denmark.

<https://www.ctc-n.org>

Elaborado por:

DEUMAN

Dirección: Av. Vitacura 2909, Las Condes, Santiago, Chile

Teléfono: +56 2 32247478

www.deuman.com

Fecha de presentación:

18 de mayo de 2022

Índice

1.	Introducción	6
2.	Objetivos	7
2.1	Objetivo general	7
2.2	Objetivos específicos	7
3.	Diagnóstico del desarrollo de la industria 4.0 en favor de la economía circular.	8
3.1	La industria 4.0	8
3.1.1	La cuarta revolución industrial	8
4.	Industria 4.0 y Economía Circular	15
4.1	Tecnologías de la Industria 4.0 y su relación con la Economía Circular	15
4.1.1	Analíticas Big data e Inteligencia Artificial (IA)	17
4.1.2	Internet de las cosas (IoT)	18
4.1.3	Computación en la nube	19
4.1.4	Blockchain o cadena de bloque	19
4.1.5	Fabricación aditiva (FA)	20
4.1.6	Gemelo digital	21
4.2	Pasaporte Digital del Producto y del ciclo de vida: herramientas de apoyo de políticas de economía circular	1
4.3	Modelo producto-como-servicio: habilitador de patrones sostenibles de consumo	6
5	Metodología	10
5.1	Metodología para la evaluación del alistamiento en Industria 4.0 de países en vías de desarrollo	10
5.2	Metodología de evaluación de las tendencias de Industria 4.0 en las iniciativas circulares de Cuba, Ecuador, El Salvador, Paraguay y República Dominicana	17
6.	Evaluación de la situación de cada país participante respecto de su posición en el marco de la cuarta revolución industrial	18
6.1	Análisis de Industria 4.0 en Ecuador	18
6.1.1	Análisis gubernamental	18
6.1.2	Nivel de preparación	21
6.1.3	Análisis de actores en la industria 4.0	1
6.2	Análisis de Industria 4.0 en Paraguay	1
6.2.1	Análisis gubernamental	1

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

6.2.2 Nivel de preparación	2
6.2.3 Análisis de actores en la industria 4.0	1
6.3 Análisis de Industria 4.0 en El Salvador	1
6.3.1 Análisis gubernamental	1
6.3.2 Nivel de preparación	2
6.3.3 Análisis de actores en la industria 4.0	1
6.4 Análisis de Industria 4.0 en República Dominicana	1
6.4.1 Análisis gubernamental	1
6.4.2 Nivel de preparación	1
6.4.3 Análisis de actores en la industria 4.0	1
6.5 Análisis de Industria 4.0 en Cuba	1
6.5.1 Análisis gubernamental	1
6.5.2 Nivel de preparación	5
6.5.3 Análisis de actores en la industria 4.0	1
7. Diagnóstico del beneficio potencial de aplicar la industria 4.0 a iniciativas de los países estudiados	1
7.1 Ecuador	1
7.2 Paraguay	13
7.3 República Dominicana	19
7.4 El Salvador	29
7.1 Cuba	35
Anexo 1. Pasos de una hoja de ruta para la circularidad apoyada en la transformación digital.	58
Anexo 2. Factores de las dimensiones del Marco de evaluación Circularidad&I4.0	59

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Índice de tablas

Tabla 1. Poder combinatorio de algunas tecnologías digitales en actividades de EC.	23
Tabla 2. Regulaciones para el fomento de la industria 4.0 en Ecuador	42
Tabla 3. Leyes relacionadas al desarrollo de la Industria 4.0 en República Dominicana	95
Tabla 4. Regulaciones en Cuba relacionadas a la industria 4.0	120

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de las revoluciones industriales y el impacto de las tecnologías de producción	8
Figura 2. Tecnologías disruptivas/habilitadoras de la Industria 4.0 y su impacto en la transformación productiva.	9
Figura 3. Clasificación de las economías a nivel global según la adopción de TADP	10
Figura 4 Tecnologías de Industria 4.0 que se espera tengan el impacto más profundo en las organizaciones.	12
Figura 5 Evaluación del índice GRAMI 4.0 a nivel global	13
Figura 6 Índice GRAMI 4 en los países latinoamericanos.	13
Figura 7. Apalancamiento mutuo de la Economía circular y la Industria 4.0	15
Figura 8. Acciones en materia de datos del Plan de Acción de Economía Circular de la Comisión Europea.	25
Figura 9. Modelo de Arquitectura de Referencia de Industria 4.0 -RAMI4.0	27
Figura 10. Pasaporte digital en el ciclo de vida del producto de Economía Circular.	28
Figura 11. Trayectoria de la Innovación hacia la Industria 4.0.	32
Figura 12. Industria 4.0 y la Economía circular	33
Figura 13. Indicadores por cada dimensión considerada para el análisis sobre el desarrollo de la industria I4.0	34
Figura 14. Dimensiones del marco de evaluación de Circularidad&I4.0.	41

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Siglas y acrónimos

TADP	Tecnologías Avanzadas Digitales de Producción
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
IDR	Industrial Development Report
ONU DI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
CPPS	Sistemas cibernéticos de producción, en inglés
IDI	Índice de Dependencia Importadora
CAD/CAM	Diseño y fabricación asistidos por computadora, en inglés
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
CGV	Cadenas Globales de Valor
CIT	Ciencia, tecnología e innovación
STEM	Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, en inglés.
EC	Economía Circular
IoT	Internet de las cosas
IA	Inteligencia Artificial
FA	Fabricación Aditiva
AMETIC	Asociación de empresas de electrónica, tecnologías de la información, telecomunicaciones y contenidos digitales
GEI	Gases de Efecto Invernadero
DPP	Pasaporte Digital del Producto, en inglés
UE	Unión Europea
AAS	Capa de administración de activos, en inglés
DCLP	Pasaporte de Ciclo de Vida Digital, en inglés
B2B	Empresa a Empresa
B2C	Empresa a consumidor
UNEP	United Nations Environment Programme
PSS	Sistema de Producto-Servicio, en inglés
LP	Lean Production
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
ISO	International Organization for Standardization
GII	Global Innovation Index
EIT	Enabling Trade Index
GTI	Global Competitiveness Index
PIB	Producto Bruto Interno
TIC	Tecnología de la Información y las Comunicaciones
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
SENESCYT	Secretaría Nacional de Educación Superior en Ciencia y Tecnología
WIPO	World Intellectual Property Organization
RFID	Identificación por Radiofrecuencia

1. Introducción

Este informe presenta los resultados del **Producto 5 Diagnóstico general de la Industria 4.0.** para el proyecto **Diagnóstico del Estado Actual de la Economía Circular para desarrollar una hoja de ruta para Cuba, Ecuador, El Salvador, República Dominicana y Paraguay.** El objetivo de este documento es presentar un diagnóstico general para cada país, analizando su situación actual y el potencial de implementación de la Industria 4.0, definida como la transformación intensiva de información de la fabricación en un entorno conectado de big data, personas, procesos, servicios, sistemas y activos industriales habilitados para IoT con la generación, el aprovechamiento y la utilización de datos e información procesables para realizar una industria inteligente y ecosistemas de innovación y colaboración industrial¹, en función de indicadores de preparación o alistamiento a nivel nacional, cuya selección obedece a una síntesis de las buenas prácticas internacionales. Complementariamente se persigue conducir someramente análisis longitudinales sobre la situación de sectores y/o empresas industriales de cada país.

La Industria 4.0 ofrece enormes oportunidades para favorecer una economía circular, en la que los productos al final de su vida útil se reutilizan, refabrican y reciclan. La Industria 4.0 es un cambio de paradigma de la fabricación y producción inteligentes. Para cumplir con este objetivo, este documento consta de tres secciones principales. **La primera sección** es una revisión general de la Industria 4.0 tomando como base estudios realizados por organismos multilaterales como ONUDI y CEPAL, balanceados con otros estudios académicos relevantes en la materia con énfasis en los factores y modelos de evaluación que sirven como antecedentes a la investigación, brindando información sobre sus tecnologías habilitadoras y los diferentes modelos de evaluación que a nivel macro se han utilizado para evaluar el alistamiento de los países del planeta para la Industria 4.0, con énfasis en países en vías de desarrollo. También se ofrece un estudio del estado del arte de la influencia de la Industria 4.0 para la Economía Circular; se profundiza en el rol de las tecnologías digitales en la sostenibilidad y la circularidad, el modelo de negocio Producto como Servicio, la trazabilidad del producto en su ciclo de vida a través del monitoreo de sus datos con tecnologías I4.0, y la influencia del paradigma *Lean Production* en el logro de los objetivos de la economía circular.

En una segunda sección se explica el abordaje metodológico del estudio para evaluar la Industria 4.0, adaptando el Índice de Alistamiento de Industria 4.0 (GRAMI 4.0) de Tripathi & Gupta², al análisis de fuentes de datos específicas para el contexto de estudio para la evaluación del nivel de alistamiento de los países objeto de estudio. **Seguidamente**, se explica mediante la aplicación de la metodología propuesta, un análisis del nivel de preparación de cada país donde se evaluó la situación del país y de los actores priorizados en el documento 2.2 de esta consultoría, en ello veremos que las tecnologías de la Industria 4.0 pueden ayudar a mejorar el diseño de sistemas innovadores de productos y servicios y pueden influir en las propuestas de valor, hacia arriba y hacia abajo en la cadena de valor, afectando los modelos de negocio en sí y todo el ecosistema de valor. En las conclusiones se ofrecen hallazgos

¹ I-Scoop (s.f.) Industry 4.0 and the fourth revolution explained. Disponible en: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

² Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI : 10.1108/BIJ-07-2020-0354

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

y recomendaciones generales para ser tenidos en cuenta en futuras proyecciones de la región para fomentar la Industria 4.0.”

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Mapeo de casos de éxito de aplicación de la industria 4.0 en favor de la economía circular a nivel internacional y adopción de algunas prácticas a nivel local teniendo en cuenta los desarrollos tecnológicos en los cinco países objeto de estudio (Cuba, Ecuador, El Salvador, Paraguay, República Dominicana).

2.2 Objetivos específicos

- Análisis de tecnologías, beneficios y oportunidades de la cuarta revolución industrial.
- Evaluación de la situación de cada país participante respecto de su posición en el marco de la cuarta revolución industrial y en particular la situación y etapa de desarrollo en la que se encuentra.
- Diagnóstico general del nivel de desarrollo de industrias 4.0 en los cinco países y análisis de las principales tecnologías propias de la cuarta revolución industrial.
- Diagnóstico de potencial beneficio de aplicar industria 4.0 a economía circular.
- Identificación de actividades económicas circulares definidas en el Producto 2 que puedan verse potenciadas con la incorporación de tecnologías propias de la industria 4.0, permitiéndoles hacer más eficientes sus procesos productivos y servicios, optimizar el uso de recursos y energía, y desarrollar nuevos modelos de negocio.



3. Diagnóstico del desarrollo de la industria 4.0 en favor de la economía circular.

3.1 La industria 4.0

3.1.1 La cuarta revolución industrial

La cuarta revolución industrial³, caracterizada por un conjunto de tecnologías emergentes que buscan la hibridación del mundo físico y el digital, genera una dinámica que configura nuevos ecosistemas y la transformación digital de la producción de bienes y servicios en la sociedad⁴.

La **evolución de las revoluciones industriales** hasta la actual cuarta revolución industrial o Industria 4.0 se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1. Evolución de las revoluciones industriales y el impacto de las tecnologías de producción



Fuente: Junta de Andalucía, 2020

La cuarta revolución industrial está en el centro de la transformación digital de las sociedades. En el sector de manufactura y servicios, la misma **se caracteriza por la convergencia de tecnologías avanzadas digitales de producción (TADP), también llamadas tecnologías disruptivas o habilitadoras de la Industria 4.0**, que incluyen tecnología de inteligencia artificial, impresión 3D, big data, robótica y otros, con avances en almacenamiento y generación de energía, así como computación

³ Schwab, K. (2016). The Forth Industrial Revolution. World Economic Forum. Geneva. Obtenido de Geneva: World Economic Forum: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>

⁴ CEPAL. (2018). Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital, Santiago de Chile: Naciones Unidas. Santiago de Chile: ILPES.

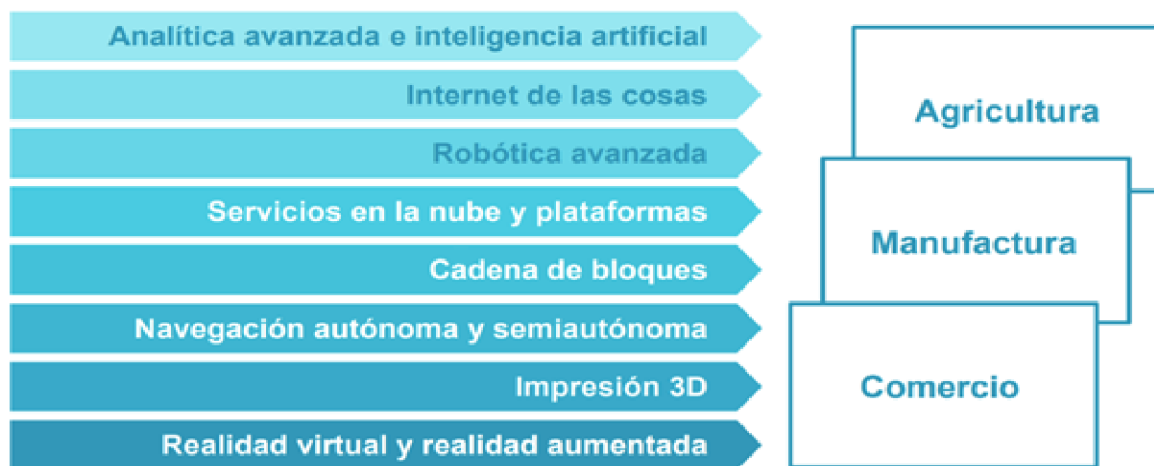
P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

cuántica, y transforman el panorama industrial global. Las TADP y los procesos de producción industrial han generado además el concepto de fábrica inteligente, basado en la optimización continua⁵.

La Figura 2 contempla un grupo de tecnologías disruptivas comúnmente referidas en torno a la Industria 4.0, según apunta CEPAL (2021):

Figura 2. Tecnologías disruptivas/habilitadoras de la Industria 4.0 y su impacto en la transformación productiva.



Fuente: CEPAL, 2021

La Industria 4.0 habilita y apoya nuevos escenarios en la producción, donde el hombre, las máquinas, las líneas de producción, los sistemas de software y los productos en sí mismos, se comunican y cooperan unos con otros en tiempo real para facilitar la toma de decisión descentralizada y una producción auto-organizada⁶. Se basa en sistemas y procesos inteligentes, redes de sensores, comunicación de baja latencia, sistemas de control distribuido y tecnologías de automatización especializadas.

Uno de los rasgos distintivos de la Industria 4.0 es la convergencia tecnológica. Por ejemplo, la cadena de bloques o *Blockchain* constituye una tecnología particularmente útil para la trazabilidad de productos en una cadena de suministros, porque ofrece seguridad y confianza sobre la integridad de la mercancía a lo largo de la cadena. Sin embargo, si además se usa en un sistema acoplado con dispositivos de internet de las cosas, conectados a la nube, que puedan estar monitoreando desde un centro remoto, habilitado con Big data e inteligencia artificial, se estaría amplificando el efecto mediante capacidades integradas de Industria 4.0, incidiendo en la mejora del desempeño operacional de la cadena, en la agilidad de la toma de decisiones y, por ende, en mayor productividad laboral.

⁵ UNIDO. (2021). UNIDO Strategic Framework for the Fourth Industrial. General Conference. Nineteenth session. Vienna.

⁶ Delgado-Fernández, T. (2018). Industria 4.0: Marcos de referencia y factores de alistamiento en el contexto cubano. Simposio Ingeniería Industrial. 19 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. La Habana: Researchgate.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Otro aspecto que suele incluirse al definir la cuarta revolución industrial son los sistemas ciberfísicos de producción (CPPS por sus siglas en inglés). Un sistema CPPS está compuesto por objetos electrónicos y de software. Los objetos se conectan entre sí directamente o a través de internet, formando un único sistema en red. Con ello, se consiguen redes horizontales de CPPS optimizadas en tiempo real que gracias a la transparencia informativa logran alto nivel de flexibilidad⁷.

Industria 4.0 en el mundo

Un análisis reciente, realizado para el **Informe de Desarrollo Industrial (IDR) 2020 (ONU DI, 2019)**, indica que la creación de tecnologías avanzadas digitales de producción de la cuarta revolución industrial sigue estando extremadamente concentrada en unas pocas economías, llamadas punteras, como se muestra en la Figura 3. Combinando datos de patentes y de comercio, el análisis identifica grupos de economías con diferentes niveles de compromiso con estas tecnologías. El principal hallazgo de esta evaluación es que **sólo 10 economías, explican el 91 por ciento de todas las solicitudes de patentes globales en este campo tecnológico y casi el 70 por ciento de las exportaciones de bienes de capital asociados a estas tecnologías.**

Después de estas primeras 10 economías “más comprometidas” con la Industria 4.0, se aprecia un rango de **otros 40 países subdivididos, cuyas economías se catalogan de “segundo nivel” e incluye otras dos categorías: 23 como productoras y 17 como usuarias** (basada en los niveles de importaciones de TADP). **Un tercer nivel lo ocupan las llamadas “economías de industrialización tardía”** con valores más discretos de patentes y de importaciones de TADP. Por último, se catalogan **las restantes 88 economías como “rezagadas”**, presumiblemente porque sus valores de patentes de TADP son nulos o demasiados escasos; así como sus niveles de importación de las tecnologías consideradas en el estudio de ONU DI (2019)⁸.

⁷ García, C. A., Castellanos, E. X., & García, M. V. (2019). Desarrollo de sistemas ciber-físicos de producción para Procesamiento por lotes usando normas IEC-61499 e ISA-88. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3), 443-453.

⁸ ONU DI. (2019). Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. La industrialización en la era digital. Resumen. Viena.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Figura 3. Clasificación de las economías a nivel global según la adopción de TADP

Economías punteras (10 economías)	Economías de segundo nivel (40 economías)		Economías de industrialización tardía (29 economías)		Economías rezagadas (88 economías)
	Como productoras (23 economías)	Como usuarias (17 economías)	Como productoras (16 economías)	Como usuarias (13 economías)	
<i>Economías que implementan de forma activa las tecnologías de PDA</i>					
China	Australia	Argelia	Bosnia Herzegovina	Costa Rica	Todas las demás economías que, de acuerdo con la División de Estadística de Naciones Unidas, cuentan con más de 500 000 habitantes en 2017
Francia	Austria	Argentina	Bulgaria	Costa de Marfil	
Alemania	Bélgica	Bangladesh	Chile	Ecuador	
Japón	Brasil	Bielorrusia	Rep. Dominicana	Egipto	
Rep. de Corea	Canadá	Colombia	Estonia	El Salvador	
Países Bajos	Croacia	Hungría	Grecia	Etiopía	
Suiza	Chequia	Indonesia	Kirguistán	Malawi	
Taiwán, Provincia de China	Dinamarca	República Islámica de Irán	Letonia	Serbia	
Reino Unido	Finlandia	Malasia	Rep. de Moldavia	Túnez	
Estados Unidos	Hong Kong, China (SAR)	México	Nueva Zelanda	Turkmenistán	
	India	Portugal	Nigeria	Uganda	
	Irlanda	Rumanía	Filipinas	Uzbekistán	
	Israel	Arabia Saudita	Eslovenia	Zambia	
	Italia	Sudáfrica	Ucrania		
	Lituania	Tailandia	Emiratos Árabes Unidos		
	Luxemburgo	Turquía	República Bolivariana de Venezuela		
	Noruega	Viet Nam			
	Polonia				
	Federación Rusa				
	Singapur				
	Eslovaquia				
	España				
	Suecia				

Fuente: ONUDI, 2019.

La situación de los cinco países objeto de estudio, es diferente respecto al nivel de preparación y desarrollo de Industria 4.0. La Figura 3, sobre el IDI 2020 de ONUDI vista anteriormente, arroja que son escasos los países de estas características que se incluyen entre las primeras 50 economías, al igual que son muy pocos los de América Latina y el Caribe los que están en este rango. Sólo Brasil y Argentina, como productoras, y Colombia, como usuaria, ocupan posiciones de relevancia, entre las economías de segundo nivel, mientras otros países de la región, como Chile, **República Dominicana** y República Bolivariana de Venezuela se ubican como productoras, entre las economías de industrialización tardía, mientras Costa Rica, **Ecuador** y **El Salvador** aparece usuarias, en este mismo rango. El resto de los países de América Latina y el Caribe, según este informe, parecen estar en el grupo de “economías rezagadas” donde estarían incluidas **Paraguay** y **Cuba**.

Si bien esta evaluación es un acercamiento importante en la obtención de una panorámica global de la Industria 4.0, su concepción es aún limitada, a partir de considerar los elementos siguientes:

1. Incluye sólo dos factores: la creación de patentes en tres tecnologías de avanzada en la producción industrial, y las importaciones/exportaciones en esas mismas tres tecnologías (Foster-McGregor, Nomaler, & Verspagen, 2019). **La invención, respaldada en patentes, es sin lugar a dudas un denominador común en las industrias más avanzadas a nivel global**, y es naturalmente aceptable definir a las 10 economías punteras teniendo en cuenta ese factor. Sin embargo, si tener patentes en tecnologías digitales de avanzada implica que hay desarrollo de la Industria 4.0, eso no significa necesariamente que no tenerlas implique que no haya algún

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

nivel de desarrollo. Dada la globalización, la penetración de Internet en muchos países y las nuevas generaciones de tecnologías basadas en estándares abiertos, hay cada vez más innovaciones de transformación digital (también industrial) que pueden utilizarse o integrarse a sistemas existentes y paulatinamente obtener la digitalización de extremo a extremo en las cadenas de valor de la industria.

El informe mundial sobre propiedad intelectual en 2015⁹ hace especial hincapié en la importancia de la difusión del conocimiento en el crecimiento económico, y afirma que las patentes ni han favorecido la diseminación de la tecnología en países de ingresos medianos y bajos, cuando se ha producido, ni la han dificultado cuando no ha tenido lugar. Más bien, los resultados parecen indicar que el factor determinante en el grado de difusión de tecnologías es la presencia o ausencia de capacidad de absorción.

2. Las tres tecnologías que emplea el estudio (CAD/CAM, impresión 3D y robótica), si bien son tecnologías avanzadas de producción, no representan fielmente al paradigma de la Industria 4.0, también conocido en algunos contextos como Internet Industrial de las Cosas. Los sistemas ciberfísicos y otras tecnologías agregadas o integradas con ellos (como Big data, computación en la nube y la niebla, inteligencia artificial y Blockchain) constituyen definitivamente un rasgo tecnológico primario del concepto Industria 4.0. Para argumentar esta valoración se presenta, en la figura 4, las tecnologías de Industria 4.0 que se espera tengan el impacto más profundo en las organizaciones, evaluado por Deloitte en un análisis global, con una muestra de 2029 organizaciones¹⁰.

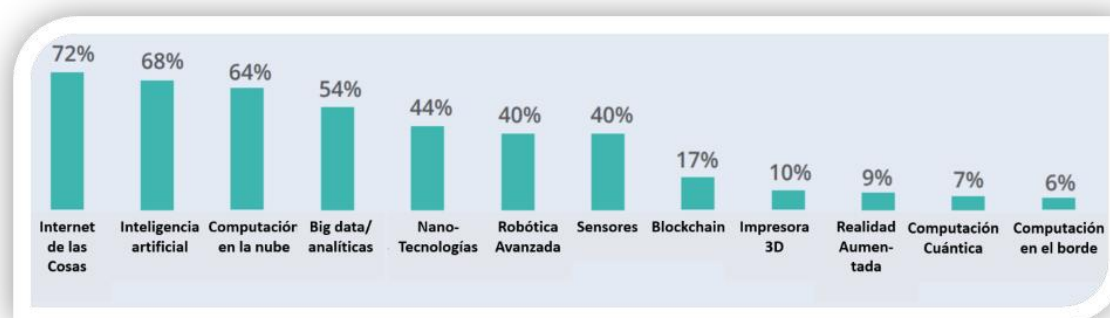
⁹ Informe Mundial sobre la Propiedad Intelectual en 2015. Obtenido en: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo_pub_944_2015.pdf

¹⁰ Deloitte. (20 de January de 2020). Industry 4.0 Readiness Report. The Fourth Industrial Revolution: At the intersection of readiness and responsibility. Obtenido de Deloitte : <https://www2.deloitte.com/za/en/pages/about-deloitte/articles/industry-4-0-readiness-report.html>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Figura 4 Tecnologías de Industria 4.0 que se espera tengan el impacto más profundo en las organizaciones.



Fuente: Deloitte, 2020.

Aunque para el objetivo de evaluación de ONUDI en el IDR 2020, estas limitaciones pudieran no determinar en la eficacia de un análisis general al nivel global, no resultaría pertinente asumir la misma metodología para diagnosticar el nivel de alistamiento específico en I4.0 para conjuntos pequeños de países, particularmente cuando son de economías rezagadas o de industrialización tardía.

De acuerdo a la OECD¹¹, **algunos países han desarrollado políticas industriales, como parte de las estrategias de ciencia, tecnología e innovación, o como estrategias independientes, pero no exclusivamente, en la fabricación.** Según refiere este informe, las políticas industriales apuntan a garantizar que las economías nacionales desarrollen ventajas competitivas en los sectores emergentes y que las empresas nacionales puedan realizar actividades de alto valor agregado en las cadenas de valor. Dentro de los objetivos que incluyen estas estrategias de desarrollo industrial con enfoque digital, este reporte destaca los siguientes:

- Facilitar a los innovadores el acceso a centros de investigación aplicada e instalaciones de demostración para acelerar la transición de las innovaciones del laboratorio a la producción;
- Promover la interacción y la cooperación entre los diferentes actores de la innovación, centrándose en las colaboraciones interdisciplinarias e intersectoriales para la innovación.
- Mejorar las condiciones marco para la innovación, incluso abordando las barreras que enfrentan los emprendedores innovadores y fortaleciendo las habilidades digitales.

El Diagnóstico sobre Industria 4.0 realizado a Brasil, Chile, México y Uruguay ¹² constituye otro antecedente importante para el presente estudio. El mismo empleó para su análisis una metodología de evaluación basada en dos grupos de indicadores. Un primer grupo que refleja la capacidad del cambio de cada país en términos de complejidad económica y el peso de la manufactura en el producto interno bruto. El segundo grupo de indicadores se refiere a palancas de cambio, en términos de la

¹¹ Planes-Satorra, S., & Paunov, C. (2019). The digital innovation policy landscape in 2019. Paris: OECD Publishing.

¹² American Sustainable Development Foundation. (Noviembre de 2020). Diagnóstico sobre Industria 4.0 realizado a Brasil, Chile, México y Uruguay . Obtenido de Proyecto: Evaluación de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta: https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/Entregable_51_20201123_CTCN.pdf

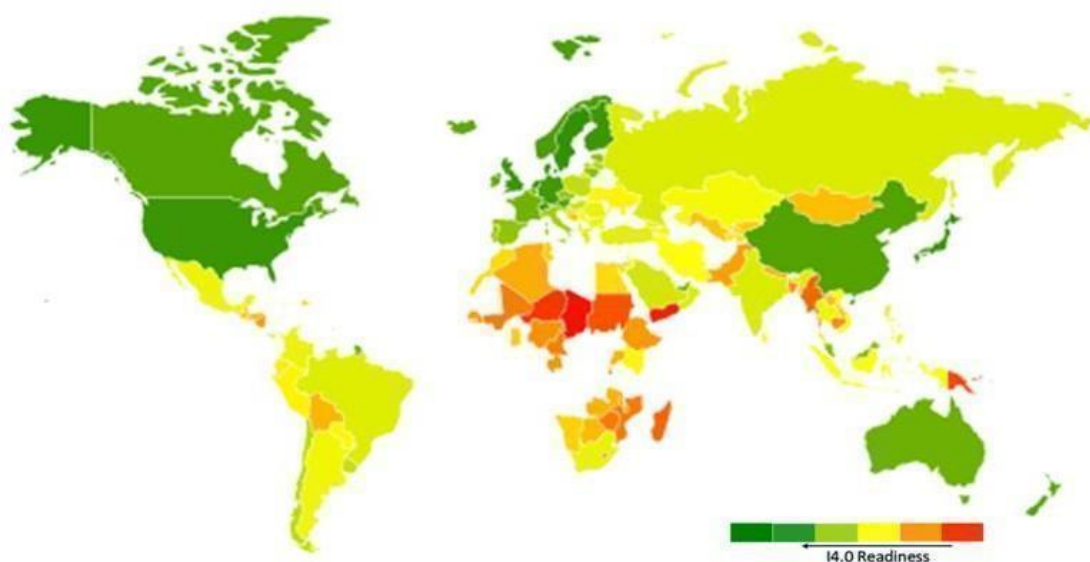
P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

capacidad de innovación de las empresas, la calidad del capital humano y la calidad de gobernanza del país. Los datos de los diez indicadores evaluados proceden del World Economic Forum¹³, el Índice Global de Innovación¹⁴ y el Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible¹⁵. La mayoría de estas fuentes no alcanzan a todos los países de la región; en particular, se excluye **Cuba**, por lo que fue descartado para ser considerado como metodología de evaluación de este documento, aunque sí se toman en cuenta algunas dimensiones principales, referentes a palancas de cambio.

Otro estudio macro multifactorial lo constituye el **Índice de alistamiento global de Industria 4.0 (GRAMI 4.0)**¹⁶. Este Índice ha sido aplicado a un universo grande de países del mundo como se aprecia en la Figura 5.

Figura 5 Evaluación del índice GRAMI 4.0 a nivel global



Fuente: Tripathi & Gupta, 2021

Los países de América Latina y el Caribe en esta encuesta obtienen resultados discretos, encabezados por Chile, Uruguay y Brasil, como se aprecia en la Figura 6.

¹³ World Economic Forum. (2018). Readiness for the Future of Production Report. Geneva: World Economic Forum.

¹⁴ Cornell University. (2019). The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva: <https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/gii-full-report-2019.pdf>.

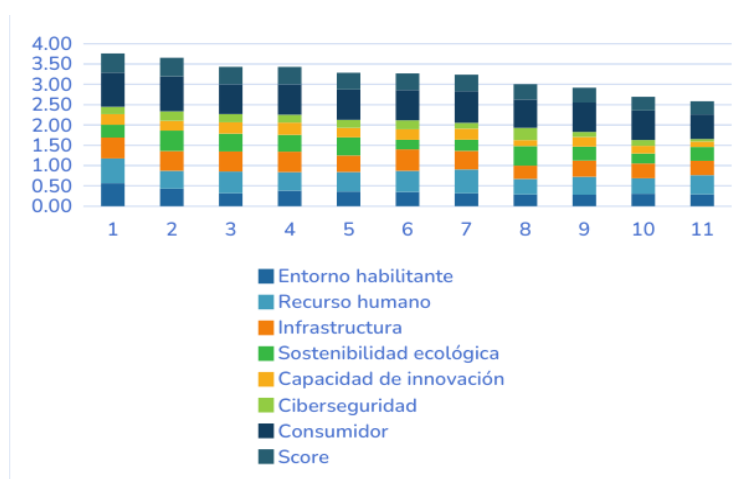
¹⁵ Sachs, J. S. (2019). Sustainable Development Report. New York.

¹⁶ Tripathi, S., & Gupta, M. (2021). A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. Benchmarking: An International Journal., 28(10), 3006-3039. doi: <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2020-0354>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Figura 6 Índice GRAMI 4 en los países latinoamericanos.



Fuente: Elaboración propia a partir de valores de GRAMI4.0.

Hay algunas otras investigaciones realizadas en países en vías de desarrollo., como un estudio reciente conducido en Tailandia, Ghana y Vietnam¹⁷, orientado a analizar la adopción de tecnologías digitales en la industria manufacturera (a nivel de firmas) de tres países en desarrollo, el cual revela que menos del 5 por ciento de las empresas encuestadas estaban adoptando la generación más avanzada de tecnologías digitales en todas sus tareas comerciales. Esto sugiere que la tecnología de la Industria 4.0 aún no ha pasado por un proceso de difusión en los sectores manufactureros de los países en desarrollo, aun cuando en el IDR 2020, dos de los tres países del estudio de Delera et al (2020), Tailandia y Vietnam, están ubicados en un privilegiado puesto, para su condición de países en vías de desarrollo, entre la posición 34 y 50 de los países adoptantes de tecnologías digitales de producción avanzada. Otros hallazgos de este estudio se resumen a continuación:

- Las **empresas que sí adoptan tecnologías avanzadas de producción digital se caracterizan por su participación en las Cadenas Globales de Valor (CGV).** Aquellas que invierten en sus propias capacidades tecnológicas, ya sea en forma de investigación y desarrollo, capacitación o compra de nuevos equipos, y las empresas más grandes también parecen ser más propensas a adoptar nuevas tecnologías.
- Los **vínculos internacionales de las empresas juegan un papel importante en la explicación de los patrones de adopción de tecnología** ciertamente corrobora los esfuerzos de política que apuntan a apoyar la internacionalización de las empresas nacionales.
- La **relevancia de las inversiones para mejorar los recursos internos y las competencias de las empresas** brinda apoyo a las políticas destinadas a aliviar las restricciones financieras para las actividades de innovación y producción.
- Las políticas educativas destinadas a **eleva el nivel de capacitación de los trabajadores y gerentes en las economías en desarrollo constituyen una piedra angular** para la preparación

¹⁷ Delera, M., Pietrobelli, C., & Calza, E. y. (2020). Does Value Chain Participation Facilitate the Adoption of Industry 4.0 Technologies in Developing Countries? The Italian Centre for International Development.

de las economías ante la cuarta revolución industrial.

Desde el análisis del comportamiento de la Industria 4.0 descrito en párrafos anteriores, se destaca un grupo de factores que parecen incidir en el desarrollo, o al menos en la preparación, de la Industria 4.0 en los países a nivel global. Según asegura UNIDO (2019) en su informe “*Bracing for the New Industrial Revolution: Elements of a Strategic Response*”, los países con altas capacidades en ciencia, tecnología e innovación (CTI) serán los primeros en cosechar los beneficios de los avances en tecnologías de vanguardia. Aunque no parece ser suficiente ello, ya que este mismo informe revela que incluso los países desarrollados con capacidades avanzadas de CTI encontrarán difícil mantener su competitividad global si no invierten lo suficiente en investigación científica que se traduzca en nuevos productos; nuevos empleos de alto valor agregado; habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM); talento de ingeniería; asociaciones público-privadas en investigación y desarrollo (I+D); y vínculos en las redes mundiales de innovación¹⁸.

Los enfoques de madurez y preparación de la industria deben adaptarse a los sectores industriales individuales y en el nivel macro para contextos específicos de cada país. Los equipos multidisciplinarios pueden crear proyectos piloto que aborden aspectos de preparación y madurez para industrias específicas: integración horizontal y vertical, protección de calidad de datos, tecnologías 4IR relevantes; seguridad industrial, protección e idoneidad; inclusión de las partes interesadas, como proveedores, clientes, instituciones de investigación, trabajadores y gerentes; habilidades humanas; aspectos culturales; estrategias y políticas; y sistemas sectoriales de innovación¹⁹.

A partir de estas consideraciones, para el presente estudio que persigue evaluar cinco países en vías de desarrollo (Cuba, Ecuador, El Salvador, República Dominicana y Paraguay), se requiere un método de evaluación más personalizado al contexto de cada país, que aunque incorpore un grupo de indicadores generales para evaluar el nivel de alistamiento en Industria 4.0 en los cinco países para ofrecer una oportunidad de realizar análisis comparados, pueda también ser complementado con otras evidencias locales que sean factibles realizarse hacia el interior de sectores industriales de los países estudiados.

4. Industria 4.0 y Economía Circular

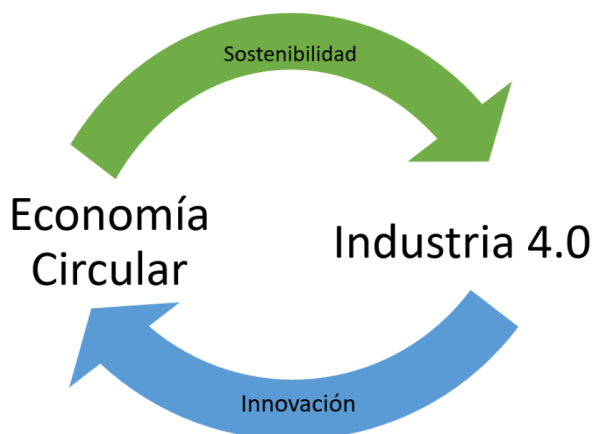
4.1 Tecnologías de la Industria 4.0 y su relación con la Economía Circular

La Industria 4.0 y la economía circular comparten palancas de cambio comunes. La economía circular se considera un motor para imaginar una industria sostenible, mientras que la Industria 4.0 impulsa la innovación circular, como se muestra en la Figura 7.

¹⁸ UNIDO. (2019). Circular Economy, Impact Financing and Industry 4.0. Obtenido de Headquarters of the Ministry of the Environment, Peru: <https://www.unido.org/our-focus-cross-cutting-services-circular-economy/circular-economy-impact-financing-and-industry-40>

¹⁹ UNIDO. (2019). Circular Economy, Impact Financing and Industry 4.0. Obtenido de Headquarters of the Ministry of the Environment, Peru: <https://www.unido.org/our-focus-cross-cutting-services-circular-economy/circular-economy-impact-financing-and-industry-40>

Figura 7. Apalancamiento mutuo de la Economía circular y la Industria 4.0



Fuente: Elaboración propia

Por un lado, la economía circular (EC) se considera un nuevo paradigma industrial que permite minimizar el consumo de recursos finitos, centrándose en el diseño inteligente de materiales, productos y sistemas²⁰. Por otro lado, la Industria 4.0 con su rápida digitalización de la economía y la sociedad gracias a las nuevas tecnologías digitales, está ayudando a las empresas a aumentar su competitividad y eficiencia, alcanzando la reducción de tiempos, flexibilidad, reducción de costes, productividad y calidad²¹.

La **Economía Circular (EC)**, como se ha remarcado en capítulos anteriores, consiste en un modelo económico regenerativo y restaurativo por principio, ya que su objetivo es mantener los productos, los componentes y los materiales en su mayor nivel de utilidad y valor todo el tiempo²². Progresivamente, los patrones de circuito cerrado, completamente centrados en equilibrar los impactos económicos, ambientales y sociales, están sustituyendo a las viejas prácticas industriales²³.

La Industria 4.0 ofrece enormes oportunidades para favorecer una economía circular, en la que los productos al final de su vida útil se reutilizan, refabrican y reciclan. La Industria 4.0 es un cambio de paradigma de la fabricación y producción inteligentes. Cada vez más, las empresas están aplicando soluciones innovadoras, a través de la "Internet de las cosas" (IoT), la computación en la nube, la miniaturización y la impresión 3D que permitirán una mayor interoperabilidad y procesos industriales

²⁰ Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., & Chiaroni, D. &. (2020). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International . Journal of Production Research*, 58(6), 1662-1687.

²¹ Bastianello, C. (2020). The relationship between servitization and circular economy in the industry 4.0 scenario. UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA.

²² EMF - Ellen MacArthur Foundation. (2012). Towards the circular economy. . En *Economic and business rationale for an accelerated transition*.

²³ Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., & Chiaroni, D. &. (2020). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International . Journal of Production Research*, 58(6), 1662-1687.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

flexibles y una fabricación autónoma e inteligente²⁴. Para promover la transición de la economía lineal a la circular en una cadena de suministro, las redes de valor se integran para lograr la transparencia, lo que es posible con la ayuda de la tecnología Industria 4.0²⁵.

En la Industria 4.0, los sistemas integrados, sensores, actuadores, dispositivos móviles e instalaciones de producción pueden comunicarse entre sí a través de Internet. Los procesos de producción se vuelven transparentes y fácilmente influenciados. La información es de suma importancia para garantizar que las empresas puedan tomar las decisiones correctas, erradicar los desechos y utilizar los recursos de manera eficaz. Se supone que la Industria 4.0 conducirá a una producción ergonómica y altamente adaptable y, por lo tanto, eficiente en el uso de los recursos²⁶.

Las tecnologías de la Industria 4.0 pueden ayudar a mejorar el diseño de sistemas innovadores de productos y servicios y pueden influir en las propuestas de valor, hacia arriba y hacia abajo en la cadena de valor, afectando los modelos de negocio en sí y todo el ecosistema de valor. Gracias a una red digital de productos y sistemas, un flujo de información constante y una capacidad de tiempo real, este nuevo escenario podría implicar, por ejemplo, el replanteamiento de productos o nuevas soluciones, la optimización de la segmentación de clientes, el posicionamiento en el mercado y las estrategias de precios, la mejora de la producción a medida, la introducción de nuevos servicios pre y postventa, y el desarrollo de capacidades para adaptarse dinámicamente a los requerimientos del mercado²⁷.

La digitalización puede verse también como uno de los facilitadores de la economía circular debido a que genera visibilidad e inteligencia en productos y activos. La digitalización impulsa los modelos de negocio de economía circular al **ayudar a cerrar el ciclo, ralentizar el ciclo de materiales y reducir el ciclo con una mayor eficiencia de los recursos**²⁸.

Las tecnologías digitales asociadas a la Industria 4.0 como la Internet de las Cosas, la cadena de bloques (blockchain), la impresión en 3D y automatización, computación en la nube y analíticas big data son clave para los modelos de negocio circulares, ya que **permiten utilizar los flujos de información y los análisis de datos para reducir la generación de residuos y cerrar los ciclos de materiales mediante la reutilización y el reciclaje y la adopción de procesos de fabricación más eficientes y de logística inversa**²⁹. Las sinergias entre los sistemas ciberfísicos, Big Data, análisis de datos, IoT y

²⁴ UNIDO. (2019). Circular Economy, Impact Financing and Industry 4.0. Obtenido de Headquarters of the Ministry of the Environment, Peru: <https://www.unido.org/our-focus-cross-cutting-services-circular-economy/circular-economy-impact-financing-and-industry-40>

²⁵ Rajput, S., & Singh, S. P. (2019). Connecting circular economy and industry 4.0. *International Journal of Information Management*, 98-113.

²⁶ Blunck, E., & Werthmann, H. (2017). Industry 4.0—an opportunity to realize sustainable manufacturing and its potential for a circular economy. *DIEM: Dubrovnik International Economic Meeting*, 3(1), 644-666.

²⁷ Bastianello, C. (2020). The relationship between servitization and circular economy in the industry 4.0 scenario. *UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA*.

²⁸ Antikainen, M., Uusitalo, T., & Kivikytö-Reponen, P. (2018). Digitalisation as an enabler of circular economy. *Procedia CIRP*, 45-49.

²⁹ Schröder, P., Albaladejo, M., & Alonso-Ribas, P. (2021). La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fomentar la resiliencia. Londres: Chatham House.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

modelos de negocio circulares innovadores **podrían brindar mayores oportunidades hacia la creación de valor industrial y la captura de valor más sostenibles en el contexto de la economía circular.**

Al combinar activos físicos y virtuales, la transformación digital actúa como impulsor de la creación de valor en las cadenas de valor y refuerza los cambios en los modelos de consumo y producción. A través de su capacidad para monitorear, interconectar y administrar electrónicamente objetos en el mundo físico, **las tecnologías digitales permiten: recolectar, administrar y procesar datos e información y crear conocimiento sobre la composición material de los productos, su origen y propiedades, su ubicación, condición y disponibilidad, así como sus respectivos procesos de fabricación y condiciones de mantenimiento, desmontaje y reciclaje**³⁰. Facilitan la toma de decisiones basadas en datos y permiten optimizar el rendimiento de los sistemas y procesos.

Sobre las tecnologías digitales de la Industria 4.0 y su efecto en la Economía circular versarán los próximos párrafos.

4.1.1 Analíticas Big data e Inteligencia Artificial (IA)



Big data es uno de los habilitadores de Economía Circular (EC) más populares. El término **big data** se refiere a conjuntos de datos de gran volumen, complejos y en constante crecimiento (a un ritmo extremadamente rápido), provenientes de diversas fuentes. Las definiciones tradicionales de big data se refieren no sólo al volumen, sino también a la variedad y la velocidad como aspectos clave, generalmente denominados "3V". Los modelos de 4V o 5V también son populares, incluida la veracidad de los datos y el valor de los datos como la cuarta y/o quinta "V"³¹. En la literatura se han integrado aspectos del modelo ReSOLVE de EC con las 4V de la gestión de big data³².

La inteligencia artificial y las tecnologías cognitivas incluyen la capacidad de las máquinas y los sistemas para adquirir y aplicar conocimientos y llevar a cabo un comportamiento inteligente. La aplicación de IA, que brinda la capacidad de aprender y mejorar automáticamente a partir de la experiencia, se denomina aprendizaje automático. El principal impulsor de valor de la IA es que ayuda a las computadoras a interactuar, razonar y aprender como seres humanos, lo que les permite realizar una amplia variedad de tareas cognitivas que normalmente requerirían inteligencia humana (como percepción visual, reconocimiento de voz, toma de decisiones). o traducción entre idiomas). Los sistemas inteligentes en IA utilizan una combinación de otras tecnologías digitales, como IoT, análisis de big data, computación en la nube y aprendizaje automático para operar y aprender. De hecho, la rápida difusión de la IA ha sido impulsada por los avances en el aprendizaje automático, una disciplina

³⁰ Barteková, E., & Börkey, P. (2022). Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy. Obtenido de OECD Environment Working Papers No. 192: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6f6d18e7-en.pdf?expires=1649979396&id=id&accname=guest&checksum=F02705754754FA5954F4D37C3B9D73BC>

³¹ Demestichas, K., & Daskalakis, E. (2020). Information and communication technology solutions for the circular economy. Sustainability, 12(18), 7272.

³² Jabbour, C., Jabbour, A., Sarkis, J., & Filho, M. (2019). Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda. Technol. Forecast. Soc. Chang., 546-552.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

de la IA que permite la identificación automática de patrones complejos en conjuntos de datos, y cuyos avances están impulsados por la disponibilidad de big data y la computación en la nube³³.

La inteligencia artificial permite el monitoreo automático y remoto de la eficiencia durante el proceso de fabricación, así como, del ciclo de vida final del producto en la Economía Circular. De acuerdo a un estudio conjunto entre Ellen MacArthur Foundation, Google y McKinsey Company, la IA puede mejorar y permitir la innovación de la economía circular en todas las industrias de tres maneras principales:

1. Diseñar productos, componentes y materiales circulares. La IA puede mejorar y acelerar el desarrollo de nuevos productos, componentes y materiales aptos para una economía circular a través de procesos iterativos de diseño asistido por aprendizaje automático que permiten la creación rápida de prototipos y pruebas.

2. Operar modelos comerciales circulares. La IA puede aumentar la fuerza competitiva de los modelos comerciales de la economía circular, como el producto como servicio y el arrendamiento. Al combinar datos históricos y en tiempo real de productos y usuarios, la IA puede ayudar a aumentar la circulación de productos y la utilización de activos mediante la predicción de precios y demanda, el mantenimiento predictivo y la gestión inteligente de inventario.

3. Optimizar la infraestructura circular. La IA puede ayudar a construir y mejorar la infraestructura de logística inversa necesaria para "cerrar el ciclo" de productos y materiales al mejorar los procesos para clasificar y desmontar productos, refabricar componentes y reciclar materiales.

4.1.2 Internet de las cosas (IoT)



El IoT se ha **definido como un sistema de componentes conectados e identificables de forma única capaces de representación virtual y accesibilidad virtual** que conducen a una estructura similar a Internet para localizar, detectar y/u operar remotamente los componentes con flujos de datos/información en tiempo real entre ellos, dando como resultado que el sistema en su conjunto pueda ser aumentado para lograr una mayor variedad de resultados de una manera dinámica y ágil ³⁴.

IoT puede facilitar la adopción de aplicaciones favorables a la economía circular. Por ejemplo, **al monitorear de forma automática y remota los recursos y productos a lo largo de toda la cadena de valor, los dispositivos conectados pueden generar datos e información valiosos, lo que a su vez puede permitir mejoras en la eficiencia de los recursos o una mejor gestión del final de la vida útil.** En el transporte, los vehículos autónomos podrían ayudar a aumentar la tasa de utilización de vehículos

³³ Barteková, E., & Börkey, P. (2022). Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy. Obtenido de OECD Environment Working Papers No. 192: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6f6d18e7-en.pdf?expires=1649979396&id=id&acname=guest&checksum=F02705754754FA5954F4D37C3B9D73BC>

³⁴ Ng, I. C., & Wakenshaw, S. Y. (2017). The Internet-of-Things: Review and research directions. International Journal of Research in Marketing, 30(1), 3-21.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

en el futuro, a través de plataformas compartidas y modelos de suscripción. El uso de IoT por parte de los consumidores se facilita a través de dispositivos conectados a Internet, como iluminación, lavadoras e impresoras, que les permiten aumentar su conciencia y controlar su consumo de energía³⁵.

Un mapeo de las estrategias de circularidad que pueden ser habilitadas con capacidades de IoT³⁶ revela lo siguiente:

- La estrategia circular de **aumentar la eficiencia del proceso productivo se puede conseguir mediante las capacidades IoT de trazabilidad, monitoreo y control.**
- En la estrategia circular **de extensión del tiempo de vida del producto pueden influir todas las capacidades IoT: trazabilidad, monitoreo, control, optimización y evolución del diseño.**
- En las estrategias de **reutilización y re-fabricación también las capacidades de trazabilidad o monitoreo de IoT** podrían jugar un rol determinante.

4.1.3 Computación en la nube



La computación en la nube puede tener un papel catalítico en el camino hacia una Economía Circular. La computación en la nube representa un modelo para permitir un fácil acceso a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables que se pueden administrar dinámicamente³⁷. Basado en los conceptos principales de la computación en la nube, la fabricación en la nube es un nuevo modelo de negocio que abarca la creación de componentes, la integración y la optimización de los recursos y capacidades de fabricación a escala global³⁸. Otros autores subrayan la importante contribución de la **fabricación en la nube a los avances en el diseño colaborativo, la resiliencia y automatización de procesos, así como la gestión sostenible de residuos**³⁹.

La computación en la nube ofrece la capacidad de desarrollar y gestionar soluciones en la nube, para la gestión y captura de datos, encriptación, procesamiento y análisis. También la posibilidad de escalar

³⁵ Barteková, E., & Börkey, P. (2022). Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy. Obtenido de OECD Environment Working Papers No. 192: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6f6d18e7-en.pdf?expires=1649979396&id=id&accname=guest&checksum=F02705754754FA5954F4D37C3B9D73BC>

³⁶ Ingemarsdotter, E., Jamsin, E., & Balkenende, R. (2020). Opportunities and challenges in IoT-enabled circular business model implementation—A case study. *Resources, conservation and recycling*, 162, 105047.

³⁷ Demestichas, K., & Daskalakis, E. (2020). Information and communication technology solutions for the circular economy. *Sustainability*, 12(18), 7272.

³⁸ Wang, X., & Xu, X. (2013). An interoperable solution for Cloud manufacturing. *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, 232-247.

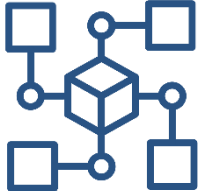
³⁹ Demestichas, K., & Daskalakis, E. (2020). Information and communication technology solutions for the circular economy. *Sustainability*, 12(18), 7272.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

las soluciones de manera costo efectiva y eficaz. Y proveer servicios en cualquier parte que cuente con acceso a internet⁴⁰.

4.1.4 Blockchain o cadena de bloque



La **tecnología Blockchain** es un nuevo protocolo revolucionario para compartir y actualizar información mediante la vinculación de registros o bases de datos en una red descentralizada, de igual a igual y de acceso abierto. Blockchain está diseñado para garantizar que los datos se almacenen y actualicen de forma segura, a prueba de manipulaciones y además es irreversible⁴¹.

Blockchain **mejora los flujos de información a lo largo de la cadena de valor y mejora la transparencia y la trazabilidad para productores, consumidores y recicladores**, lo cual es fundamental en la transición a la economía circular. Además, la tokenización impulsada por blockchain puede impulsar la adopción de nuevos modelos de negocio, por ejemplo, a través de la monetización de los desechos plásticos o la comercialización del plástico recolectado a empresas de reciclaje con información transparente sobre su origen. Además, **la cadena de bloques conectada a contratos inteligentes puede facilitar las transacciones entre pares, así como permitir micro transacciones entre dispositivos IoT**, reemplazando así la necesidad de actividades de monitoreo y verificación que normalmente se requieren con un intermediario centralizado⁴².

Blockchain contribuye a la economía circular a través de sus propiedades de descentralización, distribución y alta seguridad. Puede contribuir a la economía circular al ayudar a reducir los costos de transacción, mejorar el rendimiento y la comunicación a lo largo de la cadena de suministro, garantizar la protección de los derechos humanos, mejorar la confidencialidad y el bienestar de los ciudadanos y reducir la huella de carbono⁴³.

4.1.5 Fabricación aditiva (FA)

Una de las tecnologías de la Industria 4.0 con un alto potencial para favorecer la circularidad es la fabricación aditiva o impresión 3D. **Los procesos aditivos permiten construir objetos mediante la creación y consolidación de capas, a diferencia de las técnicas de moldeo o sustractivas.** El desarrollo

⁴⁰ CEID; Konrad Adenauer Stiftung; Basura Cero Global; Valopes. (2020). Cartilla de Economía circular. Transformación digital y analítica de datos. Tomo 4. Bogotá: CEID.

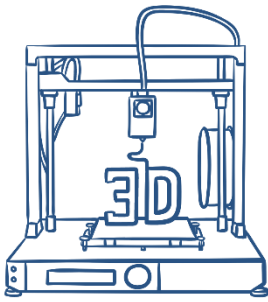
⁴¹ Upadhyay, A., Mukhuty, S., Kumar, V., & Kazancoglu, Y. (2021). Blockchain technology and the circular economy: Implications for sustainability and social responsibility. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126130.

⁴² Barteková, E., & Börkey, P. (2022). Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy. Obtenido de OECD Environment Working Papers No. 192: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6f6d18e7-en.pdf?expires=1649979396&id=id&accname=guest&checksum=F02705754754FA5954F4D37C3B9D73BC>

⁴³ Upadhyay, A., Mukhuty, S., Kumar, V., & Kazancoglu, Y. (2021). Blockchain technology and the circular economy: Implications for sustainability and social responsibility. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126130.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.



de máquinas con capacidad de imprimir objetos ha capturado de forma creciente la atención en los últimos años⁴⁴. En un Informe de enero de 2022 del Foro Económico Mundial⁴⁵, se declaran los principales desafíos para la adopción de la tecnología de impresión 3D desde el punto de vista tecnológico, organizacional y en relación al ecosistema. De forma general, este estudio revela como principales desafíos, los siguientes:

- Los costos de producción de las piezas de FA son un obstáculo principal para su adopción. El procesamiento posterior representa una parte significativa de los costos totales de las piezas.
- La estandarización es un cuello de botella, ya que su implementación requiere que las empresas aclaren las incertidumbres, aseguren la responsabilidad y aprueben los procesos de aprobación.
- Falta de integración vertical y horizontal a lo largo de la cadena de valor
- Las empresas necesitan un alto nivel de conocimientos técnicos para desarrollar aplicaciones adecuadas e implementar la fabricación aditiva en sus negocios

Siendo las principales oportunidades para el desarrollo de la Fabricación aditiva las que se mencionan a continuación:

- **Explotación de la cadena de procesos digitales.** La FA, por su naturaleza digital, es compatible con muchas otras tecnologías de la Industria 4.0. A lo largo de todo el ciclo de vida del producto (diseño, fabricación, cadena de suministro, validación, uso, servicio y fin de vida), se pueden capturar datos para mejorar el rendimiento, la eficiencia y el costo de una aplicación de FA. Las plataformas de diseño que acompañan a las FA cubren una amplia gama de niveles de automatización.
- **Nuevos materiales de FA.** El desarrollo de nuevos materiales específicamente para FA ha llevado a beneficios significativos como costos reducidos, mayor rendimiento y nuevas aplicaciones. Combinándolos con un proceso de fabricación adecuado y una cadena de proceso digital desde el diseño hasta la fabricación, las empresas pueden proporcionar aplicaciones AM muy avanzadas con mayor funcionalidad y mejor disponibilidad a un costo competitivo.
- **Redes de cadenas de suministro calificadas y flexibles.** Las características únicas de la cadena de suministro de FA tienen numerosas ventajas, como, por ejemplo, la capacidad de producir artículos en lotes individuales sin un costo mucho mayor y la capacidad de tener una producción descentralizada cerca del punto de uso. También puede crear cadenas de suministro más resistentes y flexibles, que pueden intervenir cuando la fabricación convencional no puede entregar, como sucedió con el inicio de la pandemia Covid-2019.

La fabricación aditiva es uno de los elementos clave en la transición hacia una economía circular debido a su alta eficiencia, ya que su implementación eficaz puede producir productos con menos material y mejor funcionamiento que sus equivalentes tradicionales⁴⁶. Ante el reto de contar con materiales adecuados, cada vez un mayor número de proveedores están ofreciendo **materiales de impresión a partir de fuentes recicladas y biopolímeros a partir de plantas renovables**. La fabricación

⁴⁴ CEPAL. (2021). Tecnologías digitales para un nuevo futuro. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

⁴⁵ Basso, M., Betti, F., Cronin, I., Schönfuß, B., Meboldt, M., Omidvarkarjan, D., & Seidel, C. (2022). An Additive Manufacturing Breakthrough: A How-to Guide for Scaling and Overcoming Key Challenges. ETH Zurich.

⁴⁶ AMETIC. (marzo de 2022). ¿Qué es la economía circular?. España: AMETIC.

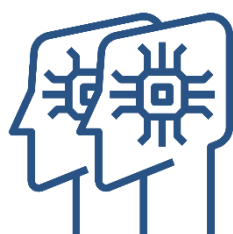
P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

aditiva expande el concepto de diseño, ya que tiene en cuenta el material, los parámetros de fabricación, la orientación de las piezas, las estructuras de soporte y todo tipo de postprocesado de los modelos 3D. A diferencia de la fabricación tradicional que siempre lleva a la generación de residuos, en la fabricación aditiva, según expone AMETIC en su estudio, **la producción se ajusta a la cantidad requerida, reduciendo el inventario y los residuos**. Además, estas piezas pueden producirse en localizaciones cercanas al cliente, **de modo que se reduzca igualmente el transporte de bienes y por lo tanto, las emisiones relacionadas**.

En el sector manufacturero, **la impresión 3D puede eliminar los residuos durante el proceso de diseño** si se emplea el prototipado para reducir al mínimo la cantidad de material sobrante en los procesos de producción⁴⁷. **También facilita el desmontaje para que los materiales puedan volver a ser utilizados en el futuro o reciclados**.

4.1.6 Gemelo digital



La utilización de los gemelos digitales se está convirtiendo en un elemento clave en la transición hacia la economía circular⁴⁸. El gemelo digital es una recopilación virtual de información sobre un producto específico y su ciclo de vida completo, desde la fase de diseño hasta la gestión al final de su vida útil, por ejemplo, en términos de reciclaje. El gemelo digital permite así un seguimiento directo y vívido de su homólogo real. La información se puede intercambiar entre diferentes procesos y actores y durante todo el ciclo de vida. Los procesos y la condición del producto se vuelven más transparentes y trazables⁴⁹.

La utilización del gemelo digital de un producto o proceso permitirá abordar los siguientes aspectos relacionados con la economía circular^{50, 51}:

- **Mejoras en el diseño y fabricación de un producto.** La información recopilada durante el ciclo de vida del producto se puede utilizar para desarrollar nuevos productos que incluyan mejoras en su diseño. Por ejemplo, se podrán definir los requerimientos de diseño relacionados con su durabilidad, circularidad y uso por parte del consumidor. En la fase de producción, el gemelo digital puede agilizar el procesamiento de pedidos personalizados y la automatización de los procesos. La información recopilada durante el ciclo de vida de un producto se puede utilizar para el desarrollo de nuevos productos, lo cual puede conducir a mejoras en el diseño del producto.

⁴⁷ Schröder, P., Albaladejo, M., & Alonso-Ribas, P. (2021). La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fomentar la resiliencia. Londres: Chatham House.

⁴⁸ AMETIC. (marzo de 2022). ¿Qué es la economía circular?. España: AMETIC.

⁴⁹ Preut, A., Kopka, J. P., & Clausen, U. (2021). Digital twins for the circular economy. , 13(18), 10467. Sustainability, 13(18), 10467.

⁵⁰ AMETIC. (marzo de 2022). ¿Qué es la economía circular?. España: AMETIC.

⁵¹ Preut, A., Kopka, J. P., & Clausen, U. (2021). Digital twins for the circular economy. , 13(18), 10467. Sustainability, 13(18), 10467.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- **Optimización del funcionamiento del producto.** Los datos recogidos durante el uso y operación de los productos permitirán optimizar su funcionamiento y detectar usos incorrectos por parte de los usuarios. Igualmente, se podrá informar al usuario sobre la necesidad de mantenimiento y/o reparaciones que contribuyan a alargar la usabilidad del producto a partir de los datos recogidos por el gemelo digital.
- **Simulación del envejecimiento del producto.** La utilización del gemelo digital permite el análisis precoz del impacto del producto resultante (emisiones GEI) facilitando la optimización del diseño para la separación de los ciclos biológico y técnico.
- **Determinación de las configuraciones de producción que optimizan la generación de residuos y mejoran la sostenibilidad.** Por ejemplo, un gemelo digital permite determinar los parámetros de control de procesos que eviten los defectos del producto, mejoren la eficiencia de recursos utilizados y reduzcan los residuos generados. Igualmente, el gemelo digital se puede utilizar para testear y validar periodos de mantenimiento alternativos para uno o más recursos productivos, lo que permite prevenir paradas no planificadas, evitar fallos en las máquinas y reducir las emisiones de CO₂.
- **Habilitación de la toma de decisiones descentralizada y basada en la información para la gestión del flujo de productos y materiales.** El gemelo digital se puede utilizar para optimizar el seguimiento y la gestión de devoluciones de productos que ya no están en uso. Según la condición y los datos de ubicación, los productos pueden ser mejor rastreados y los retornos pueden ser pronosticados. La información del gemelo digital puede, por lo tanto, utilizarse para mejorar las estructuras logísticas y técnicas de los sistemas de devolución y la gestión general del flujo de productos y materiales dentro de la economía circular. Esto hace que los flujos de materiales heterogéneos y de pequeña escala sean más manejables. Sobre la base de información detallada sobre el estado y los defectos, las decisiones sobre si un producto puede o debe reutilizarse, reacondicionarse/refabricarse o reciclarse directamente al final de una fase de uso pueden tomarse de forma descentralizada.

Las tecnologías digitales tienen un poder combinatorio sobre la Economía Circular⁵². Algunas de las actividades de EC que se benefician con la convergencia de estas tecnologías se presentan en la siguiente tabla.

⁵² Barteková, E., & Börkey, P. (2022). Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy. Obtenido de OECD Environment Working Papers No. 192: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6f6d18e7-en.pdf?expires=1649979396&id=id&accname=guest&checksum=F02705754754FA5954F4D37C3B9D73BC>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Tabla 1. Poder combinatorio de algunas tecnologías digitales en actividades de EC.

Actividades de Economía Circular	Analítica s Big Data	Inteligencia Artificial	Internet de las cosas	Computación en la nube	Cadena de bloques	Impresión 3D
1. Trazabilidad para informar acerca del origen, calidad y autenticidad de productos y materiales						
2. Parsimonia de materiales para facilitar bucles dentro de procesos de fabricación						
3. Trazabilidad de componentes y productos para mantenimiento y reparación						
4. Refabricación y fabricación descentralizada						
5. Pasaporte digital para apoyar desmontaje, reutilización y reciclaje						
6. Trazabilidad de basura para una mejor recolección y reciclaje						
7. Plataformas para compartir activos						
8. Desmaterialización y producto como servicio						
9. Plataformas de intercambio de materiales						
10. Fabricación como servicio						
11. Información de producto mejorado para ofrecer opciones al consumidor						
12. Datos y herramientas mejoradas para diseño de productos y materiales						
13. Datos y herramientas mejoradas para desmantelamiento y recuperación de materiales						

Fuente: Adaptado de (Barteková & Börkey, 2022)

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Para complementar este acápite, en el **anexo 1** se presentan Pasos de una hoja de ruta para acelerar la Economía Circular desde la Transformación Digital⁵³.

4.2 Pasaporte Digital del Producto y del ciclo de vida: herramientas de apoyo de políticas de economía circular

A partir de un estudio concienzudo de varias Estrategias de Economía Circular a lo largo del proyecto de "Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana" y en particular, de aquellas políticas con un enfoque soportado en las tecnologías digitales y de uso intensivo de los datos, se identificó el Plan de Acción de Economía Circular de la Comisión Europea, en su versión del 2020⁵⁴, como un paradigma conceptual para establecer el propio marco de evaluación del presente estudio.

Uno de los principales elementos de este Plan de Acción lo constituye el Pasaporte Digital del Producto. La Comisión Europea considera **el Pasaporte Digital del Producto** (DPP, por sus siglas en inglés), **como una herramienta para proporcionar información digital y datos sobre un producto, accesible a través de un identificador físico**⁵⁵.

En su comunicación "Un nuevo Plan de Acción de Economía Circular para una Europa más limpia y competitiva", la Comisión Europea identifica una serie de áreas en las que la transformación digital juega un papel clave para permitir la economía circular, en particular:

- **Diseño de productos sostenibles:** movilización del potencial de la digitalización de la información del producto, incluidas soluciones como pasaportes digitales, etiquetado y marcas de agua;
- **Circularidad en los procesos productivos:** promover el uso de tecnologías digitales para el seguimiento, rastreo y mapeo de recursos;
- **Construcción y edificación:** promoción de medidas para mejorar la durabilidad y adaptabilidad de los activos construidos de acuerdo con los principios de la economía circular para el diseño de edificios y desarrollo de bitácoras digitales para edificios;
- **Impulsar la transición a través de la investigación, la innovación y la transformación digital:** las tecnologías digitales pueden rastrear los viajes de productos, componentes y materiales y hacer que los datos resultantes sean accesibles de forma segura. El espacio de datos europeo para aplicaciones circulares inteligentes proporcionará la arquitectura y el sistema de gobernanza para impulsar aplicaciones y servicios como pasaportes de productos, mapeo de recursos e información del consumidor.

⁵³ CEID; Konrad Adenauer Stiftung; Basura Cero Global; Valopes. (2020). Cartilla de Economía circular. Transformación digital y analítica de datos. Tomo 4. Bogotá: CEID.

⁵⁴ https://ec.europa.eu/environment/pdf/circular-economy/new_circular_economy_action_plan.pdf

⁵⁵ Policy Hub – Circularity for Apparel & Footwear. (2021). Regulating Digital Product Passport in the EU. Obtenido de https://assets-global.website-files.com/5dcda718f8a683895d9ea394/61b89d799059ae655e65823a_DPP_Policy%20Hub%20Position%20Paper_01122021.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

El 30 de marzo de 2022, la Comisión Europea propuso un paquete de medidas legislativas como parte del Pacto Verde Europeo, anunciado previamente en el Plan de Acción de Economía Circular⁵⁶. El paquete legislativo tiene como objetivo hacer que **casi todos los bienes físicos en el mercado de la Unión Europea (UE) sean más duraderos y, por lo tanto, más respetuosos con el medio ambiente, circulares y energéticamente eficientes a lo largo de todo su ciclo de vida**, desde la fase de diseño hasta el uso diario, la reutilización y el final de su vida útil. Una de las áreas clave de este paquete es **“hacer que los productos sostenibles sean la norma”**.

La Comisión Europea está acelerando su enfoque en el espacio de datos común. Está previsto un espacio de datos europeo común para aplicaciones circulares inteligentes con datos sobre cadenas de valor e información sobre productos. En cooperación con las autoridades nacionales, se intensificarán los esfuerzos para hacer cumplir los requisitos de sostenibilidad aplicables a los productos comercializados en el mercado de la UE, en particular, a través de inspecciones y acciones de vigilancia del mercado.

Las acciones en materia de datos del Plan de Acción de Economía Circular en Europa se resumen en la figura 8.

Figura 8. Acciones en materia de datos del Plan de Acción de Economía Circular de la Comisión Europea.



Fuente: Comisión Europea

La Comisión Europea también propone actualizar la ley de consumo de la UE, que es una piedra angular del Plan de Acción de Economía Circular. Por lo tanto, para apoyar las elecciones sostenibles de los

⁵⁶ https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

consumidores, la Comisión propone modificar la Directiva sobre los derechos de los consumidores. **Los comerciantes deberán proporcionar información sobre durabilidad, reparaciones y actualizaciones.**

Los **Pasaportes Digitales de Productos** emergen en estos entornos regulatorios, como una nueva herramienta esencial para permitir un registro holístico e integral de los aspectos de sostenibilidad en el futuro. Entre otras cosas, **el DPP tiene por objeto proporcionar información coherente de "seguimiento y localización" sobre el origen, la composición, las opciones de reparación y desmontaje de un producto, así como sobre su manipulación al final de su vida útil**⁵⁷.

El DPP **proporcionará información estandarizada sobre el ciclo de vida de todos los productos regulados y brindará la capacidad de rastrear productos.** Esto significa que esos productos deberán estar equipados con un pasaporte legible por máquina que contenga información específica, que podría tomar la forma de "clases de rendimiento", que van de la A a la G, para facilitar la comparación entre productos. El DPP jugará un papel clave para permitir que los clientes tomen decisiones conscientes, basadas en el impacto ambiental de sus compras. La propuesta también introduce requisitos de transparencia en relación con la destrucción de bienes no vendidos con el objetivo de reducir el desperdicio y desincentivar la sobreproducción. Las empresas estarían obligadas a revelar la cantidad de productos desechados y la razón para hacerlo en cada etapa de la cadena de valor, desde los fabricantes hasta los mercados en línea⁵⁸.

El objetivo del DPP no solo es promover una economía circular y, por lo tanto, apoyar una transición baja en carbono, sino también superar obstáculos existentes como la falta de información. El DPP tiene el potencial de proporcionar a diferentes actores (como consumidores y empresas de gestión de residuos) información relevante sobre un producto y así forzar decisiones hacia el desarrollo sostenible (para los consumidores durante la fase de compra y uso, para las empresas de gestión de residuos durante el desmontaje y el reciclaje)⁵⁹.

En el caso de las baterías, por ejemplo, para 2026, será obligatorio, en la Unión Europea, acompañar ciertas baterías con una estructura de datos accesible en línea y vinculada a la batería física a través de un código QR. Contendrá información sobre, p. capacidad, vida útil y presencia de sustancias peligrosas⁶⁰.

Justamente, las etiquetas digitales (por ejemplo, códigos QR, Data Matrix) proporcionarán mejores formas de compartir información de fácil acceso, completa, actualizada, comparable, confiable y fácil de corregir. Además, desde una perspectiva ambiental, el etiquetado electrónico evitaría la creación de desechos adicionales en forma de más etiquetas y etiquetas colgantes o más grandes para acomodar

⁵⁷ Adisorn, T., Tholen, L., & Götz, T. (2021). Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy. *energies*, 14, 2289. doi:<https://doi.org/10.3390/>

⁵⁸ Policy Hub – Circularity for Apparel & Footwear. (2021). Regulating Digital Product Passport in the EU. Obtenido de https://assets-global.website-files.com/5dcda718f8a683895d9ea394/61b89d799059ae655e65823a_DPP_Policy%20Hub%20Position%20Paper_01122021.pdf

⁵⁹ Adisorn, T., Tholen, L., & Götz, T. (2021). Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy. *energies*, 14, 2289. doi:<https://doi.org/10.3390/>

⁶⁰ Plociennik, C., Pourjafarian, M., Nazeri, A., Windholz, W., Knetsch, S., Rickert, J., & Weidenkaff, A. (2022). Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy. *Procedia CIRP*, 122-127.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

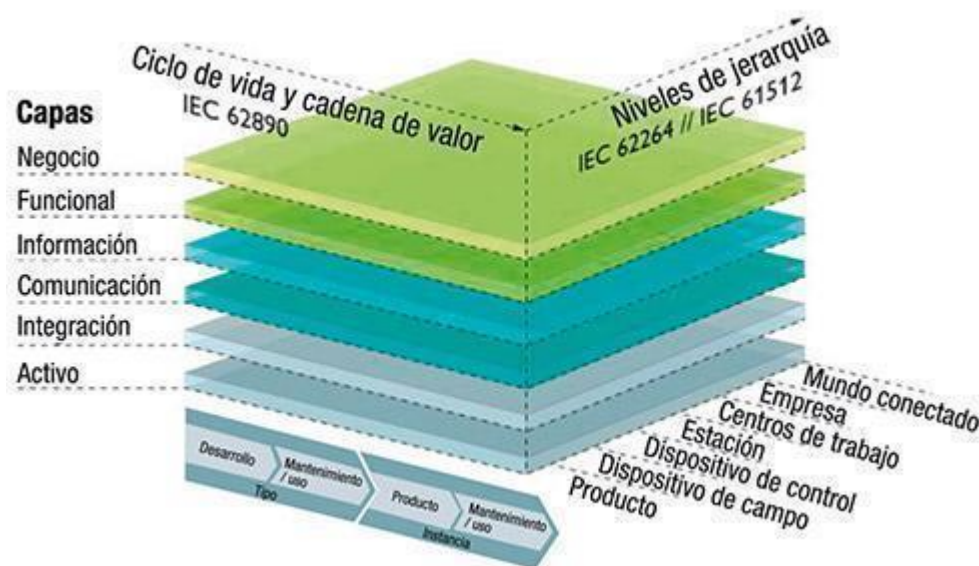
la información requerida y sus traducciones en una fuente/formato mínimo determinado⁶¹. Sobre el contenido que debe tener el Pasaporte Digital, esta organización recomienda incluir:

- Operador económico que proporcionó/cargó la información que está presente en el pasaporte;
- Operador económico que coloca el producto en el mercado;
- Composición de fibras, materiales y accesorios;
- Otra información relevante para el reciclaje;
- Alteraciones del producto inicial.

Los datos se originan en todas las fases del ciclo de vida del producto y se utilizarán para optimizar el diseño, la producción, el uso y la eliminación. La estructuración de datos relevantes para el medio ambiente en un formato estandarizado y comparable debería permitir que todos los actores en la cadena de valor y suministro trabajen juntos hacia una economía circular de manera orientada a objetivos. Al mismo tiempo, el pasaporte de producto digital pretende ser una base importante para una información más confiable del consumidor y decisiones de consumo sostenibles tanto en la venta minorista estacionaria como en línea⁶².

En el contexto de la Industria 4.0, el Modelo de Arquitectura de Referencia 4.0 (RAMI 4.0) (ver figura 9) es la base conceptual (subyacente) para la recopilación de datos.

Figura 9. Modelo de Arquitectura de Referencia de Industria 4.0 -RAMI4.0



Fuente: (Phoenix, 2016).

⁶¹ Policy Hub – Circularity for Apparel & Footwear. (2021). Regulating Digital Product Passport in the EU. Obtenido de https://assets-global.website-files.com/5dcda718f8a683895d9ea394/61b89d799059ae655e65823a_DPP_Policy%20Hub%20Position%20Paper_01122021.pdf

⁶² Adisorn, T., Tholen, L., & Götz, T. (2021). Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy. *energies*, 14, 2289. doi:<https://doi.org/10.3390/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

La dimensión del “ciclo de vida y el flujo de valor” está basada en la norma IEC 62890 (IEC, 2020) que se refiere a la gestión de ciclo de vida para sistemas y productos usado en mediciones de procesos industriales, control y automatización. Esta norma hace una clara distinción entre tipo de producto e instancia de producto. El tipo de producto está relacionado con las características comunes a todos los tipos de un activo (ej. identificador de una parte del producto) y la documentación perteneciente al activo (ej. documentos de diseño, instrucciones de ensamblaje, documentación técnica, certificados, etc). La información sobre la instancia del producto se relaciona a las propiedades de una instancia individual del tipo de activo (ej. número de serie del producto) y los datos pertenecientes a tal instancia (ej. datos de producción, datos del tiempo de vida útil, entre otros)⁶³.

Bajo este modelo se desarrolló el concepto de “capa de administración de activos” (AAS) para registrar y recuperar sistemáticamente datos sobre equipos de fabricación (Adisorn, Tholen, & Götz, 2021). El AAS representa una imagen digital del objeto de producción real, que a menudo también se denomina “gemelo digital”. La estructura del modelo de información AAS comprende una lista de submodelos en los que se modelan y almacenan varias características de un activo, como sus funcionalidades específicas y aspectos técnicos⁶⁴.

En principio, cuantos más datos relevantes se almacenen en el AAS, más preciso será el mapeo del gemelo digital. Hasta el momento, se ha utilizado principalmente en empresas industriales progresivas y, sobre todo, para optimizar los procesos y procedimientos de producción industrial interna. Los datos (si están disponibles) se pueden mapear a lo largo del ciclo de vida completo del producto, desde el desarrollo hasta el final de la vida útil del producto. Las tecnologías de información y comunicación internas de la industria y los sistemas de tecnologías IoT pueden capturar y almacenar datos continuamente en tiempo real para que el AAS pueda corresponder lo mejor posible con el objeto real en cualquier momento. En teoría, los proveedores, integradores y fabricantes pueden beneficiarse de mayores flujos de información desde la fase de uso para mejorar el rendimiento del producto y realizar un mantenimiento predictivo⁶⁵.

Extendiendo el concepto de Pasaporte de Producto Digital, surge el concepto **Pasaporte del Ciclo de Vida Digital (DLCP)**, definido por el Ministerio de Medio Ambiente alemán. Es un nodo dinámico y digital para el intercambio de información entre todos los actores involucrados en el ciclo de vida de un producto. El DLCP va más allá de la idea del pasaporte de producto digital en el sentido de que las partes interesadas a lo largo del ciclo de vida pueden leer y escribir contenido. Está destinado a ser accesible y fácil de usar para todos los actores. **Basado en datos estandarizados, cuantifica e informa los impactos ambientales y el uso de recursos naturales considerando todo el ciclo de vida de un**

⁶³ Delgado-Fernández, T. (2021). *Industria 4.0 Mínima Viable: Bases legales, teórico-metodológicas y marco conceptual*. La Habana: Cujae.

⁶⁴ Plociennik, C., Pourjafarian, M., Nazeri, A., Windholz, W., Knetsch, S., Rickert, J., & Weidenkaff, A. (2022). Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy. *Procedia CIRP*, 122-127.

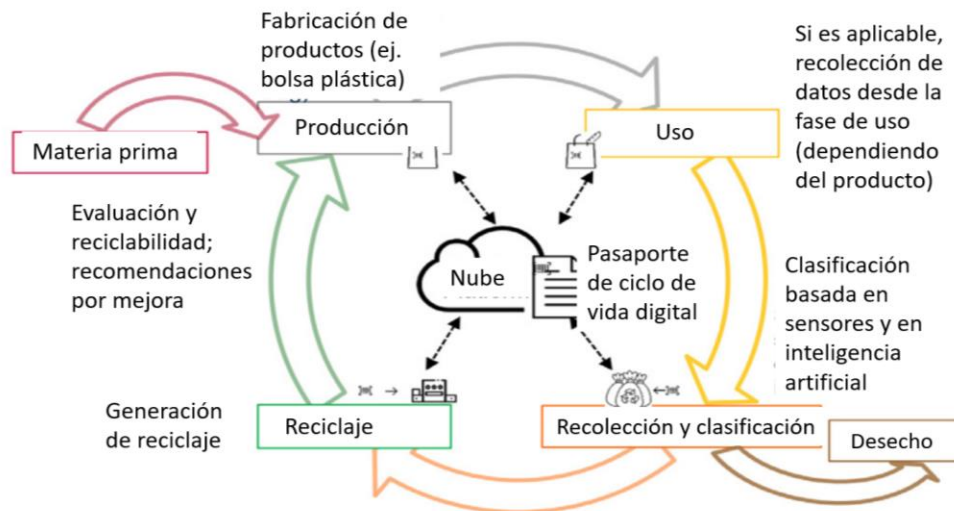
⁶⁵ Adisorn, T., Tholen, L., & Götz, T. (2021). Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy. *energies*, 14, 2289. doi:<https://doi.org/10.3390/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

producto⁶⁶. Está alojado en una plataforma en la nube y los productores, usuarios, recicladores y otras partes interesadas pueden acceder a través de una aplicación web progresiva a lo largo del ciclo de vida del producto. Esta información puede beneficiar a los recicladores más adelante en el ciclo de vida. La figura 10 muestra el papel del Pasaporte del ciclo de vida digital en una cadena circular.

Figura 10. Pasaporte digital en el ciclo de vida del producto de Economía Circular.



Fuente: adaptado de (Plociennik, y otros, 2022).

Además de mantener un control de los datos a lo largo del ciclo de vida del producto en el Pasaporte de ciclo de vida digital, es importante habilitar el servicio de una nube. La infraestructura de la nube puede constar de una nube comunitaria y una nube pública para permitir que todos los actores relevantes interactúen con los DLCP según su rol. Los diferentes roles, como el arquitecto de DLCP, el proveedor de DLCP, el analista de DLCP, el cliente de la nube y el visitante de la nube, permiten asignar derechos de acceso granular⁶⁷.

⁶⁶ Plociennik, C., Pourjafarian, M., Nazeri, A., Windholz, W., Knetsch, S., Rickert, J., & Weidenkaff, A. (2022). Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy. *Procedia CIRP*, 122-127.

⁶⁷ Plociennik, C., Pourjafarian, M., Nazeri, A., Windholz, W., Knetsch, S., Rickert, J., & Weidenkaff, A. (2022). Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy. *Procedia CIRP*, 122-127.

4.3 Modelo producto-como-servicio: habilitador de patrones sostenibles de consumo

Los nuevos modelos de “**producto como servicio**” se consideran un factor desencadenante de patrones de consumo más sostenibles⁶⁸. Las plataformas B2C (empresa-a-consumidor) son fundamentales en este esquema. La venta de servicios, en vez de productos, requiere el uso de sensores inteligentes, tecnologías de detección de localización, y plataformas de Big data de experiencia del cliente.

Según reporta IDC Forecast⁶⁹, **para 2025, se espera que se generen 79,4 zettabytes de datos a partir de aprox. 41.600 millones de dispositivos de Internet de las cosas (IoT). Una gran parte de estos datos provendrá de interacciones no personales, mediante plataformas digitales de empresa a empresa (B2B) y de empresa a cliente (B2C).** Específicamente, se generará a través de una mayor conexión con clientes, proveedores de servicios y/o fabricantes y otros socios del ecosistema. Estos datos están impulsando el cambio a la servitización. Industrias enteras están pasando de las interacciones tradicionales con los clientes a las relaciones con los clientes a largo plazo y conectadas. Están ofreciendo interacciones continuas, de baja fricción y personalizadas que impulsan nuevos niveles de conveniencia para los clientes. Pero el cambio del statu quo también ha llevado a cambiar las expectativas. Los clientes quieren servicios y productos que sean fiables y estén siempre disponibles, adaptados a sus necesidades y desarrollados y entregados de manera socialmente responsable, según asevera Accenture⁷⁰. Esta consultora formaliza la realidad que se vive en la era moderna, donde la servitización está cambiando los fundamentos mismos de la vida del hombre. Empresas como Amazon, Facebook, Google, Uber y Netflix se han convertido en parte de la vida cotidiana de muchos debido a la comodidad y la personalización de sus servicios y productos. Otras plataformas como Alibaba y Baidu, en el caso de China, han desplazado la forma tradicional de interacción entre miles de millones de personas y las industrias que se inclinan por un modelo de “Producto como servicio”.

Un **Sistema de Producto-Servicio (PSS)** es “una oferta integrada de productos y servicios que ofrece valor en uso. Un PSS ofrece la oportunidad de desvincular el éxito económico del consumo material y, por lo tanto, reducir el impacto ambiental de la actividad económica” (Mont, 2002). El sistema incluye el mantenimiento del producto, el reciclaje de piezas y el eventual reemplazo del producto, que satisfacen las necesidades del cliente de manera competitiva y con un menor impacto ambiental durante el ciclo de vida.

Según el informe de UNEP “El rol de los Sistemas de Productos-Servicios en una sociedad sostenible” (UNEP, s/a), la idea clave detrás de los sistemas de servicios de productos es que los consumidores no demandan productos en sí mismos, sino que buscan la utilidad que estos productos y servicios brindan. Al utilizar un servicio para satisfacer algunas necesidades en lugar de un objeto físico, se pueden

⁶⁸ Schröder, P., Albaladejo, M., & Alonso-Ribas, P. (2021). La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fortalecer la resiliencia. Londres: Chatham House.

⁶⁹ <https://web.archive.org/web/20210102101203/https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45213219>

⁷⁰ <https://www.accenture.com/us-en/blogs/industry-digitization/servitization-as-a-product-strategy>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

satisfacer más necesidades con menores requisitos de material y energía. Los PSS constituyen un tipo de estrategia de modelo de negocio circular “modelo de acceso y rendimiento”, donde las necesidades del cliente se satisfacen sin que el cliente tenga propiedad sobre el producto. y parte de la estrategia de modelo de negocio de ciclo lento (Vargas, y otros, 2022). Se describe como uno de los arquetipos de modelos de negocios sostenibles del tipo "entregar funcionalidad en lugar de propiedad", que requiere un componente de innovación de tipo social.

En una transición de una economía lineal a una circular, los PSS son una de las soluciones de modelo de negocio más interesantes donde, en lugar de comprar productos, los clientes pagarán para usarlos, mientras que el fabricante podrá seguir siendo el propietario del producto con el fin de brindar servicios de valor agregado a lo largo de su ciclo de vida y garantizar una responsabilidad extendida del productor⁷¹.

La evolución de los PSS en la época de los Sistemas de Producción Ciberfísicos, característicos de la Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial, ha dado lugar a los “Smart PSS” o PSS Inteligentes (Sistemas Producto-Servicio Inteligentes). Los PSS inteligentes están habilitados por la amplia adopción de los Sistemas de Producción Ciberfísicos, de los cuales la Tecnología de la Información está integrada en el propio producto para la creación de valor⁷².

Otro concepto que está íntimamente relacionado con el modelo “Producto como Servicio” o Sistema Producto-Servicio, es el de Producción Ajustada o Lean. El concepto “Sistemas de Producto-Servicio Lean Circulares”⁷³ tiene como objetivo evolucionar los negocios tradicionales y los modelos de negocio de PSS:

- Desde operaciones integradas sostenibles de fabricación y servicios hasta restaurativas y regenerativas.
- Desde ofertas de valor aisladas (productos y servicios independientes) hasta soluciones integradas de productos y servicios.
- De los sistemas producto-servicio (enfoque sistémico) a los ecosistemas producto-servicio (enfoque holístico).
- De la sostenibilidad como requisito a una nueva fuente de flujos de ingresos a través de la servitización y los modelos comerciales circulares.
- De la sustentabilidad ambiental a la sustentabilidad ambiental, el capital social y el crecimiento económico desdoblado forman impacto ambiental.
- De una economía lineal a una economía circular.

⁷¹ UNEP. (s/a). The role of Product-Service Systems in a sustainable society. UNEP.

⁷² Zheng, P., Wang, Z., Chen, C. H., & Khoo, L. P. (2019). A survey of smart product-service systems: Key aspects, challenges and future perspectives. *Advanced Engineering Informatics*, 42, 100973.

⁷³ Romero, D., & Rossi, M. (2017). Towards circular lean product-service systems. *Procedia CIRP*, 13-18.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

El paradigma Lean Production (LP) es un enfoque de gestión que se centra en la eliminación de desperdicios y la mejora de la producción y la calidad⁷⁴. Las características de un enfoque LP⁷⁵ son las siguientes:

- Eliminación de desechos
- Satisfacción de las necesidades del cliente
- Generación de valor
- Persecución de la perfección
- Garantía de fiabilidad
- Proporcionar una mejora continua
- Reducción de los plazos de entrega

En estos estudios se puede apreciar cómo el pensamiento Lean permite el logro de la circularidad, al introducir PSS inteligentes en el mercado, lo cual es una dirección interesante para lograr un monitoreo a lo largo de la cadena de valor de cero desechos, con su consecuente impacto sobre la circularidad y sostenibilidad.

Para lograr un cambio en el paradigma de consumo y pasar de un modelo de recurso lineal a un modelo de recurso circular, es necesario apoyar el diseño con la servitización, que es el facilitador subyacente del fenómeno de los PSS⁷⁶. *Servitización* es la transición hacia sistemas de software de servicios de productos inteligentes y facilita la creación y captura de valor a través de la supervisión, el control, la optimización y la función autónoma. La implementación de servicios digitales o 'inteligentes', el movimiento hacia nuevos modelos de negocios, la creación de valor conjunto con los clientes, la implementación del conocimiento, la sostenibilidad del servicio del producto y la mejora del rendimiento para la empresa y los clientes están imbricados con la servitización⁷⁷.

La servitización es una de las megatendencias rentables de la sociedad tecnológica actual. Es un proceso que ayuda a crear valor para los bienes manufacturados al agregar servicios a los productos⁷⁸.

Otro término de interés en este contexto es el de Sistema inteligente de producto-servicio (Smart PSS), que se entiende como la integración de productos inteligentes y servicios electrónicos en soluciones únicas. Los productos inteligentes utilizan las TIC para recopilar, procesar y producir datos, mientras que los servicios electrónicos son portales web, aplicaciones y medios que ayudan a la comunicación entre proveedores y consumidores.

⁷⁴ Taddeo, R., Simboli, A., Di Vincenzo, F., & Loppolo, G. (2019). A bibliometric network analysis of lean and clean (er) production research(1990/2017).t,653, 765–775. *Science of the Total Environment*, 765-775.

⁷⁵ Ciliberto, C., Szopik-Depczyńska, K., Tarczyńska-Luniewska, M., Ruggieri, A., & Loppolo, G. (2021). Enabling the Circular Economy transition: A sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3255-3272.

⁷⁶ Vargas, J. P., Muñoz Lagos, A. P., Feriz Torres, J. G., Kinney, I. S., Pérez Cortés, S., & Hurtado, J. P. (2022). Achieving Circularity through Novel Product-Service Systems in the Mining Industry: An Opportunity for Circularity. *Sustainability*, 14(6), 36.

⁷⁷ Bastianello, C. (2020). The relationship between servitization and circular economy in the industry 4.0 scenario. *UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA*.

⁷⁸ Atif, S., Ahmed, S., Wasim, M., Zeb, B., & Pervez, Z. Q. (2021). Towards a conceptual development of Industry 4.0, servitisation, and circular economy: a systematic literature review. *Sustainability*, 13(11), 6501.

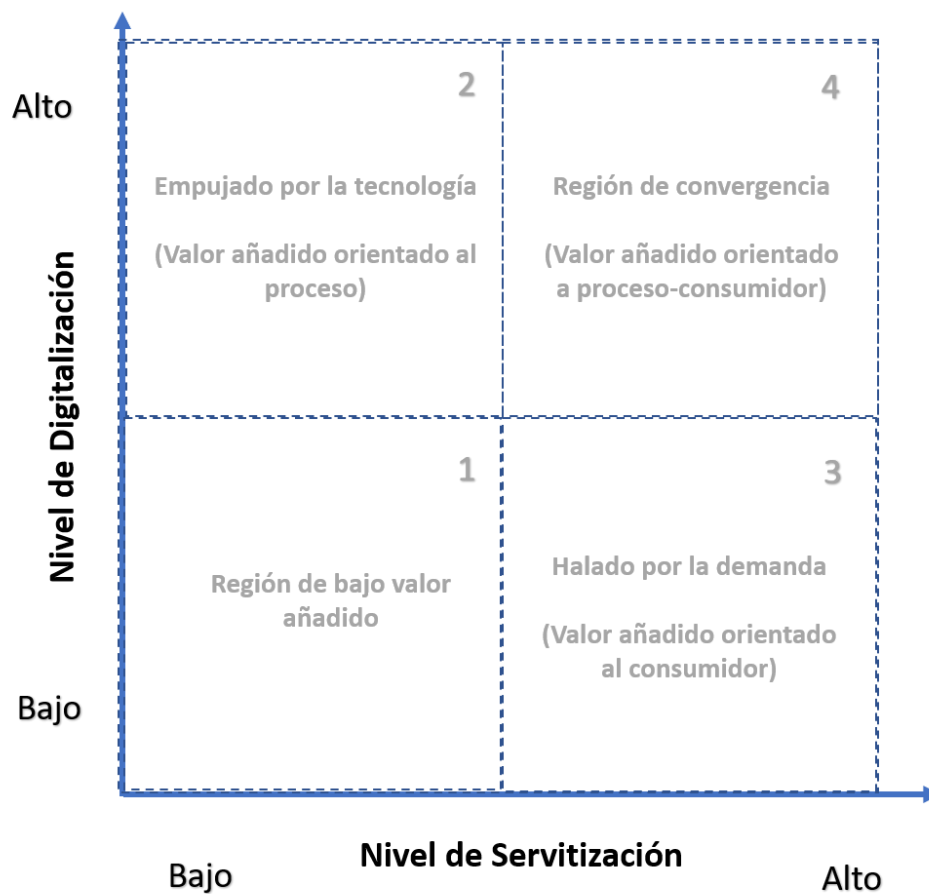
P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Otras tecnologías clave de la Industria 4.0, como es el caso de la Internet de las Cosas (IoT), están ayudando a cerrar el ciclo, al hacer que PSS sea mejorado con nuevas funcionalidades que pueden usarse para reducir factores críticos como el costo y el impacto ambiental. IoT también puede ayudar a reducir los riesgos al predecir dichos factores a través del análisis de big data⁷⁹.

Una empresa o iniciativa puede ser evaluada según la trayectoria que sigue la innovación atendiendo a la servitización y a la digitalización que trae aparejada la Industria 4.0⁸⁰, mediante los cuatro cuadrantes de la figura 11.

Figura 11. Trayectoria de la Innovación hacia la Industria 4.0.



Fuente: (Frank, Mendes, Ayala, & Ghezzi, 2019)

Este marco conceptual de la trayectoria de innovación hacia la industria 4.0 permite mostrar a los tomadores de decisiones estratégicas cómo combinar ofertas de servicios y tecnologías digitales (niveles de digitalización); como resultado, puede ayudar a los gerentes a alinear el crecimiento de sus

⁷⁹ Pirola, F., Boucher, X., Wiesner, S., & Pezzotta, G. (2020). Digital technologies in product-service systems: A literature review and a research agenda. *Comput. Ind.*, 123, 103301.

⁸⁰ Frank, A. G., Mendes, G. H., Ayala, N. F., & Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Chang*, 341-351.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

ofertas de servicios con las decisiones sobre la digitalización de su negocio y la transformación relacionada.

La servitización está vinculada principalmente a la trayectoria de innovación impulsada por la demanda. A medida que las industrias y los mercados actuales pasan del consumo de productos a la demanda orientada a los resultados, los consumidores anticipan recibir servicios complementarios que mejoran su experiencia general al realizar compras o ponerse en contacto con sus bienes y servicios⁸¹.

Como se puede ver en este modelo, el cuadrante “deseado” sería el cuarto donde convergen altos niveles de servitización (enfoque de valor añadido orientado al consumidor) con altos niveles de digitalización (valor añadido orientado a procesos digitales). Este cuadrante es el que se relaciona con la Industria 4.0 y considera servicios de alta tecnología que pueden aportar valor tanto al cliente como a los procesos internos de las empresas. Este es el único nivel de digitalización para la servitización que cumple con el concepto propuesto de Industria 4.0. como una nueva etapa de madurez industrial de las empresas de productos, basada en la conectividad proporcionada por la Internet industrial de las cosas, donde las empresas, los productos y los procesos están interconectados e integrados para lograr un mayor valor, tanto para los clientes como para los procesos internos de las empresas. Sin embargo, esto no significa que los tomadores de decisiones deban apuntar siempre a alcanzar el nivel más complejo de servitización (en términos de complejidad de transformación), ya que esto puede depender de las opciones estratégicas derivadas del modelo de negocios de la empresa y del estado actual de madurez o alistamiento para la Industria 4.0.

Figura 12. Industria 4.0 y la Economía circular



Fuente: Elaboración propia

⁸¹ Atif, S., Ahmed, S., Wasim, M., Zeb, B., & Pervez, Z. Q. (2021). Towards a conceptual development of Industry 4.0, servitisation, and circular economy: a systematic literature review. *Sustainability*, 13(11), 6501.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

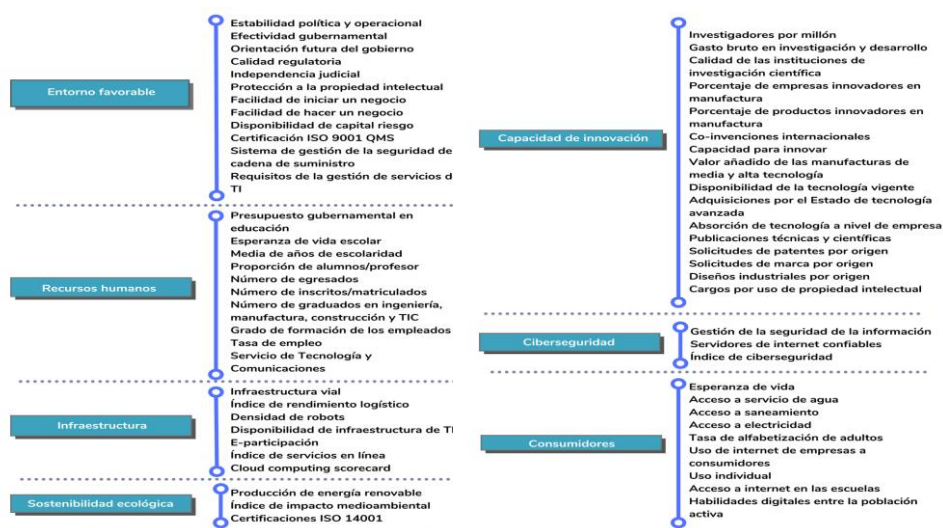
5 Metodología

5.1 Metodología para la evaluación del alistamiento en Industria 4.0 de países en vías de desarrollo

Los objetivos de la industria 4.0 (I4.0) son mejorar la competitividad acelerando el crecimiento de nuevas áreas de negocio. Una plataforma de Industria 4.0 no sólo puede proporcionar mejoras en la forma en que las empresas operan sus activos de fabricación, sino que también abre las puertas a nuevos mercados mediante el desarrollo de productos e incluso servicios inteligentes innovadores⁸². Por lo tanto, para alcanzar los beneficios y objetivos de la Industria 4.0, los componentes esenciales de la plataforma deben utilizarse de forma armoniosa; para ello, existe una metodología que analiza la situación actual, las políticas y los avances basado en el estudio 'Modelo de evaluación de la preparación global para la Industria 4.0 (GRAMI4.0)' en el que se presenta un modelo holístico que utiliza métricas estándar comparables a nivel mundial para determinar la preparación de un país para la I4.0.

La preparación de un país para la I4.0 es una entidad compleja que debe determinarse cuantitativamente. Además, es crucial la recopilación de datos suficientes y fiables. Cada uno de los pilares de la preparación para la I4.0 se adoptan combinando los factores de macro transformación representan un área crucial en el desarrollo industrial socioeconómico de una nación, estos pilares se agrupan en 7 dimensiones, los cuales son: (i) **Entorno favorable**, (ii) **Recursos humanos**, (iii) **Infraestructura**, (iv) **Sostenibilidad ecológica**, (v) **Capacidad de innovación**, (vi) **Ciberseguridad** y (vii) **Consumidores**⁸³. Estas dimensiones incluyen 63 indicadores lo cuales se presentan a detalle en la Figura 1.

Figura 13. Indicadores por cada dimensión considerada para el análisis sobre el desarrollo de la industria I4.0



⁸² Lee, J., Bagheri, B., Kao, H. A., & Lapira, E. (2015). Industry 4.0 and Manufacturing Transformation. Manufacturing Leadership Journal, 6(1), 36–43. Disponible en: <http://www.mjournal-digital.com/meleadershipjournal/201502?pg=42#pg1>

⁸³ Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI: 10.1108/BIJ-07-2020-0354

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Fuente: Adaptado de Tripathi, S. y Gupta, M.⁸⁴

Estas dimensiones fueron planteadas en el estudio “*A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment*”, a partir del análisis de 53 publicaciones relevantes y es por ello la importancia que tomará en el desarrollo del producto.


⁸⁴ Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI: 10.1108/BIJ-07-2020-0354

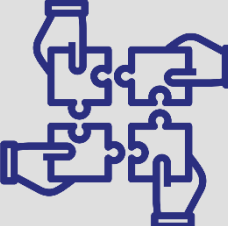
P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.


Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

DIMENSIÓN 1: ENTORNO NACIONAL FAVORABLE

Esta dimensión se refiere al marco institucional mediante la medición del **entorno político, reglamentario, de normalización y empresarial** de un país.


	<p>El pilar político evaluará el liderazgo del país mediante tres indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Estabilidad política y operativa: evaluará el impacto de los riesgos políticos, operativos o de seguridad en las operaciones industriales.- Eficacia del gobierno: evaluará la calidad de los servicios gubernamentales, estabilidad y capacidad de gestión antes riesgos que afecten a las industrias.- Orientación futura del gobierno: evaluará la rapidez de adaptación, a partir del marco legal, a los modelos de negocios digitales, cambios tecnológicos y su visión a largo plazo en referencia a ello.
---	--

	<p>El entorno regulatorio se evalúa utilizando como indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- La calidad regulatoria: evaluará la capacidad del Estado en formulación y delegación de regulaciones en aras de promover el desarrollo industrial.- La independencia judicial: evaluará la independencia de los organismos reguladores de la influencia externa.- La protección de la propiedad intelectual, evaluará la seguridad sobre los activos virtuales de propiedad intelectual y de datos.
--	---

	<p>El pilar del entorno empresarial determinará las condiciones para la innovación, el espíritu empresarial y la disponibilidad de financiación para las empresas utilizando como indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Facilidad para iniciar un negocio: evaluará el número de procedimientos y/o recursos necesarios para crear una empresa.- Facilidad para hacer negocios: evaluará el número de procedimientos y/o recursos necesarios para el funcionamiento de una empresa.- Disponibilidad de capital riesgo: evaluará la predisposición por parte de las instituciones financieras e inversores.- Índice de densidad de registro de nuevas empresas, contabilizará los nuevos emprendimientos iniciados por cada 1000 personas dentro del rango de 15 a 64 años de edad.
---	---


P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.


Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.


	<p>La normalización determina el nivel de madurez de un método o tecnología a partir de normas reconocidas como ISO, UIT, ISOC, ETSI, ISF, RFC, ISA, IEC, NERC, FIPS, PCI DSS, etc. y estos son evaluados por el número de certificados de normas ISO emitidos para:</p> <ul style="list-style-type: none">- Los sistemas de gestión de la calidad.- Los sistemas de gestión de la seguridad de la cadena de suministro.- Los requisitos de gestión de los servicios de TI.
---	---

DIMENSIÓN 2: RECURSOS HUMANOS

Esta dimensión mide la disponibilidad de mano de obra cualificada necesaria para apoyar la transformación de la I4.0. Los tres pilares evalúan el **nivel de educación básica, la educación terciaria en áreas relevantes y la empleabilidad.**

	<p>Los niveles de educación básica se evaluarán con los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- El gasto gubernamental en educación: se evaluará a partir del porcentaje de PBI destinado a educación.- La esperanza de vida escolar.- Los años medios de escolarización.- La proporción de alumnos por profesor: evaluará la calidad del sistema educativo..
--	---

	<p>La educación terciaria se evaluará mediante los indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Número de egresados.- Número de inscritos en ingeniería, fabricación, construcción y TIC (telecomunicaciones).- Graduados en ingeniería, fabricación, construcción y TIC (telecomunicaciones).
---	---

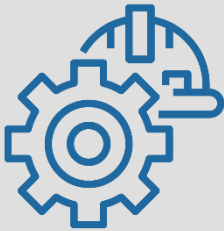
	<p>El pilar de la empleabilidad representa la población cualificada actual útil para la transformación I4.0 mediante la evaluación de los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- El grado de formación de los empleados.- El nivel de empleo: mide la proporción de de profesionales colectivamente en la categoría de alta cualificación con respecto al total de profesionales en activo.- Los servicios de TIC expertos: cuantifica los profesionales de TIC cualificados.
---	---


P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

DIMENSIÓN 3: INFRAESTRUCTURA


Es la dimensión que mide el estado de la **infraestructura física y digital** del país para un exitoso desarrollo de la I4.0.

	<p>La infraestructura física se evaluará mediante tres indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Disponibilidad de infraestructura vial: se evaluará como resultado de la capacidad del rastreo de envíos, puntualidad, tarifas de transporte aéreo, calidad de la infraestructura vial, densidad ferroviaria y datos de servicio portuario.- Índice de rendimiento logístico: tomará en cuenta las regulaciones comerciales y disponibilidad de recursos logísticos.- Densidad de robots: mide la capacidad de automatización e incorporación de robots colaborativos.
---	---

	<p>Para evaluar la infraestructura digital se utilizan indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Disponibilidad de infraestructura de TIC: se evaluará a partir de la suscripción y velocidad de la banda ancha fija así como la velocidad de internet móvil.- Participación electrónica e Índice de servicios en línea: se evaluarán la calidad de los sitios web del gobierno y sus servicios en línea a los ciudadanos- Cloud computing score: medirá el panorama de las políticas de computación en la nube del país.
---	---

DIMENSIÓN 4: SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA

La dimensión sostenibilidad ecológica y sus componentes es un área de interés; sin embargo, no significa un factor de influencia de la I4.0. Sin embargo, la sostenibilidad ecológica debería ser para todas las naciones.


	<p>Los indicadores que son tomados en cuenta en esta dimensión son:</p> <ul style="list-style-type: none">• Índice de protección del medio ambiente (EPI)• Número de certificados ISO 14001 emitidos en un país: evaluará el cumplimiento industrial de las medidas medioambientales.• Producción de energía renovable en el país.
---	--


P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

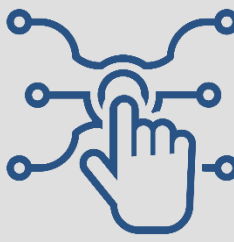
Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

DIMENSIÓN 5: CAPACIDAD DE INNOVACIÓN

Esta dimensión es un proceso complejo que inicia con la generación de ideas, que dan lugar a invenciones, y sólo unas pocas llegan a comercializarse. Las innovaciones mejoran la productividad económica sólo si llegan a los mercados deseados y alcanzan el éxito comercial. La innovación tiene lugar dentro de un ecosistema de múltiples factores como el pilar de la investigación, la innovación industrial, la tecnología y los activos de propiedad intelectual.


	<p>El pilar de investigación evalúa los recursos humanos capaces, el marco disponible para generar estas ideas y para generar resultados aplicables y factibles. Este pilar tiene cuatro indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Investigadores por millón de habitantes.- Gasto bruto en investigación y desarrollo (GRED) como % del PIB.- Calidad de las instituciones de investigación científica- Colaboración de la investigación universidad-industria, para poder analizar el alcance de las investigaciones orientadas a la industria.
---	--

	<p>La innovación industrial mide los beneficios comerciales obtenidos de estas innovaciones y la aptitud de comercialización entre las organizaciones empresariales. Los indicadores para evaluar este pilar son:</p> <ul style="list-style-type: none">- Porcentaje de empresas innovadoras- Porcentaje de innovación de productos- Las co invenciones internacionales- La capacidad de innovación
---	---

	<p>El uso de tecnología avanzada se mide a partir de los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Cuota de valor añadido de la fabricación de media y alta tecnología: se evaluará tomando el porcentaje del valor añadido total de la manufactura- La disponibilidad de las últimas tecnologías: evaluará los avances tecnológicos- La adquisición de tecnologías avanzadas por parte del gobierno- La absorción de tecnología por parte de las empresas: evaluará la capacidad de asimilación de empresas hacia nuevas tecnologías
---	---


P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>Los activos de PI miden la propiedad intelectual de un país a partir de los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Solicitudes de patentes por origen- Publicaciones científicas y técnicas- Solicitudes de marcas por origen- Diseños industriales por origen,- Cargos por uso de recepción de PI: indicarán el uso de los activos de PI por parte de los no residentes.
---	--

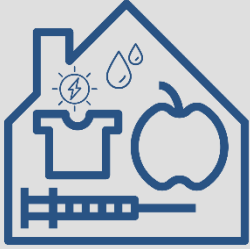
DIMENSIÓN 6: CIBERSEGURIDAD

La ciberseguridad es, actualmente, una preocupación crucial para las naciones en la era de la digitalización. La base de la I4.0 es la integración, la interconectividad y la digitalización, una gran cantidad de datos y activos estarán disponibles en plataformas digitales.

	<p>Una infraestructura de ciberseguridad juega un papel fundamental en el escenario de la I4.0 y ella se evalúa en base a los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- La gestión de la seguridad de la información: evaluará la sensibilidad de la seguridad de la información haciendo uso de los datos de la certificación ISO/IEC 27001- Servidores de Internet seguros: se evaluará a partir del número de certificados TLS/SSL emitidos por millón de personas.- Índice de ciberseguridad: evaluará el compromiso del país hacia la ciberseguridad.
---	--

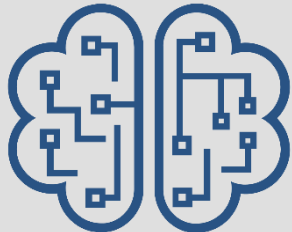
DIMENSIÓN 7: CONSUMIDORES

El objetivo último de las operaciones industriales es la satisfacción del cliente; es por ello, para desarrollar una economía industrial, los ciudadanos deben tener primero una esperanza de vida saludable y satisfacer sus necesidades básicas.

	<p>El pilar de necesidades básicas se evaluará haciendo uso de los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- La esperanza de vida .- El acceso al agua.- El acceso al saneamiento.- El acceso a la electricidad.- La tasa de alfabetización de adultos.
---	--

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>El pilar de la conciencia digital evaluará la capacidad de la población para hacer un uso efectivo de los servicios en línea y las TIC. Esto se mide utilizando los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- El uso de Internet B2C.- El uso individual.- El acceso a Internet en las escuelas.- Las habilidades digitales entre la población activa.
---	---

Las naciones se compararon en base a sus puntuaciones agregadas para los KPI identificados. Los conjuntos de datos utilizados en el estudio no se recogen específicamente para este análisis científico y a menudo no se pueden utilizar en bruto para los estudios comparativos. Además, los datos procedentes de distintas fuentes tienen formatos diferentes. Los datos brutos de los KPI se presentan en forma de números, ratios, porcentajes y puntuaciones en una escala de 0 a 100 o de 1 a 7. Los datos se convirtieron en puntuaciones de preparación mediante la normalización y se asigna a cada nación una puntuación de preparación para cada métrica en una escala de 0 a 1 siendo 0 el mínimo valor y 1 el máximo valor, para ellos se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$c(valor) = \frac{C(país) - C_{min}}{C_{max} - C_{min}}$$

C(valor) es el valor normalizado para un país que tiene un valor absoluto como C(país) para un indicador en particular. Cmin y Cmax representan el mínimo y máximo valor de los indicadores para un país en su conjunto de datos, respectivamente. Por lo tanto, el GRAMI4.0 da igual peso para cada dimensión en evaluación.

En síntesis, **la metodología GRAMI4.0, abarca conceptos como la tecnología, la innovación y las TIC** que si bien son fundamentales y críticas para determinar que el país está listo para integrar este cambio, va más allá y adopta un enfoque holístico para medir la preparación, ya que existen otros factores que contribuyen igualmente, como la disponibilidad y nivel de capacitación de los trabajadores de las empresas del país para implementar la tecnología, la base de consumidores digitalmente activos, el entorno nacional y la infraestructura de transporte. Además, se capturan otros factores necesarios para el desarrollo económico de una sociedad, como los niveles de educación, las necesidades básicas, la sostenibilidad ambiental y la conciencia digital de la población.

Por esta razón, **para realizar la evaluación de la situación de los países** (Ecuador, República Dominicana, Paraguay y El Salvador) respecto a su posición en el marco de la cuarta revolución industrial **se utilizó la información proporcionada por la metodología GRAMI 4.0 explicada en los párrafos anteriores**, basándose en el análisis de 7 dimensiones, 17 pilares y 63 indicadores realizado por Tripathi, S., Gupta, M. (2021), para construir una imagen integral de la preparación del país para la adopción de la I4.0. Estos factores integrados, aseguran la generación de una imagen holística de los países, que indicará su preparación para la incorporación de la I4.0 en este.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Para poder integrar la información necesaria para la construcción del modelo, se ha requerido la búsqueda de diferentes fuentes de información, validadas y reconocidas. Organizaciones como el Banco Mundial, UNESCO, UN, ISO son algunas de estas, así como información de distintos índices globales que recopilan algunos indicadores necesarios para la construcción del modelo como el Global Innovation Index (GII), el Global Enabling Trade Index (EIT) o el Global Competitiveness Index (GTI). Asimismo, con el fin de asegurar la mejor recopilación de información posible, se contactó a la autora del modelo para poder complementar la búsqueda de fuentes de indicadores, así como con organismos públicos de los países estudiados, con el fin de construir lo mejor posible el modelo y con información actualizada.

5.2 Metodología de evaluación de las tendencias de Industria 4.0 en las iniciativas circulares de Cuba, Ecuador, El Salvador, Paraguay y República Dominicana

Para el presente estudio, se ha concebido un marco de evaluación de iniciativas industriales seleccionadas de Economía Circular de los cinco países estudiados (Cuba, Ecuador, El Salvador, Paraguay y República Dominicana), respecto a las tendencias de Industria 4.0 que impulsan la innovación y facilitan la Economía Circular. Es una evaluación exploratoria. El objetivo es levantar casos donde algunas de las dimensiones estudiadas tengan algún nivel de desarrollo, para revelar buenas prácticas. Considerando que son mega tendencias de países desarrollados, a priori no se espera una evaluación exhaustiva con fines comparativos. Se pretende levantar algunas iniciativas que marchen a la vanguardia o exhiban algún nivel de desarrollo en las dimensiones del marco, que puedan servir de ejemplos para ser socializados.

En ese sentido, para el análisis de los actores respecto a sus avances en la Industria 4.0, el equipo técnico de DEUMAN plantea el uso del test Circularidad & I4.0 el cual se ha elaborado a partir de la revisión bibliográfica de artículos científicos como el de Antony, McDermott & Sony⁸⁵ quienes evalúan **la preparación ante la implantación de la Industria 4.0 en las organizaciones** a partir de diez dimensiones las cuales son: (1) la preparación tecnológica, (2) la adaptabilidad de los empleados a las Industria 4.0, (3) los productos y servicios inteligentes, (4) la digitalización de las cadenas de suministros, (5) el alcance de la transformación digital de la organización, (6) la preparación de la estrategia organizativa de la Industria 4.0, (7) modelo de negocio innovador, (8) el liderazgo y el apoyo de la alta dirección a la Industria 4.0, (9) la cultura organizativa y (10) los sistemas de recompensa y reconocimiento de empleados. Así mismo, se consideró la metodología de Murat, Zeeshan y Korhan⁸⁶ para evaluar la preparación y madurez de las empresas en la Industria 4.0, esta se evalúa en cuatro dimensiones denominada: Fábrica 4.0, Logísticas 4.0, Operador 4.0 y Gestión 4.0. Se tomaron en cuenta ambas tecnologías y se **propone una nueva que abarca cinco dimensiones principales**, como se identifica en la Figura 14.

⁸⁵ Antony, J., Sony, M., McDermott, O. (2021) Conceptualizing Industry 4.0 readiness model dimensions: an exploratory sequential mixed-method study. DOI 10.1108/TQM-06-2021-0180

⁸⁶ Çınar, Z.M.; Zeeshan, Q.; Korhan, O. (2021) A Framework for Industry 4.0 Readiness and Maturity of Smart Manufacturing Enterprises: A Case Study. Sustainability 2021, 13, 6659. <https://doi.org/10.3390/su13126659>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Figura 14. Dimensiones del marco de evaluación de Circularidad&I4.0.



Fuente: Elaboración propia.

Los factores a evaluar para cada dimensión se relacionan en el **Anexo 2**.

6. Evaluación de la situación de cada país participante respecto de su posición en el marco de la cuarta revolución industrial

6.1 Análisis de Industria 4.0 en Ecuador

6.1.1 Análisis gubernamental

En **Ecuador** la dependencia de la economía extractiva exige una transición hacia una economía basada en el conocimiento. En este ámbito, las TIC cumplen un papel fundamental y es por ello que **la digitalización de la producción, comercialización y consumo es el primer paso hacia una economía digital**. En este sentido, la competitividad de la economía digital de un país se mide según su estado actual de digitalización y su ritmo de digitalización a lo largo del tiempo, medido por la tasa de crecimiento de la puntuación de digitalización de un país en un periodo de diez años. Este ritmo de digitalización, es un indicador principal del futuro potencial y las perspectivas digitales de un país. Por lo tanto, tomando en cuenta el Índice de Evolución Digital: Edición Latinoamérica y El Caribe⁸⁷, Ecuador es uno de los países que más ha avanzado digitalmente desde 2008 a partir de la relativa estabilidad de sus instituciones, los focos de innovación y las recientes mejoras en infraestructura de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para atender la creciente demanda de bienes y servicios digitales. **El segundo paso es la transformación digital de las empresas y requiere de un cambio en los procesos de negocios** que incluya la adopción de tecnologías emergentes, con el fin de aprovechar sus beneficios y fomentar su uso en: gobierno, industria, academia y ciudadanía.

⁸⁷ Institute for Business in the Global Context (2018) Digital Evolution Index: Latin American and Caribbean. Disponible en: https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2020/03/DEI-LAC_Executive-Summary_27Nov2018.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

De acuerdo a la conexión entre Economía Circular y la Industria 4.0, se han implementado políticas que pueden servir para un mejor desarrollo de estos conceptos en el país, estas políticas están detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 1. Regulaciones para el fomento de la industria 4.0 en Ecuador

Normativa	Fecha de aprobación/publicación	Extracto
Código Orgánico Administrativo ⁸⁸	2017	Este Código, a cargo de regular el ejercicio de la función administrativa de los organismos que conforman el sector público, promueve el uso de nuevas tecnologías y medios electrónicos dentro de las actividades a cargo de las administraciones y alienta a utilizar nuevas tecnologías de la información en los trámites administrativos.
Reglamento al Código Orgánico del Ambiente ⁸⁹	2019	Del Reglamento, en el Título de Gestión del Cambio Climático, Capítulo VII: Transferencia de tecnología y gestión del conocimiento, se considera la identificación y evaluación de las necesidades tecnológicas en materia de cambio climático que contribuyan a la innovación y desagregación de la tecnología así como que contribuyan a la generación de beneficios sociales, económicos y ambientales además de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
Agenda Digital 2021-2022 ⁹⁰	2021	Esta agenda está definida en 5 ejes: infraestructura digital, cultura e inclusión digital, economía digital, tecnología emergentes para el desarrollo sostenible y gobierno digital. El documento busca consolidarse como instrumento que promueve la reactivación integral después de la pandemia, sentando las bases para prepararse ante otras posibles emergencias y fortaleciendo en consecuencia la ruta nacional hacia la transformación digital y la industria 4.0.
Propuesta de Ley de Transformación Digital	2020	La propuesta a la Ley de Transformación Digital busca reducir la brecha digital que hoy existe en el Ecuador por la falta de conectividad y el acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación. Otra de las aristas de esta propuesta es la economía digital que engloba al uso de las tecnologías, servicios, productos, técnicas y habilidades digitales en los modelos económicos. En este contexto, los beneficios esperados con la aprobación del proyecto de ley corresponden al aporte de las tecnologías al PIB y por ende al desarrollo social y económico nacional aún

⁸⁸ Órgano del Gobierno de Ecuador (2017) Código Orgánico Administrativo. Disponible en: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/11/COA.pdf>

⁸⁹ Registro Oficial (2019) Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. Decreto Ejecutivo 752 Disponible en: <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>

⁹⁰ MINTEL (2021) Agenda digital : Ecuador 2021-2022 Conectar - Incluir - Innovar. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Agenda-Digital-del-Ecuador-2021-2022-222-comprimido.pdf>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		no potencializado a gran escala en Ecuador.
Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones	2018 (última modificación)	<p>Tiene como fines principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Transformar la Matriz Productiva potenciando servicios basados en el conocimiento y la innovación. ● Generar un sistema integral para la innovación y el emprendimiento. ● Promocionar la capacitación técnica y profesional basada en competencias laborales y ciudadanas. ● Potencia la sustitución estratégica de importaciones, así como fomentar y diversificar las exportaciones.
Libro Blanco de la Sociedad de la Información	2018	<p>A nivel nacional, el país ha iniciado su transformación a la Industria 4.0 con mayor fuerza a partir del año 2018 con la presentación del Libro Blanco de la Sociedad de la Información y el Conocimiento⁹¹ en el ámbito de las competencias del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información enmarcadas en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida”, en este libro de presentan estrategia que pueden desarrollarse en cinco ejes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Infraestructura y conectividad, para disminuir la brecha de conectividad. 2. Gobierno electrónico que contemple el análisis sobre el desenvolvimiento del gobierno electrónico para un gobierno abierto, cercano, eficaz y eficiente. 3. Inclusión y habilidades digitales, que enmarquen el fortalecimiento de la inclusión y las habilidades digitales de los ciudadanos, para mejorar sus oportunidades dentro del campo laboral. 4. Seguridad de la información y protección de datos personales, para mejorar la gestión de la seguridad de la información tanto en la Academia, así como en las empresas. 5. Economía digital y tecnologías emergentes: Eje que plantea su desarrollo a través de la Transformación Digital de las empresas, la evolución del Comercio Electrónico, el impulso de la innovación y emprendimientos de base tecnológica; así como, de la dinamización de la industria 6. TIC y del aprovechamiento de las Tecnologías Emergentes.
Marco Institucional para Incentivos	2015	<p>Esta política tiene como objetivo incentivar al sector productivo o de servicios del país a implementar la estrategia preventiva de Producción Más Limpia como una herramienta para el mejoramiento del desempeño ambiental y posicionamiento, el cual guarda relación y facilita la transición hacia una economía circular. Dentro del marco se establecen criterios de</p>

⁹¹ Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (2018). Libro Blanco de la Sociedad <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/Libro-Blanco-de-la-Sociedad-del-Informaci%C3%B3n-y-del-Conocimiento.pdf>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Ambientales ⁹²		evaluación para la entrega de incentivos a las empresas del Sector Productivo o Servicios, dentro de estos criterios se consideran las innovaciones.
Estrategia Nacional para el Cambio de la Matriz Productiva ⁹³	2015	Estrategia dentro de la cual se manejan numerosos ejes estratégicos; sin embargo, el que guarda mayor relación con el desarrollo de la industria 4.0 es el eje del Ecosistema de innovación que se desarrolla desde un enfoque de innovación y emprendimiento, la cultura, el entorno, el talento humano, la institucionalidad y regulaciones, y los servicios relacionados con la ciencias, la tecnología e innovación, como base para concebir un ecosistema nacional de innovación que sirva de plataforma para dar paso efectivo a los cambios estructurales que demanda el aparato productivo. En este sentido, la estrategia propone dos grandes proyectos: el Banco de Ideas y la puesta en marcha de los servicios de emprendimiento e innovación productiva.
Política Industrial 2016-2025 ⁹⁴	2015-2016	En la presente política, el país apunta a un mejoramiento de su estructura productiva y define el rol de la industria como contribuyente del impulso de la innovación y el emprendimiento, a mejoras sostenidas e irreversibles en la productividad, a dinamizar sectores de apoyo como el de servicios y fortalecer la participación en mercados externos. Para ello, esta política industrial contempla cinco ejes fundamentales los cuales son: inversión, productividad, calidad, innovación y mercados.
Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 "Toda una Vida"	2017	Objetivo 5: Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria. Para ello, parte de la innovación está en introducir nuevos paradigmas de transformación productiva como los que se encuentran alrededor de la economía circular e industrial y el llamado es a consolidar el cambio hacia una estructura productiva sofisticada y diversa, con actividades de mayor valor agregado e intensidad tecnológica que, simultáneamente, respondan a los acuerdos sobre la sostenibilidad ambiental
Política Ecuador Digital ⁹⁵	2017	La implementación de la política se desarrolla en base a tres ejes de acción que son: <ul style="list-style-type: none">● Conectividad, para fomentar la licitación de espectro de nuevas bandas para la masificación de 4G y despliegue de 5G, impulsando tecnologías emergentes como el Internet de las cosas y Big Data.● Eficiencia y seguridad de la información, fortaleciendo la seguridad de los activos críticos de información y gestionando los riesgos del ciberespacio.

⁹² Marco Institucional para incentivos ambientales. Acuerdo ministerial 140. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-140.pdf>

⁹³ <https://www.vicpresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2013/10/ENCMPweb.pdf>

⁹⁴ http://servicios.produccion.gob.ec/sipro/downloads/temporales/1_Pol%C3%ADtica%20Industrial_MIPRO%202016-2025.pdf

⁹⁵ http://www.pge.gob.ec/images/documentos/LeyTransparencia/2019/octubre/a2/politica_ecuador_digital.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		<ul style="list-style-type: none">• Innovación y competitividad: Fomentar el desarrollo de servicios basados en IoT, IA y computación en la nube.
Ley orgánica de Emprendimiento e Innovación ⁹⁶	2020	La ley tiene como objetivo crear un marco interinstitucional que defina políticas de Estado que fomente el desarrollo del emprendimiento y la innovación, fomenta la eficiencia y competitividad de emprendedores, así como impulsar la innovación en el desarrollo productivo.
Estrategia Nacional de Competitividad	En desarrollo	Su desarrollo lo contempla el Consejo de Emprendimiento, Innovación y Competitividad que continuará con la implementación de iniciativas clúster para un trabajo colaborativo público, privado y académico que dinamicen las cadenas de valor de los diversos sectores productivos y la generación de empleo.
Ley Orgánica de Corporación Financiera Nacional ⁹⁷	2006	Estimular y acelerar el desarrollo económico del país en las actividades productivas y de servicios calificadas como prioritarias por el Directorio. Promover el desarrollo de los sectores: industrial manufacturero, agroindustrial, investigación científica y tecnológica, de la reforestación y todas las demás actividades productivas a través de la micro, pequeña, mediana y gran empresa.

Fuente: Elaboración propia

En Ecuador, según la Senescyt, se invierte el 1,88% del Producto Interno Bruto (PIB) en tecnología e innovación. En ese sentido, la Cuarta Revolución Industrial supone un enorme reto y un mar de oportunidades para el país, generando un debate entre tecnología y tradición. Precisamente, uno de los ejes del Proyecto Ecuador 2030, desarrollado por el Comité Empresarial Ecuatoriano, es la Industria 4.0. De esta manera, se posiciona a la transformación tecnológica como elemento clave para construir un Ecuador moderno, innovador y productivo.

Actualmente, **en el país existen políticas públicas vinculadas con la Industria 4.0** como la Ley de Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo y Estabilidad y Equilibrio Fiscal⁹⁸ que establece nuevos sectores priorizados, uno de estos sectores es el “Desarrollo y servicios Se incluye Software y Hardware” y cual abarca proyectos de servicios en línea, infraestructura digital, productos y contenido digital y seguridad informática. Así mismo se encuentra apoyado por la Ley de Desarrollo Económico que establece incentivos para todos los sectores productivos que inviertan en el país. Por lo tanto, el panorama que Ecuador ofrece a futuro es favorable y su marco normativo brinda

⁹⁶ Asamblea Nacional (2020) Ley orgánica de emprendimiento e innovación. Disponible en: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-03/Documento_LEY-ORGANICA-EMPRENDIMIENTO-INNOVACION.pdf

⁹⁷ Corporación Financiera Nacional (s.f.) Quiénes somos. Disponible en: <https://www.cfn.fin.ec/quienes-somos/>

⁹⁸ Asamblea Nacional (2018) Ley de Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo y Estabilidad y Equilibrio Fiscal. Disponible en: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley-Org%C3%A1nica-Fomento-Productivo-Atracci%C3%B3n-Inversiones.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

oportunidades innovadoras para que el sector productivo crezca optimizando recursos y fomentando una producción sostenible.

6.1.2 Nivel de preparación

La evaluación de la situación de Ecuador respecto de su nivel de preparación para la inclusión de la cuarta revolución industrial en este, viene configurado por las siete dimensiones de la metodología GRAMI4.0. A continuación se detallan cada una de ellas y lo que se obtuvo para el país en mención.

DIMENSIÓN 1 - “Entorno habilitante”

En el estudio realizado por Tripathi y Gupta, Ecuador obtuvo una calificación de 0.283⁹⁹, lo que significa que el entorno propicio del país, el cual abarca instituciones tanto formales como informales; servicios públicos e infraestructura, así como las condiciones marco fijadas por la política monetaria y fiscal, y más ampliamente, las finanzas públicas¹⁰⁰, aún no es muy favorable para la inclusión de la Industria 4.0. **El entorno habilitante está compuesto por tres pilares; el primero es el entorno político** y este depende de tres factores. Como primer factor se tiene a la *estabilidad política y operacional* la cual se encontró afectada durante la emergencia sanitaria causada por la COVID-19 amplificando los desequilibrios macroeconómicos que se intentaban de corregir después del fin del boom de los precios de petróleo; sin embargo, el gobierno se encuentra creando oportunidades en cinco ejes: económico, social, seguridad integral, transición ecológica e institucional¹⁰¹. Otro factor es *la eficacia del gobierno* el cual abarca las percepciones de la calidad de los servicios públicos, civil, de la formulación e implementación de políticas, y la credibilidad del compromiso del gobierno con dichas políticas¹⁰², a pesar que este indicador cuenta con un valor negativo en decrecimiento (-0.44), aún se encuentra muy por debajo del promedio global (-0.15)¹⁰³ significando un riesgo para la aplicación de la Industria 4.0 en el país puesto que su ineficacia tendrá efectos como la obtención de bajas calificaciones crediticias, poca atracción de más inversiones, la lentitud en la innovación tecnológica y poca productividad del gasto público¹⁰⁴. Mientras que el tercer factor, *Orientación futura del gobierno*, factor que se promedia a partir de las siguientes cuatro preguntas: 1) En su país, ¿Qué tan rápido es el marco legal de su país

⁹⁹ Tripathi, S., & Gupta, M. (2021). Indian supply chain ecosystem readiness assessment for Industry 4.0. *International Journal of Emerging Markets*, (July). <https://doi.org/10.1108/IJOEM-08-2020-0983>

¹⁰⁰ WeForum (2020) Global Competitiveness Report Special Edition 2020: How Countries are Performing on the Road to Recovery: Section 1. Disponible en: <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020/in-full/section-1/>

¹⁰¹ <https://www.bancomundial.org/es/country/ecuador/overview#1> (falta referenciar adecuadamente)

¹⁰² Duho, K. C. T., Amankwa, M. O., & Musah-Surugu, J. I. (2020). Determinants and convergence of government effectiveness in Africa and Asia. *Public Administration and Policy*, 23(2), 199-215. <https://doi.org/10.1108/PAP-12-2019-0039>

¹⁰³ Banco Mundial (2020) Government Effectiveness. Disponible en: https://govdata360.worldbank.org/indicators/h580f9aa5?country=ECU&indicator=388&viz=line_chart&years=1996,2020

¹⁰⁴ Indicator: Government effectiveness. (s. f.). Millennium Challenge Corporation. Recuperado 22 de marzo de 2022, de <https://www.mcc.gov/who-we-select/indicator/government-effectiveness-indicator>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

para adaptarse a los modelos de negocios digitales (por ejemplo, comercio electrónico, economía colaborativa, etc.)? [1 = en absoluto; 7 = muy rápido]; 2) En su país, ¿Hasta qué punto el gobierno garantiza un entorno político estable para hacer negocios?; 3) En su país, ¿En qué medida el gobierno responde de manera efectiva al cambio (por ejemplo, cambios tecnológicos, tendencias sociales y demográficas, desafíos económicos y de seguridad)? y 4) En su país, ¿En qué medida el gobierno tiene una visión a largo plazo? Para las últimas tres preguntas, la respuesta va de 1 [nada] a 7 [en gran medida], Ecuador obtuvo el valor de 2.72 para el año 2018, lo que refleja un valor por debajo del promedio mundial el cual es 3.71¹⁰⁵. Sin embargo, el valor de este factor se encuentra en incremento puesto que existen instrumentos nacionales alineados a su mejora, como por ejemplo el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 que es la máxima directriz política y administrativa para el diseño y aplicación de la política pública en el país¹⁰⁶.

El panorama que el país muestra **en su segundo pilar, el entorno regulatorio**, es similar al entorno político y es la independencia judicial la que está obteniendo valores cada vez más bajos siendo uno de los países que posee un sistema judicial con alta influencia del gobierno, empresas y/o particulares, ello impide que el sistema judicial decida con imparcialidad, basándose en los hechos y de acuerdo con la ley, así como no garantiza que los procedimientos judiciales se desarrollen con equidad y se respeten los derechos de las partes¹⁰⁷. No obstante, las empresas aspirantes a adoptar la tendencia 4.0 tienen la posibilidad de suscribir Contratos de Inversión, para la obtención de los Incentivos para Nuevas Inversiones Productivas, entre algunas destacan: la exoneración del ISD para bienes de capital y materias primas importados, la exoneración arancelaria para bienes de capital y materias primas importados y la reducción de hasta 5 puntos de tarifa de IR para las empresas que suscriban contrato de inversión. Por otro lado, si el enfoque va hacia el desarrollo de la Industria 4.0 es importante mencionar el escenario que el país tiene respecto a la protección de la Propiedad Intelectual en términos de políticas implementadas que son las siguientes¹⁰⁸:

- El Código Orgánico de la Economía Social del Conocimiento, la Creatividad y la Innovación de 2016. Ley de Propiedad Intelectual
- Decisión de la Comunidad Andina N° 486 que establece el Régimen Común de Propiedad Intelectual.
- Reglamento del Régimen Común de Propiedad Industrial.

¹⁰⁵ Banco Mundial (2019) GCI4.0: Future Orientation of Government. Disponible en: https://govdata360.worldbank.org/indicators/h0f92581b?country=ECU&indicator=41343&viz=line_chart&years=2017,2018

¹⁰⁶ Secretaria Nacional de Planificación (2021) Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025. Disponible en: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador>

¹⁰⁷ Rights, C., & Rights, P. (2011). UN Basic Principles On The Independence Of The Judiciary (1985). The Culture of Judicial Independence, (September), 557–560. <https://doi.org/10.1163/ej.9789004188334.i-639.248>. Disponible en: <https://www.icj.org/wp-content/uploads/2014/03/UN-Basic-principles-independence-judiciary-1985-eng.pdf>

¹⁰⁸ <https://www.ip-coster.com/IPGuides/c/intellectual-property-ecuador>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Asimismo, en Ecuador, el Servicio Nacional de Derechos Intelectuales (SENADI) es el organismo que cumple las funciones de proteger, fomentar divulgar y conducir el buen uso de la Propiedad Intelectual desde tres enfoques: la propiedad industrial, el derecho de autor y las obtenciones vegetales¹⁰⁹.

Dentro de esta dimensión también se evalúa **el entorno empresarial del país**, es decir, si este es favorable para el desarrollo de la Industria 4.0 pero sus indicadores demuestran un escenario poco favorable ocupando el puesto 71 de 82 países¹¹⁰ dentro del ranking global que clasifica la facilidad para hacer e iniciar negocios en el país, así como para la disponibilidad de capital de riesgo en creación de proyectos innovadores

Por último, se evalúa la **normalización**, el cual indica el nivel de madurez de un método o tecnología que las empresas utilizan y es validada a partir del respaldo de normas internacionales como la Certificación ISO el cual tiene un papel fundamental en la implementación del Smart Manufacturing en las empresas; sin embargo, no se cuenta con información para los indicadores pertenecientes a este pilar para Ecuador.

DIMENSIÓN 2 - “Recursos humanos”:

Para la dimensión 2 **es esencial evaluar el rol del capital humano en el desarrollo la industria 4.0** ya que puede cambiar las perspectivas de la población, así como en la repercusión en las funciones dentro de las áreas involucradas¹¹¹. En esta dimensión Ecuador obtuvo 0.443¹¹² en el estudio realizado por Tripathi, S., & Gupta, M. el cual se considera una dimensión favorable respecto a su desarrollo.

A medida que se introduzcan sistemas de mayor complejidad debido a la automatización e interconexión de todos sus elementos, la comprensión de la organización y los procesos deben ser incluidos en las cualificaciones básicas de empleados, así mismo, esta transformación requerirá nuevas habilidades de los ingenieros para trabajar en estos cambios digitales masivos¹¹³. Por lo tanto, **los indicadores evaluadores se agrupan en tres pilares: educación básica, educación superior y empleabilidad.**

El pilar del nivel de educación básica, se encuentra alcanzando un valor de 95% de niños y niñas de 5 años escolarizados¹¹⁴ y para evaluarla cuenta con los siguientes indicadores:

¹⁰⁹ <https://www.ucuenca.edu.ec/investigacion/propiedad-intelectual-diuc#:~:text=En%20Ecuador%2C%20el%20Servicio%20Nacional,Autor%20y%20las%20Obtenciones%20Vegetales>

¹¹⁰ The Economist (2014) Business Environment Rankings: Which country is best to do business in? Disponible en: https://www.iberglobal.com/files/business_climate_eiu.pdf

¹¹¹ Dhanpat, N., Buthelezi, Z. P., Joe, M. R., Maphela, T. V., & Shongwe, N. (2020). Industry 4.0: The role of human resource professionals. SA Journal of Human Resource Management, 18. <https://doi.org/10.4102/sajhrm.v18i0.1302>

¹¹² Tripathi, S., & Gupta, M. (2021). Indian supply chain ecosystem readiness assessment for Industry 4.0. International Journal of Emerging Markets, (July). <https://doi.org/10.1108/IJOEM-08-2020-0983>

¹¹³ Vrchota, J., Maříková, M., Řehoř, P., Rolínek, L., & Toušek, R. (2019). Human resources readiness for industry 4.0. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 6(1), 3. <https://doi.org/10.3390/joitmc6010003>

¹¹⁴ MDE. (2019). Ecuador - Perfil de País. Siteal, 1, 1–13. Disponible en: https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_informe_pdfs/dpe_ecuador-_25_09_19.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- El primero es el **gasto gubernamental en educación**, en 2020 se aprobó un presupuesto para todo el Sectorial Educación por USD 5.565,2 millones¹¹⁵, esa cifra se ajustó en USD 4.569 millones mismo que representa el 11.5% del presupuesto nacional, de acuerdo a la fuente del Banco Mundial¹¹⁶. Este porcentaje es uno de los registros más bajos reportados, en el año 2009 representó el 13.2%.
- El segundo es la **esperanza de vida escolar primaria y secundaria** en ambos sexos que se reportó en 12,3 años en el 2018, según la colección de indicadores de desarrollo del Banco Mundial, compilada de fuentes oficialmente reconocidas.
- También se tiene al **promedio de años de escolaridad** como indicador, este es de 8.9¹¹⁷ años lo que representa el promedio de años de educación recibidos por personas de 25 años a más.
- Otro de los indicadores es la **proporción de alumnos por profesor**, cuenta con una data del año 2018 para el nivel primario donde la proporción es de 24.26 estudiantes por profesor.

Por otro lado, se tiene **el pilar de la educación superior** que cuenta con los siguientes indicadores:

- Como primer indicador se tiene al **número de matriculados en educación terciaria**, esta data proviene del reporte del Banco Mundial en el año 2018 y refleja que un 48%¹¹⁸ con una cantidad de 632,541¹¹⁹ matriculados en comparación a la población en edad escolar oficial para el mismo nivel de educación se ha inscrito en programa del nivel educativo. Por otro lado, dentro de este indicador es importante resaltar la labor de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt) que ayuda a implementar un mejor desarrollo en la educación superior del Ecuador a partir de la mejora de las capacidades y potencialidades de la ciudadanía así como del fortalecimiento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en áreas estratégicas del país¹²⁰, es por ello que mediante esta secretaría se incrementa el acceso y fortalecimiento de educación superior con criterios de calidad, inclusión, pertinencia y democracia.
- Como segundo indicador se tiene al **número de matriculados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)**, este indicador recoge la data del Banco Mundial

¹¹⁵ Observatorio de Gasto Público (2020) 2020: Un año de reducciones en el presupuesto para los sectores sociales. Disponible en: <https://www.gastopublico.org/informes-del-observatorio/2020-un-ano-de-reducciones-en-el-presupuesto-para-los-sectores-sociales>

¹¹⁶ <https://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GB.ZS?locations=EC>

¹¹⁷ UNDP (2019) Human development reports: Mean years of schooling. Disponible en: <https://hdr.undp.org/en/indicators/103006>

¹¹⁸ Banco Mundial (2021) School enrollment, tertiary (% gross) – Ecuador. Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/SE.TER.ENRR?locations=EC>

¹¹⁹ SENESCYT (2020) Boletín Anual: Educación superior, ciencia, tecnología e innovación. Disponible en: https://www.educacionsuperior.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/Boletin_Anual_Educacion_Superior_Ciencia_Tecnologia_Innovacion_Agosto2020.pdf

¹²⁰ IBEC (2013) Aspectos positivos y negativos de la SENESCYT. Disponible en: <https://www.ibecmagazine.com/EDUCACION/C3%93N/Tabld/461/ArtMID/1171/ArticleID/674/Aspectos-positivos-y-negativos-de-la-SENESCYT.aspx>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

obteniendo un reporte del año 2015 con un valor del 13.37%¹²¹ del total de estudiantes matriculados en programas en general.

- Como tercer indicador, el **número de graduados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC** registra que un 29.2%¹²² del total de las mujeres graduadas pertenecen a estos campos de estudio y de ambos sexos, reporta un 9.04% de graduados en los programas mencionados. Ambos datos se encuentran en el reporte del Banco Mundial del año 2016.

Por lo tanto se puede analizar que, en concordancia con la educación superior, los modelos de aprendizaje no vienen demostrando la misma velocidad de adaptación a la industria I4.0 así como el número de graduados en las áreas de ingeniería, TIC, manufactura y construcción los cuales se encuentran por debajo del promedio de la región y si esta diferencia se acentúa se puede generar una ruptura en la relación industria-academia a largo plazo ya que existen pocas opciones de carreras que asistan a las empresas en la implementación de la industria 4.0¹²³.

El **tercer pilar es de empleabilidad**, sabemos que el desarrollo de una Industria 4.0 creará nuevas oportunidades laborales y permitiendo que los mercados laborales sean más innovadores; sin embargo, si bien la entrega de nuevas tecnologías relacionadas con el concepto puede ayudar a respaldar los recursos humanos también puede tener un efecto negativo que siendo uno de los principales temores de los expertos es la falta de trabajadores calificados¹²⁴. Para ellos se han tomado de referencia a indicadores como:

- El **alcance de la capacitación del personal**, este indicador demuestra que entre el período del 2012 al 2016 el país ha experimentado una tasa de crecimiento promedio interanual de 5.92%. Así mismo, el Banco Mundial mide este indicador a partir del nivel de inversión en formación y desarrollo de empleados por parte de las empresas con valor que van del 1 (en absoluto) al 7 (en gran medida) y para el año 2016, el país presenta un valor de 3.68¹²⁵.
- Mientras que el segundo indicador es la **tasa de empleo**, contando con el dato del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) este aumentó a un 40% en el tercer trimestre del año 2021.

El país, años atrás, ha obtenido valores más altos que los actuales y esto debido a la afectación por la pandemia de la COVID-19 que obligó a los despidos masivos en muchas áreas puesto que la capacidad de respuesta de las empresas frente a una emergencia fue baja; sin embargo, estos pudieron ser evitados en un escenario de Industria 4.0 en donde la implementación de la digitalización en todos

¹²¹ <https://tradingeconomics.com/ecuador/percentage-of-students-in-tertiary-education-enrolled-in-engineering-manufacturing-and-construction-programmes-both-sexes-percent-wb-data.html>

¹²² <https://genderdata.worldbank.org/indicators/uis-fgp-5-t8-fnon-500600700>

¹²³ Méndez-Mantuano, M. M. O., Caviades, M. E. C. E., Ruiz, L. H. M. T., Villacres, I. M. A. G., Muñoz, I. S. B. C., & Vega, I. W. X. O. (2019). Análisis de Empleabilidad e Industria 4.0 en el Ecuador, como Estrategia para Mejorar los Programas Educativos. *European Scientific Journal, ESJ*, 15(34), 44. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n34p44>

¹²⁴ Saniuk, S., Caganova, D., & Saniuk, A. (2021). Knowledge and skills of industrial employees and managerial staff for the industry 4.0 implementation. *Mobile Networks and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11036-021-01788-4>

¹²⁵ https://tadata360.worldbank.org/indicators/entrp.staff.train?country=ECU&indicador=3447&countries=BRA&viz=line_chart&years=2012,2016

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

sus ámbitos permite la consecución de una nueva industrialización, por ende, las empresas tendrían mayor sostenibilidad en el tiempo y mercado¹²⁶

DIMENSIÓN 3 - “Infraestructura”:

Ecuador obtiene un valor de 0.398¹²⁷ el cual se justifica en el avance de la infraestructura física y digital. Según el Foro Económico Mundial del 2018, en su reporte anual de conectividad Ecuador se encuentra en el puesto 92 de 140 de países y sobre la calidad de las carreteras, el país es uno de los más competitivos de la región y se justifica por la inversión en infraestructura vial en Ecuador, que en el año 2017 percibió una participación en el PIB del 3% evidenciando la importancia que este país le ha dado a la red vial aportando al desarrollo de los procesos logístico que conlleva a su crecimiento económico¹²⁸.

Esta dimensión está compuesta por dos pilares: **infraestructura física y digital**. Ambas dimensiones medirán la posibilidad de adaptación a la Industria 4.0 en el país.

La **infraestructura física** se mide a partir de tres indicadores, los cuales son:

- Primero, **la infraestructura vial**, Ecuador cuenta con un sistema de transporte accesible contando con 43 197 kilómetros de carreteras (8 165 kilómetros pavimentados); sin embargo, esto lo coloca en el puesto 86 de 219¹²⁹ del ranking mundial, esto se debe a que debido a la baja densidad de su población existen distancias más largas que deben ser cubierta para llegar hasta lugares remotos¹³⁰.
- Segundo, el **índice de rendimiento logístico**, el Banco Mundial reporta al país un valor de 2.72¹³¹ dentro de un rango de 1(bajo desempeño) al 5 (alto desempeño) lo cual representa la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte.
- Finalmente, **la densidad de robots**; sin embargo, no se cuenta con registro alguno de este indicador para el país.

El país es uno de los más competitivos de la región y se justifica por la inversión en infraestructura vial en Ecuador, que en el año 2017 percibió una participación en el PIB del 3% evidenciando la importancia que este país le ha dado a la red vial aportando al desarrollo de los procesos logístico que conlleva a

¹²⁶ La Industria 4.0 y los negocios frente a la emergencia sanitaria por COVID-19 | 593 Digital Publisher CEIT. (2021). https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/444

¹²⁷ Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI: 10.1108/BIJ-07-2020-0354

¹²⁸ Zaballos, A. G., Iglesias, E., Cave, M., Elbittar, A., Guerrero, R., Mariscal, E., & Webb, W. (2020). El impacto de la infraestructura digital en las consecuencias de la COVID-19 y en la mitigación de efectos futuros. Banco Interamericano de Desarrollo, 1–42. Retrieved from file:///C:/Users/ASUS/Downloads/El-impacto-de-la-infraestructura-digital-en-las-consecuencias-de-la-COVID-19-y-en-la-mitigacion-de-efectos-futuros.pdf

¹²⁹ IndexMundi (2021) Roadways. Disponible en: <https://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=115>

¹³⁰ World Data (s.f.) Transporte e infraestructura en Ecuador. Disponible en: <https://www.worlddata.info/america/ecuador/transport.php>

¹³¹ <https://data.worldbank.org/indicator/LP.LPI.INFR.XQ?locations=EC>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

su crecimiento económico¹³². Esta calidad de carreteras se traduce en infraestructura más sofisticada que ayuda a atraer inversión extranjera y a mejorar su desempeño logístico, el cual también es evaluado en el pilar de infraestructura física.

Por otro lado, la **infraestructura digital** está evaluada en base a cuatro indicadores, los cuales son:

- La **disponibilidad de infraestructura de TIC**, la cual mide la preparación de la infraestructura de telecomunicaciones del país para fomentar las oportunidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación para mejorar su competitividad, para el año 2020 resulta en un valor de 0.7015¹³³ dentro de un rango de 0 a 1 y se ubica en el puesto 74 dentro del ranking mundial que las Naciones Unidas maneja.
- La **participación electrónica**, dentro de una escala de 0 a 1, este indicador evalúa la calidad, relevancia y utilidad de los sitios web gubernamentales para proporcionar información en línea; de acuerdo al reporte del Banco Mundial, Ecuador cuenta con un crecimiento promedio interanual de 25.48% entre el 2012 al 2016 y un valor de 0.5763¹³⁴ para este mismo año. No obstante, es un indicador que ha ido mejorando en los últimos años y que a través del Acuerdo Ministerial N° 015-2020: Norma Técnica que regula los Medios Electrónicos para Procesos de Participación Ciudadana en la Función Ejecutiva, se busca impulsar la participación electrónica en las entidades, contribuir a la toma de decisiones y soluciones a través del uso de herramientas digitales y optimizar los recursos públicos en los procesos participativos¹³⁵.
- El **índice de servicios en línea** mide la evolución de los servicios de la administración electrónica en disponibilidad, calidad, conectividad y diversidad de canales. Dentro de una escala de 0 a 1, para el año 2020, el país reporta un valor de 0.7976¹³⁶ ubicándose en el puesto 49 del ranking mundial.
- Por otro lado, **el indicador cloud computing score** no cuenta con información pertinente para el país.

Estos valores en comparación con el promedio de la región se encuentran por debajo, es decir, actualmente existe una brecha en la demanda lo que a mediano y largo plazo traerá consecuencias puesto que impide la formación del capital humano y ello crea barreras para digitalizar las actividades económicas¹³⁷. Sin embargo, se puede incluir algunos indicadores para evaluar el pilar de

¹³² Zaballos, A. G., Iglesias, E., Cave, M., Elbittar, A., Guerrero, R., Mariscal, E., & Webb, W. (2020). El impacto de la infraestructura digital en las consecuencias de la COVID-19 y en la mitigación de efectos futuros. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 1–42. Retrieved from file:///C:/Users/ASUS/Downloads/El-impacto-de-la-infraestructura-digital-en-las-consecuencias-de-la-COVID-19-y-en-la-mitigacion-de-efectos-futuros.pdf

¹³³ United Nations (2020) UN E-Government Knowledgebase: Ecuador. E-Government Development Index. Disponible en: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Data/Country-Information/id/52-Ecuador>

¹³⁴ United Nations (2020) UN E-Government Knowledgebase: Ecuador. E-Participation Index. Disponible en: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Data/Country-Information/id/52-Ecuador>

¹³⁵ <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/20200730-Webinar-Acuerdo-015-2020-Norma-E-participaci%C3%B3n.pdf> (falta referenciar)

¹³⁶ <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Data/Country-Information/id/52-Ecuador>

¹³⁷ Zaballos, A. G., Iglesias, E., Cave, M., Elbittar, A., Guerrero, R., Mariscal, E., & Webb, W. (2020). El impacto de la infraestructura digital en las consecuencias de la COVID-19 y en la mitigación de efectos futuros. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 1–42. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El-impacto-de-la-infraestructura-digital-en-las-consecuencias-de-la-COVID-19-y-en-la-mitigacion-de-efectos-fut>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

infraestructura digital, estos son: Índice Global de Competitividad y el Índice Global de Innovación que no han sido tomados en cuenta en el estudio del cual estamos tomando referencia para la metodología del diagnóstico.

DIMENSIÓN 4 – “Sostenibilidad ecológica”

Ecuador obtiene un valor de 0.343¹³⁸ que ha sido obtenido a partir del Índice de protección ambiental, N° de ISO 140001 emitidos en el país y la producción de energía renovable. La Industria 4.0 desarrolla la posibilidad de recoger datos en tiempo real y obtener esto ayudará a la organización a distribuir sus recursos utilizados para la fabricación, de manera eficiente, además apoya los procesos adoptados para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, los niveles de consumo de energía y el uso eficiente de la capacidad de las materias primas, la reducción de los niveles de consumo de combustible y la utilización de sistemas avanzados de monitorización y seguimiento¹³⁹. Sin embargo, se prevé que el creciente desarrollo de tecnologías inteligentes también pueda afectar a la sostenibilidad puesto que el potencial de la Industria 4.0 aún desconoce su impacto en áreas como la sostenibilidad socioambiental¹⁴⁰. Por lo tanto, es esencial evaluar el escenario del país ante una futura industrialización 4.0, en esos términos y a nivel global.

En la **dimensión 4** se manejan tres indicadores que son mencionados a continuación:

- El **Índice de protección ambiental**, el país cumple con un buen desempeño ambiental lo que significa que sus políticas ambientales están siendo bien implementadas en los últimos años, además el país se encuentra monitoreando constantemente todos los factores que componen el desempeño ambiental por lo que aporta calidad a la evaluación este indicador. El valor actual que este índice presenta es de 57.42¹⁴¹ y el rango va de 0 a 100, según la data
- El **número de certificaciones ISO 14001 emitidos en el país**, este indicador demuestra el compromiso de las empresas con el medio ambiente y más aún si quieren desarrollar la Industria 4.0 en sus procesos, es por ello que han ido aumentando el número de empresas que han incorporado la norma ISO 14001 a sus procesos para controlar su impacto ambiental y lograr un crecimiento sostenible. Este aumento se ve reflejado en la cantidad de certificados emitidos en el año 2016 con un registro de 244 emisiones a comparación del año 2015, con un registro de 214 certificados emitidos¹⁴².
- Por último, la **producción de energía renovable** incluye a la energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica, bioenergía, undimotriz y mareomotriz y en el país ha ido incrementándose

¹³⁸ Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI: 10.1108/BIJ-07-2020-0354

¹³⁹ Jermittiparsert, K., Somjai, S. and Chienwattanasook, K. (2020), "Era of Industry 4.0 Technologies and Environmental Performance of Thailand's Garment Industry: Role of Lean Manufacturing and Green Supply Chain Management Practices", Akkaya, B. (Ed.) Agile Business Leadership Methods for Industry 4.0, Emerald Publishing Limited, Bingley, pp. 285-302. <https://doi.org/10.1108/978-1-80043-380-920201016>

¹⁴⁰ Morteza Ghobakhloo; El futuro de la industria manufacturera: una hoja de ruta estratégica hacia la Industria 4.0. Revista de gestión de tecnología de fabricación 2018, 29, 910-936, 10.1108/jmtm-02-2018-0057.

¹⁴¹ University of Yale (2021) Environmental Protection Index. Disponible en: <https://epi.yale.edu/epi-indicator-report/EPI?country=ECUADOR>

¹⁴² Servicio de Acreditación Ecuatoriano (29 de setiembre del 2017) Ecuador en la encuesta ISO 2016. Disponible en: <https://www.acreditacion.gob.ec/encuesta-iso-2016/#:~:text=En%202016%20se%20reportan%20244,la%20versi%C3%B3n%202008%20del%20est%C3%A1ndar.>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

alcanzando un 78.91%¹⁴³ de la electricidad suministrada al país siendo la energía hidroeléctrica, la más representativa.

La Industria 4.0 desarrolla la posibilidad de recoger datos en tiempo real y obtener ello ayudará a la organización a distribuir sus recursos utilizados para la fabricación, de manera eficiente, además apoya los procesos adoptados para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, los niveles de consumo de energía y el uso eficiente de la capacidad de las materias primas, la reducción de los niveles de consumo de combustible y la utilización de sistemas avanzados de monitorización y seguimiento¹⁴⁴. Sin embargo, se prevé que el creciente desarrollo de tecnologías inteligentes también pueda afectar a la sostenibilidad puesto que el potencial de la Industria 4.0 aún desconoce su impacto en áreas como la sostenibilidad socioambiental¹⁴⁵.

DIMENSIÓN 5 – “Capacidad de innovación”

Ecuador obtiene 0.238¹⁴⁶, esta dimensión es una de las más importantes para el desarrollo de la Industria 4.0; la generación de ideas se atribuye al número de investigadores y en la calidad de las investigaciones, el número de investigadores por millón de habitantes son bajos en comparación con el promedio global sin embargo la calidad de las instituciones presenta un valor medio que no ha obtenido incrementos significativos desde el año 2013, así mismo el porcentaje asignado al gasto en investigación y desarrollo en relación al PBI continúa presentando un aumento anual; no obstante, el Banco Mundial tiene registrado el valor solo hasta el año 2014, valor que lo ubica como uno de los países con mayor presupuesto asignados a investigación y desarrollo a nivel de región. El **pilar de la investigación** presenta cuatro indicadores:

- El **número de investigadores por millón** es un indicador que muestra valores bajos en comparación con el promedio global. Para el año 2014, el Banco Mundial registró un valor de 399¹⁴⁷ investigadores dedicados a la investigación y el desarrollo por cada millón de habitantes, este valor se encuentra por debajo de las cifras registradas en Brasil, Argentina, Uruguay y Costa Rica, países ubicados dentro de la región.
- El **gasto bruto en inversión y desarrollo** continúa presentando un aumento anual; no obstante, el Banco Mundial tiene registrado el valor solo hasta el año 2014 el cual que presenta un 0.44%¹⁴⁸ del PBI, valor que lo ubica como uno de los países con mayor presupuesto asignados a investigación y desarrollo a nivel de región.

¹⁴³ Ritchie, H., & Roser, M. (2020). Energy. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/energy/country/ecuador>

¹⁴⁴ Jermsittiparsert, K., Somjai, S. and Chienwattanasook, K. (2020), "Era of Industry 4.0 Technologies and Environmental Performance of Thailand's Garment Industry: Role of Lean Manufacturing and Green Supply Chain Management Practices", Akkaya, B. (Ed.) Agile Business Leadership Methods for Industry 4.0, Emerald Publishing Limited, Bingley, pp. 285-302. <https://doi.org/10.1108/978-1-80043-380-920201016>

¹⁴⁵ Morteza Ghobakhloo; El futuro de la industria manufacturera: una hoja de ruta estratégica hacia la Industria 4.0. Revista de gestión de tecnología de fabricación 2018, 29, 910-936, 10.1108/jmtm-02-2018-0057.

¹⁴⁶ Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI:10.1108/BIJ-07-2020-0354

¹⁴⁷ Banco Mundial (2021) Investigadores dedicados a investigación y desarrollo: Ecuador. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SCIE.RD.P6?contextual=region&locations=EC>

¹⁴⁸ Banco Mundial (2021) Gasto en Investigación y Desarrollo: Ecuador. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=EC>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- La **calidad de las instituciones de investigación científica** presenta un valor medio de 3.33, en una escala de 0 a 7, que no ha obtenido incrementos significativos desde el año 2013 y se encuentra por debajo del valor global promedio que es de 4.2¹⁴⁹
- La **colaboración en la investigación universidad-industria** es un indicador que presenta información en el reporte del Banco Mundial del año 2017¹⁵⁰, este obtiene un valor de 3.04 en una escala de 1 al 7 lo que representa un aumento en la tasa de crecimiento promedio interanual de 2.77% en el período 2007 a 2017. Cabe recalcar que este aumento se debe a que existen programas como el impulsado por la Senescyt, “Inmersión en innovación”, el cual identifica oportunidades de alianzas público-privadas en innovación y así fortalecer el ecosistema innovador del país.

Así mismo, el **pilar de innovación industrial** contempla cuatro indicadores; sin embargo, no se ha encontrado data respecto a tres indicadores: **porcentaje de empresas innovadoras, porcentaje de productos innovadores y co-inventores internacionales**. El indicador que presenta información es la capacidad para la innovación y este fue reportado por el Banco Mundial en el año 2017 obteniéndose un valor de 3.69¹⁵¹ en un rango de 1 al 7.

El **tercer pilar es la tecnología**, la cual está medida a partir de los siguientes indicadores:

- El **valor añadido de las manufacturas de media y alta tecnología** es un indicador presentado por la base de datos del año 2019 de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), esta base de datos muestra una cifra del 15% de valor agregado con el que cuenta el sector. Este porcentaje representa al aumento de manufactura de media tecnología como: fabricación de productos refinados de petróleo, fabricación de sustancias y productos, químicos, caucho, plástico y fabricación de productos metálicos y no metálicos, así mismo representa a la manufactura de alta tecnología como: la fabricación de maquinaria, equipos además de equipos de transporte¹⁵².
- **El indicador de disponibilidad de la tecnología vigente** indica que para el año 2017, Ecuador maneja un valor de 4.26¹⁵³ en un rango de 1 a 7.
- Mientras que el **indicador de adquisiciones del Estado de tecnología avanzada**, en un rango de 1 al 7, se encuentra en decrecimiento en el período del 2013 al 2017 obteniendo, para este último año en mención, un valor 2.81¹⁵⁴ según el reporte del Banco Mundial.

¹⁴⁹ Banco Mundial (2021) Quality Of Scientific Research Institutions, Index. Disponible en: https://todata360.worldbank.org/indicators/h391a0f13?country=ECU&indicator=599&viz=line_chart&years=2007,2017

¹⁵⁰ Banco Mundial (2021) University-Industry Collaboration In Research & Development Index. Disponible en: https://todata360.worldbank.org/indicators/h4247b4d7?country=ECU&indicator=603&viz=line_chart&years=2007,2017

¹⁵¹ https://todata360.worldbank.org/indicators/hd9da5f06?country=ECU&indicator=583&viz=line_chart&years=2007,2017

¹⁵² UNIDO (2016) Informe sobre el Desarrollo Industrial 2016: El rol de la tecnología y la innovación en el desarrollo industrial inclusivo y sostenible. Disponible en: https://www.unido.org/sites/default/files/2015-12/EBOOK_IDR2016_OVERVIEW_SPANISH_0.pdf

¹⁵³ Banco Mundial (2021) Availability of latest Technologies. Disponible en: https://todata360.worldbank.org/indicators/h2c525b3b?country=ECU&indicator=585&viz=line_chart&years=2007,2017

¹⁵⁴ https://todata360.worldbank.org/indicators/hcc3bda79?country=ECU&indicator=605&viz=line_chart&years=2007,2017

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- Por último, **absorción de tecnología a nivel de empresa** presenta un valor de 4.49¹⁵⁵ en un rango de 1 (no en absoluto) al 7 (adoptada extensamente) por lo que en los últimos años el país no ha sido favorable para el ingreso de nueva tecnología puesto que la industria ecuatoriana no muestra signos claros que evidencian un salto hacia la “digitalización productiva” a través de la implementación de las nuevas tecnologías de la información, lo que también resulta en la poca promoción de carreras orientadas al desarrollo de estos procesos innovadores a nivel tecnológico.

En tanto, el **pilar de los activos de propiedad intelectual** y sus indicadores evaluadores como:

- La **solicitud de patentes por origen** es un indicador que para el año 2020 registró un total de 46¹⁵⁶ solicitudes en el país, esta data ha sido extraída de WIPO Statistics database.
- Las **publicaciones científicas y técnicas** que se han registrado en el año 2018, según el Banco Mundial fue de 2 142¹⁵⁷ artículos, desde el año 2013 este valor tiene una tendencia al incremento.
- Las **solicitudes de marcas por origen** es un indicador el cual ha sido extraído de WIPO, el cual presenta como último valor el del año 2020¹⁵⁸, este valor está dividido en solicitudes por residentes con un total de 12 369, de no residentes con un total de 6 323 y desde el extranjero con un total de 1 133 solicitudes.
- Los **diseños industriales por origen**, es un indicador que presenta el Banco Mundial para el año 2019 y este presenta un valor de 5.40¹⁵⁹ en una escala de 0 a 100, esto se interpreta como un bajo número de diseños contenidos en solicitudes de diseño industrial presentadas en una oficina nacional o regional.
- Los **cargos por uso de propiedad intelectual (PI)** es un indicador con información extraída de la base de datos del Banco Mundial en el cual se presenta un monto 4'259,574 \$¹⁶⁰ para el año 2020; sin embargo, este indicador tuvo un pico de recaudación en el año 2017 obteniéndose un total de 26'726,614\$ por uso de propiedad intelectual.

DIMENSIÓN 6 – “Ciberseguridad”:

Ecuador obtiene 0.124¹⁶¹, es la dimensión con menor calificación y esto se debe al débil desarrollo hacia la digitalización del país.

Esta dimensión se denomina **Ciberseguridad** la cual abarca tres indicadores:

- La **gestión de la seguridad de la información** es un indicador que evalúa la percepción de la seguridad a partir de cantidad de certificaciones ISO IEC 27001:2005, el cual es una certificación que especifica los requisitos para establecer, implementar, operar, monitorear,

¹⁵⁵ Banco Mundial (2021) Firm Level Technology Absorption. Disponible en: https://tcdata360.worldbank.org/indicators/tech.absorb?country=ECU&indicator=3437&viz=line_chart&years=2012,2016

¹⁵⁶ https://www.wipo.int/ipstats/en/statistics/country_profile/profile.jsp?code=EC

¹⁵⁷ <https://data.worldbank.org/indicator/IP.JRN.ARTC.SC?locations=EC>

¹⁵⁸ https://www.wipo.int/ipstats/en/statistics/country_profile/profile.jsp?code=EC

¹⁵⁹ https://tcdata360.worldbank.org/indicators/0b034dd1?country=ECU&indicator=40637&viz=line_chart&years=2016,2019
https://tcdata360.worldbank.org/indicators/0b034dd1?country=ECU&indicator=40637&viz=line_chart&years=2016,2019

¹⁶⁰ <https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.ROYL.CD?locations=EC>

¹⁶¹ Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI: 10.1108/BIJ-07-2020-0354

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

revisar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de Seguridad de la Información documentado dentro del contexto de los riesgos comerciales generales de la organización, solo presentan seis (06) y es una data colectada del año 2015 por la ausencia de información, esto visibiliza la poca participación por parte de organizaciones, empresas, instituciones para implementar un sistema que garantice un escenario confiable.

- Los **servidores de Internet seguros** es un indicador que se mide a partir del número de certificado TLS/SSL, es decir, refiere a servidores de internet confiables: Se encuentra actualizado hasta el año 2020 con una cantidad de 380 certificados, este valor ha incrementado a partir del 2014, lo que significa que hay mayor encriptación y garantía de seguridad en las transacciones a través de internet.
- Por último, se presenta el **índice de ciberseguridad**, el valor de este indicador es muy bajo (0.367)¹⁶² respecto a los países de la región y, con este valor registrado en el año 2018, a nivel mundial se ubica en el puesto 98 de 175, lo que se traduce en poco compromiso del país con la seguridad cibernética y su restringido campo de aplicación que abarca industrias y sectores.

DIMENSIÓN 7 – “Consumidores”

Ecuador obtiene 0.723¹⁶³, lo que significa que los indicadores que evaluaron tanto el pilar de necesidades básicas como el de la conciencia digital son altamente aceptables.

Esta dimensión se denomina Consumidores, la cual está compuesta por dos pilares: **necesidades básicas y sensibilización digital**.

El pilar de **necesidades básicas** comprende cinco indicadores, los cuales son:

- La **esperanza de vida**, es un indicador en el que Ecuador registra un valor de 77 años para el reporte del Banco Mundial del año 2020.
- Para los indicadores de **acceso a servicios de agua, saneamiento y electricidad**, el país ha cubierto mayoritariamente su acceso. El porcentaje de la población con agua segura en la fuente es de 67.8% a nivel nacional, este porcentaje de población utiliza como suministros una fuente tipo A (tubería, pozo, manantial protegida o agua embotellada) mientras que el acceso al saneamiento básico está cubierto en un 90.7 %, esta parte de la población dispone de servicio higiénicos adecuado. Por otro lado, el acceso a la electricidad es del 98.8%¹⁶⁴ de la población.
- Por último, el indicador de la **tasa de alfabetización** oscila entre el 93 a 94%¹⁶⁵ el cual es un valor referenciado del reporte del Banco Mundial para el año más reciente, el 2020.

Por otro lado, el **pilar de la conciencia digital** implica la capacidad de la población en general para hacer un uso eficaz de los servicios en línea y las TIC¹⁶⁶, y está compuesta por indicadores como:

¹⁶² International Telecommunication Union (2018) Global Cybersecurity Index. Disponible en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2018-PDF-E.pdf

¹⁶³ Tripathi, S., Gupta, M. (2021) A holistic model for Global Industry 4.0 readiness assessment. DOI: 10.1108/BIJ-07-2020-0354

¹⁶⁴ <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=EC>

¹⁶⁵ <https://datos.bancomundial.org/indicador/SE.ADT.LITR.ZS?locations=EC&view=chart>

¹⁶⁶ Tripathi, S., & Gupta, M. (2021). Indian supply chain ecosystem readiness assessment for Industry 4.0. *International Journal of Emerging Markets*, (July). <https://doi.org/10.1108/IJOEM-08-2020-0983>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- El **uso de internet de empresas a consumidores** es un indicador que se puede obtener a partir de la pregunta *¿En qué medida las empresas utilizan Internet para vender sus bienes y servicios a los consumidores?*, esta pregunta servirá para obtener como respuesta valores en un rango de 1 (en absoluto) al 7 (en gran medida). El último dato registrado por el Banco Mundial es del año 2016 y este tiene un valor de 4.08¹⁶⁷.
- El **uso individual del internet** es un indicador que se ha tomado a partir de la Encuesta Multipropósito – TIC realizada en el 2020 por parte del Instituto Nacional de Estadística y Censos. El porcentaje de personas que utilizan internet en el país es de 70.7¹⁶⁸, este valor se ha incrementado en 11.5 con respecto al año 2019.
- El **acceso a internet en escuelas** es un indicador con valores extraídos del Banco Mundial desde el año 2007 al 2017. Durante este período el país subió 30 puestos en el ranking mundial ubicándose (en el 2017) en el puesto 75¹⁶⁹.
- Las **habilidades digitales de la población activa** se miden a partir de la pregunta *¿En qué medida la población activa posee suficientes habilidades digitales?* Esta pregunta obtendrá una respuesta numérica que va del 1 (en ninguna) al 7 (en gran medida). Para el año 2019, el valor de Ecuador de este indicador es de 3.76¹⁷⁰

Los valores de este segundo pilar han mejorado a través de los años lo que significa que existe un panorama favorable para el desarrollo de una economía más industrial y digitalizada en donde la Industria 4.0 ofrece sus servicios de innovación y existe un público altamente capaz para poder adaptarse a las nuevas necesidades.

6.1.3 Análisis de actores en la industria 4.0

Este análisis consta de la evaluación de cinco dimensiones: adopción de tecnologías 4.0, digitalización de procesos, integración de datos en la cadena de valor, trazabilidad de productos a lo largo de la cadena de valor/suministro y fabricación Lean o ajustada. Los factores a evaluar para cada dimensión se relacionan en el Anexo 2., así mismo, se encuentran los criterios y rangos de valor para cada factor, por lo tanto, la identificación de estas iniciativas dentro de cada actor determina la prioridad en cuanto al potencial que poseen para aplicar la Industria 4.0 considerando como **actor cuaternario al actor con bajo potencial de aplicación en I4.0 y actor primario, el actor con alto potencial de aplicación en I4.0**. Considerando el análisis de actores, Ecuador presenta un avance aún con aspectos

¹⁶⁷ Banco Mundial (2021) Business-to-Consumer Internet Use: Ecuador. Disponible en: https://tcddata360.worldbank.org/indicators/h2257deee?country=ECU&indicator=3445&viz=line_chart&years=2013,2016

¹⁶⁸ <https://www.ecuadrencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>

¹⁶⁹ https://tcddata360.worldbank.org/indicators/hbfb20aa?country=ECU&indicator=572&viz=line_chart&years=2007,2017

¹⁷⁰

https://govdata360.worldbank.org/indicators/he6227f5e?country=ECU&indicator=41400&viz=line_chart&years=2017,2019

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

de potencial mejora para el desarrollo de la industria 4.0, los actores identificados fueron evaluados a partir de las empresas priorizadas en el sector manufactura y con un nivel de priorización de primario y secundario con respecto a su nivel de involucramiento en economía circular. Las dimensiones donde mayor información fue identificada en los actores fueron: Adaptación de tecnologías, digitalización de procesos e integración de datos en la cadena de valor.

Tabla 2. Priorización de actores en la industria 4.0 en Ecuador

PUNTAJE FINAL	CLASIFICACIÓN DEL ACTOR
108-243	Actor clave primario
32-107	Actor clave secundario
8-31	Actor clave terciario
1-7	Actor clave cuaternario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		Diagnóstico del beneficio potencial de aplicar la industria 4.0 (ECUADOR)										
Actor	Sector / Subsector	D1: Adopción de tecnologías 4.0		D2: Digitalización de procesos		D3: Integración de datos en la cadena de valor		D4: Trazabilidad de productos a lo largo de la cadena de valor/suministro		D5: Fabricación Lean o ajustada		Puntaje Final
		N° tecnologías implementadas	Puntaje	N° procesos digitalizados	Puntaje	Procesos en el que se integran	Puntaje	Trazabilidad cubierta	Puntaje	Alcance Lean	Puntaje	
		Ninguna	1	Ninguno	1	Ninguno	1	Ninguna	1	Ninguno	1	
		1-2	2	1	2	Planificación	2	1-2	2	Recursos o procesos	2	
		Más de 2	3	Más de 1	3	Producción	3	Todas	3	Ambos	3	
Proyección Futura	General	Big data: Existe la plataforma B2RED (B2B) que conecta a generadores de residuos con gestores ambientales, funciona gracias a un sistema de georreferenciación que permite establecer rutas de recolección inteligentes de forma rápida y eficiente.		-		-		-		-		Actor cuaternario en I4.0
		2		1		1		1		1		2
SEGINUS – Sistema Ecuatoriano de Gestión Integral de Neumáticos	Manufactura/ Plásticos					La empresa cuenta con un Sistema de Gestión Integrada (sgi) que administra de manera transparente y eficiente la recolección y el máximo aprovechamiento de los neumáticos fuera de uso integrando a los actores privados y públicos de la		Plataforma Inteligente de Trazabilidad Sostenible (PITS) con la cual optimizamos los procesos de recolección al mismo tiempo que conectamos en tiempo real a todos los actores de la cadena del				Actor cuaternario en I4.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Usados				cadena de valor de neumáticos del país.	reciclaje.		
		1	1	2	2	1	2
General Motors OBB	Manufactura/ Metalmecánica	<p>Data Analytics: A través de Power BI realizan un comparativo de costos de manufactura entre plantas para hacer sinergias de eficiencia de costos con otras plantas similares en la región.</p> <p>Realidad aumentada (RA): Proyectos pilotos en el área de soldadura con RA para la capacitación de operarios.</p> <p>Big data: GM-OBB dispone de software que recolecta los datos de todos los PLC de la fábrica y permite un seguimiento de la producción, reporta información detallada sobre ubicación, operación, funcionamiento, etc.</p>	-	-	-	<p>GM OBB del Ecuador gestiona de manera integral los recursos agua y energía empleados en sus procesos productivos, habiendo generado una reducción del 25% y 20% respectivamente en los últimos años (2020).</p> <p>Con know-how local se desarrollan carros auto-guiados lo que mejora la productividad de las áreas de distribución de materiales</p>	Actor terciario en I4.0
		3	1	1	1	3	9
	Manufactura/ Agroindustria	<p>Automatización del sistema de carga y de empaque de salchichas en su planta de Embutidos Pifo.</p> <p>Sistemas de control de condiciones ambientales y de alimentación en galpones de</p>	-	-	<p>Presentan el Procedimiento NA-AC25 "Identificación y Trazabilidad de productos Puenbo".</p> <p>Trazabilidad de los</p>	<p>Agua: La aplicación de nuevas tecnologías más eficientes en el consumo de agua y con la constante capacitación al personal en materia de reducción y uso adecuado del recurso.</p>	Actor terciario en I4.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

PRONACA (*)		producción de pollos. Mejoras en la secuenciación de producción, integrando ajustes de variables para migrar a un ajuste basado en Machine Learning. Uso de Big Data, Inteligencia artificial, Internet de las cosas, Computación en la nube Inteligencia artificial, para recopilar y analizar información que permita orientar el desarrollo de iniciativas. Uso de computación en la nube, permite mejor flujo de la información sin documentos físicos.			vehículos de la flota logística a través de un GPS.	Energía: Desarrollan un conjunto de soluciones que abarcan el aprovechamiento de su capacidad productiva, uso de tecnologías eficientes de producción. Se han implementado sistemas de gestión y varias de las instalaciones aplican la norma ISO 5001 de eficiencia energética.	
		3	1	1	3	3	27
Grupo Mario Bravo	Manufactura/ Plásticos				Dentro del grupo se encuentra la empresa Proceplas que elabora tuberías, rollos plásticos y accesorios industriales. Al final del proceso de fabricación, una impresora láser (inyección) marca la medida del tubo, lote, turno y fecha para supervisar la trazabilidad.		Actor cuaternario en 14.0
		1	1	1	2	1	2
Tritubot (*)	Manufactura/ Plásticos	Internet de las Cosas: Código de barras de las botellas de plástico para que estas sean trituradas. Uso de Big Data,	Emplean plataformas digitales en control y gestión	-	Sí, utiliza el código de barras para la identificación del producto.	Todo el proceso de gestión de reciclaje y logística es automático, esto ahorra recursos	Actor terciario en 14.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		computación en la nube e impresión 3D en Trazabilidad, sistemas de control y gestión.					
		3	1	1	2	2	12
Banco Pichincha	General	-	Presenta Plataforma virtual: Banca por internet y banca móvil para la revisión de estados de cuenta bancaria personales.	A través del departamento de Negocios Corporativos impone procesos innovadores que involucran a toda la cadena de valor. Como consecuencia, existe una reducción de costos y un aumento inminente de ganancias, pasos mucho más ágiles.	-	Implementación de herramientas de LEAN Manufacturing y Six Sigma para la optimización del proceso de originación de crédito en el segmento de Pequeñas Empresas utilizando metodología ágil SCRUM. (Reducción del 70% del tiempo de ciclo y 60% en reprocesos en el proceso de Colocación de Crédito PYME) Se implementó una meta institucional de ahorro de papel a través del programa Actúa.	Actor cuaternario en 14.0
		1	2	2	1	2	8
Produbanco	General	Produbanco presenta un robusto ecosistema tecnológico que permite el almacenamiento y análisis de la información en un Big Data y mediante el uso de técnicas como Machine y Deep Learning, Geo analítica, Inteligencia Artificial y Robotización de Procesos generar conocimiento para apoyar a la toma de decisiones basada en la data. La información consolidada de la cartera verde es visible	Mediante una plataforma de negocio propia del banco se realiza una clasificación de riesgos ambientales y sociales que permite mantener a SARAS (Sistema de Análisis de Riesgos Ambientales y Sociales) aliado con el sistema principal Prometeus que es una herramienta B2B Y B2C para analizar información, de esta manera el Big Data de Produbanco es capaz de generar reportes de manera automática y tener información	Cuentan con Sistema ERP que abarca <ul style="list-style-type: none"> Control presupuestario Base de datos para la generación de indicadores, análisis y toma de decisiones. Optimización de tiempos en toda la cadena de abastecimiento (requerimientos, entregas, pagos). Consumo eficiente de los recursos utilizados en el 	-	Plan de Reducción al 2025: Reducir el consumo de electricidad. Definir metas para la optimización de los indicadores de uso de energía.	Actor terciario en 14.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		en diferentes plataformas y potenciada por PowerBI. Los usuarios tienen a su disposición la información referente a Clientes, categorías de sostenibilidad, fundadores, certificaciones, y sectores cubiertos por cada proyecto.	de riesgo ambiental y social en tiempo real.	proceso (uso de papel, impresiones, etc.). La implementación del ERP de Produbanco está planificada para 4 fases.			
		3	2	2	1	2	24
Ecocaucho	Manufactura/ Plásticos	-	Tienen una plataforma para la venta de productos (caucho valorizado), es decir, emplean plataformas digitales en el proceso de venta denominada Tienda desde su página web ecocaucho.com.ec, desde aquí se puede revisar el catálogo de productos, seleccionar el producto, realizar el pago online y luego el producto llegará al domicilio respectivo.				Actor cuaternario en I4.0
		1	2	1	1	1	2

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Nestlé Ecuador	Manufactura/ Agroindustria	Nestlé Ecuador podrá obtener visibilidad del recorrido de sus productos e identificar las ineficiencias en la cadena de suministro a partir de los datos inteligentes y los conocimientos proporcionados por los dispositivos de detección basados en la tecnología IoT de Arviem, lo que resultará en una reducción del inventario y el desperdicio de alimentos, así como una mayor seguridad alimentaria.			Plan Cacao tiene como pilar el Abastecimiento de cacao sostenible y de buena calidad, este pilar tiene como actividad la implementación del sistema de trazabilidad de la certificación UTZ para garantizar que las materias primas han sido cultivadas de manera responsable con la comunidad.	Nestlé presenta el programa Ecuamás que impulsa la competitividad de su cadena de abastecimiento y la matriz productiva en el país, a través de la identificación y desarrollo de proveedores locales comprometidos con nuestros principios empresariales. Pilar de mejora continua para proveedores del programa que busca mejorar su competitividad a través de Proyectos Avanzados de Mejora Continua.	Actor terciario en I4.0
		2	1	1	2	3	12
Vertmonde	Manufactura/ Plásticos	Tienen una plataforma donde escribir tus datos para que puedan pasar por tus RAEE al domicilio y luego la empresa pueda gestionarlo. Esta plataforma digital se emplea para abastecerse de suministros.		Existe el servicio VertmondeBox: se adquiere desde la página web, coordinan la fecha de recolección de los residuos para luego entregar los residuos empacados a la empresa.			Actor cuaternario en I4.0
		1	2	2	1	1	4
EL Ordeño (*)	Manufactura/ Agroindustria	Blockchain: El Ordeño monitorea sus productos de leche TRÜ, que se lanzó al mercado con un código QR en su empaque.	-	Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning), OPC UA, Plataformas de IoT, Modelos de datos semánticos	En los productos TRÜ se conoce la trazabilidad del producto con tan sólo escanear el código QR desde el celular, el consumidor podrá conocer el camino que su producto ha recorrido (blockchain), conociendo desde el productor, pasando por	- Si se utiliza con énfasis en procesos productivos y de mejora continua	Actor terciario en I4.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

					los centros de calidad, cadenas de frío y centros de distribución, hasta que llega a su hogar.		
		2	1	2	3	2	24
Arca Continental	Manufactura/ Agroindustria	-	-	-	La trazabilidad del producto se encuentra dentro de los procesos de apoyo a la Cadena de Valor de Arca Continental	Desde el 2018, optaron por el Programa de Mejora Continua que capacita a sus colaboradores a partir de la Metodología Lean Six Sigma	Actor cuaternario en I4.0
		1	1	1	2	2	4
Reciveci (*)	Manufactura/ Plásticos	La empresa está aplicando actualmente las herramientas de Big Data y Blockchain	Reciveci tiene una App, que ayuda a conocer qué es reciclable y que no, y da a conocer quién es el reciclador del barrio y a quien se le puede entregar los residuos separados.	Integran datos en la cadena de valor de los productos. Ofrecen los servicios de gestión entre generadores de residuos y asociación de recicladores a través de la ReciApp	Utilizan códigos QR	Logística inversa para recolección de residuos reciclables y su ingreso a cadenas productivas (cierre de ciclo)	Actor terciario en I4.0
		2	2	2	2	2	10
Tesalia CBC (*)	Manufactura/ Agroindustria	Big Data: La empresa cuenta con una base de datos que se actualiza periódicamente mediante un censo que, a su vez, permite identificar nuevos clientes y participación de mercado en diferentes canales y categorías.	-	El Centro de Soporte del Área de TI de Tesalia CBC brinda soporte de decisiones asertivas, y comunicación eficaz para las diferentes unidades de negocios al mejor costo, provee a las empresas servicios de data center, software y servicios de tecnología para la automatización y control de los procesos principales del negocio.	-	En el eje de operaciones y servicios han desarrollado, sobre el marco de transparencia y confianza, la logística colaborativa (trabajo conjunto) con otras compañías para optimizar oportunidades de rentabilidad, eficiencia en tiempos de entrega, mayor satisfacción del cliente y reducción de huella ambiental.	Actor terciario en I4.0
		Computación en la nube: Posee el software Success Factors que cubre todos los de Gente & Gestión en la nube mediante data centers		Apoya la generación de condiciones idóneas de			

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		<p>GPS: A través de telemetría monitorean y controlan a la flota de la empresa</p> <p>Control de Subproductos y seguimiento de presentaciones innovadoras como Renovables (botellas pet).</p>		<p>administración de actividades de Back Office interno y externo, para brindar un excelente servicio en actividades de soporte de administración, manejo de información y registro de cuentas centralizado de los diferentes sistemas de las unidades de negocios.</p>			
		3	1	2	1	2	12
Cervecería Nacional	Manufactura/ Agroindustria	<p>Big data: El uso de esta tecnología acrecentó la rentabilidad de un 35,35% (del periodo 2015-2016) a 47.88% (2017-2018), mediante la provisión de información real con datos de calidad lo que favorece al proceso de toma de decisiones oportunas.</p>	-	-	-	<p>ENERGÍA: Entre el 2019 y 2020, Cervecería Nacional ha mejorado el uso de energía en un 1.25%, se cuenta con equipo de generación fotovoltaica para generar el 10% de energía de la PTAR.</p> <p>AGUA: A partir de grifos de lavamanos con sensor de movimiento, se genera un ahorro de 9.1 metros cúbicos de agua al mes.</p>	<p>Actor cuaternario en 14.0</p>
		2	1	1	1	2	4
ADELCA C.A.	Manufactura/ Metalmeccánica	-	-	<p>Adelca utiliza el sistema Enterprise Resource Planning (ERP) a través del SAP, el cual le permite contar con la información de costos de mano de obra, repuestos, combustible, el costo de indisponibilidad y las horas no trabajadas.</p>	<p>Adelca tiene Cadena Segura con BASC en sus procesos de seguridad para notificar al generador de la carga durante su transporte, mantener los registros para el control y la trazabilidad.</p>	<p>Se ha implementado el modelo de gestión Lean y Six Sigma, que permite reducir la variabilidad en los procesos y así disminuir o eliminar las fallas en los productos</p>	<p>Actor cuaternario en 14.0</p>
		1	1	2	2	2	8

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

TACHAPIR 3D	Manufactura/ Plásticos	Fabricación aditiva: Productos fabricados a partir de impresión 3D con material reciclado.	-	-	-	Lean manufacturing: Tachapir mezclan un 70% plástico reciclado y 30% material virgen para impresión 3D., dando como resultado un objeto que tiene la misma duración que uno impreso con material virgen en un 100%.	Actor cuaternario en I4.0
		2	1	1	1	2	4
PACARI	Manufactura/ Agroindustria	Blockchain: PACARI utiliza esta tecnología para saber la trazabilidad del producto.	Existe una plataforma digital de venta de productos desde su página web (paccari.com). Es una plataforma independiente del producto.	-	La trazabilidad con la que cuenta es para certificar la producción orgánica, esto le permite estar en el mercado de 42 países.	Para el mercado internacional: Optimizaron la producción nacional del cacao en grano "Nacional Arriba" en las fincas de sus proveedores y obtuvieron a través de procesos bioorgánicos, un producto de alta calidad que potencializa sus características naturales y reduce calorías (Superfoods).	Actor terciario en I4.0
		2	2	1	2	2	16
Reybanpac (*)	Manufactura/ Agroindustria	Big data., Inteligencia artificial, Internet de las cosas: Uso de tecnología para la Trazabilidad de los procesos,	-	Entre las herramientas de integración de datos en la cadena de valor de tu producto/ servicio: Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning), OPC UA, Plataformas de IoT	Códigos de barra, Estándar GS1	Utiliza las herramientas de Lean en la cadena de valor de los recursos y procesos	Actor terciario en I4.0
		2	1	2	2	2	16
República del Cacao (*)	Manufactura/ Agroindustria	Computación en la nube y Blockchain lo usan para compartir datos interáreas. pilotos de trazabilidad	Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning) en procesos	Uso de QR en procesos	-	-	Actor cuaternario en I4.0
		2	1	2	1	1	4

(*) Empresas que respondieron la encuesta

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

6.2 Análisis de Industria 4.0 en Paraguay

6.2.1 Análisis gubernamental

Paraguay cuenta con dos ministerios clave para impulsar el avance de la industria 4.0 en el país. Uno de ellos es el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), el cual tiene entre sus objetivos fomentar el desarrollo industrial y comercial, incorporando nuevas tecnologías y preservando el ambiente. Dentro de este, se encuentra el Viceministerio Industria, que, además de velar por el cumplimiento de las políticas industriales del ministerio, promueve el desarrollo de industrias competitivas y la diversificación de la estructura productiva para mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales, energéticos y humanos. Algunas acciones llevadas a cabo por el MIC incluyen el Programa de Oportunidades Circulares, una iniciativa interinstitucional y multisectorial que provee fondos concursables para la implementación de proyectos de producción basados en los principios de la economía circular; el proyecto Asunción Circular, que busca mejorar las condiciones socioambientales y económicas a través del fomento de la adopción de modelos de producción y negocio circular a nivel empresarial; y Mipyme Compite, que busca mejorar la competitividad de estas unidades empresariales¹⁷¹.

Por su parte, el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (MITIC) juega un papel importante para el desarrollo de tecnologías que puedan favorecer el crecimiento de una industria cada vez más digitalizada. En esa línea, se encuentra desarrollando el Programa de Apoyo a la Agenda Digital. Además de un gobierno electrónico, esta agenda impulsará, una economía digital con la adopción de tecnologías en las empresas, el fomento de emprendimientos digitales y la formación de trabajadores con conocimientos tecnológicos¹⁷². Para el alcance de los objetivos que plantea este programa, se promulgó el Decreto 2145, por el cual se crea el «Comité Estratégico Digital para el Diseño e Implementación del "Plan Nacional de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)"» y se le asignan funciones. Esfuerzos similares también se han realizado desde otros ministerios, como el Ministerio de Trabajo que ha brindado cursos tecnológicos para la industria 4.0 a través del Servicio Nacional de Promoción Profesional (SNPP)¹⁷³.

El país también cuenta con el Plan Nacional de Desarrollo: Paraguay 2030, el cual, dentro del eje estratégico crecimiento económico inclusivo, considera —aunque a grandes rasgos— la importancia de la tecnología. Asimismo, se encuentra la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, a cargo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), que tiene objetivos como estimular la I+D en las empresas, mejorar la vinculación entre la oferta del conocimiento tecnológico y científico con las demandas sociales y del sector productivo, promoviendo la sostenibilidad, fomentar procesos de

¹⁷¹ Ministerio de Industria y Comercio (2022). Programa de Oportunidades Circulares permitirá apoyo financiero para la implementación de proyectos de producción de mipymes. Disponible en: <https://www.mic.gov.py/mic/w/contenido.php?pagina=2&id=2544>

¹⁷² Gobierno Nacional de Paraguay (s.f.). Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (MITIC). Disponible en: <https://www.paraguay.gov.py/estado/poder-ejecutivo/mitic>

¹⁷³ Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (2021). Ministerio de Trabajo dio apertura a los cursos tecnológicos para la industria 4.0 a través del SNPP. Disponible en: <https://www.mtess.gov.py/noticias/ministerio-de-trabajo-dio-apertura-los-cursos-tecnologicos-para-la-industria-40-traves-del-snpp>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

innovación y emprendimientos a través de la investigación y las TIC's, entre otros¹⁷⁴. En 2020, el Conacyt abrió una convocatoria para que emprendedores y empresas de tecnología de reciente creación que trabajen proyectos que involucren Inteligencia artificial, computación cuántica, big data, open data, internet de las cosas (IoT), minería de datos y blockchain, puedan ser financiados hasta en un 80%¹⁷⁵.

6.2.2 Nivel de preparación

La evaluación de la situación de Paraguay respecto de su nivel de preparación para la inclusión de la cuarta revolución industrial en este, viene configurado por las siete dimensiones de la metodología GRAMI4.0. A continuación se detallan cada una de ellas y lo que se obtuvo para el país en mención.

DIMENSIÓN 1 - "Entorno habilitante":

Esta primera dimensión analiza que exista un **entorno habilitante** para la industria 4.0 en el país mediante el análisis del **entorno político, reglamentario, de normalización y empresarial** del país, los cuales son los **4 pilares** que conforman esta dimensión.

En el caso del **pilar del entorno político**, el liderazgo del país fue evaluado mediante tres indicadores:

El primero corresponde al **índice de estabilidad política y operacional (Political and operational stability)**, la fuente de este índice es el **Índice Global de Innovación 2021**, el cual ya posee este **indicador anualizado y estandarizado**. Este indicador mide la probabilidad y la gravedad de los riesgos políticos, legales, operativos o de seguridad que afectan las operaciones comerciales en el país. Paraguay, de acuerdo a la fuente mencionada, ha obtenido un **puntaje de 64.3 de 100 puntos posibles**, ubicándolo en la **posición 80 a nivel mundial**.

El segundo corresponde a la **eficacia del gobierno (Government effectiveness)**, donde la fuente es el **Índice Global de Innovación 2021**, el cual ya posee este **indicador anualizado y estandarizado**. Este indicador refleja las percepciones de la calidad de los servicios públicos, la calidad del servicio civil y el grado de su independencia de las presiones políticas, la calidad de la formulación e implementación de políticas y la credibilidad del compromiso del gobierno con tales políticas. Paraguay ha obtenido para este indicador un **puntaje de 38.8 de 100 puntos posibles**, ubicándolo en la **posición 101 a nivel mundial**.

El tercero corresponde a la **orientación futura del gobierno (Future orientation of government)**, para el cual se ha empleado como fuente el Banco Mundial. Este indicador resulta del puntaje promedio de las siguientes cuatro preguntas:

Pregunta	Forma de calificación
----------	-----------------------

¹⁷⁴ Conacyt (2017). Política Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Disponible en: https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editores/u38/Politica-de-CTI-publicaci%C3%B3n.pdf

¹⁷⁵ González (2020). Gobierno de Paraguay ofrece financiamiento a proyectos blockchain. Disponible en: <https://www.criptonoticias.com/comunidad/gobierno-paraguay-ofrece-financiamiento-proyectos-blockchain/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

En su país, ¿qué tan rápido es el marco legal de su país para adaptarse a los modelos de negocios digitales (por ejemplo, comercio electrónico, economía colaborativa, fintech, etc.)?	1 - 7: Nada rápido - Muy rápido.
En su país, ¿hasta qué punto el gobierno garantiza un entorno político estable para hacer negocios?;	1 - 7: Nada - En gran medida.
En su país, ¿en qué medida el gobierno responde de manera efectiva al cambio (por ejemplo, cambios tecnológicos, tendencias sociales y demográficas, seguridad y desafíos económicos) ?;	1 - 7: Nada - En gran medida.
En su país, ¿en qué medida el gobierno tiene una visión a largo plazo? Para las últimas tres preguntas, la respuesta va de 1 [nada] a 7 [en gran medida].	1 - 7: Nada - En gran medida.

El puntaje final es un promedio de los puntajes de las 4 preguntas, obteniéndose un puntaje final que comprende del 1 al 7, siendo 1 el valor más bajo y 7 el más alto. Paraguay obtiene para este indicador un puntaje de 3.04 (de 7 posibles) en 2018, el cual es el último puntaje registrado por el banco mundial, pero también se cuenta con un dato normalizado, que registra un valor de 38.88 de 100 posibles en 2019.

En el caso del **pilar del entorno regulatorio**, el país fue evaluado mediante tres indicadores:

- Primero, la calidad regulatoria, que tiene como fuente el **Índice Global de Innovación 2021**, el cual ya posee este indicador anualizado y estandarizado. Este indicador refleja las percepciones de la capacidad del gobierno para formular e implementar políticas y regulaciones sólidas que permitan y promuevan el desarrollo del sector privado. De acuerdo a la fuente mencionada, el indicador Regulatory Quality para Paraguay tiene un puntaje de 38.2 de 100 puntos posibles, poniéndolo en la posición de 85 a nivel mundial.
- El segundo es la **independencia judicial**, que tiene como fuente el World Economic Forum Global Competitiveness Index. Este indicador responde con una valoración del 1 al 7 a la pregunta: En su país, ¿qué tan independiente es el sistema judicial de las influencias del gobierno, individuos o empresas?, donde 1 es nada independiente y 7 es totalmente independiente (mejor valor). Paraguay obtuvo un valor de 2.09 de 7 posibles en 2017 (último valor registrado).
- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **protección de la propiedad intelectual**, para el cual se ha empleado como fuente el World Economic Forum Global Competitiveness Index. Este indicador responde con una valoración del 1 al 7 a la pregunta: En su país, ¿hasta qué punto se protege la propiedad intelectual?; siendo 1: Nada; y 7: En gran medida. Paraguay alcanza un puntaje de 3.04 de 7 posibles en 2016 (último valor registrado).

El **pilar del entorno empresarial** determinará las condiciones para la innovación, el espíritu empresarial y la disponibilidad de financiación para las empresas utilizando como indicadores:

- La **facilidad para iniciar un negocio**. Este indicador tiene como fuente el Economy Profile Profile Doing Business 2020, y evalúa la cantidad de procedimientos, el tiempo, el costo y el requisito de capital mínimo para que una pequeña o mediana empresa de responsabilidad

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

limitada se inicie y opere formalmente en la ciudad comercial más grande de cada economía. Paraguay tiene un puntaje de 76 de 100 posibles obteniendo el puesto 160 a nivel mundial.

- El segundo indicador es la **Facilidad para hacer negocios**, para el que se ha empleado como fuente el Economy Profile Profile Doing Business 2020. Este indicador clasifica a los países entre sí en función de cómo el entorno regulatorio es propicio para las operaciones comerciales. Paraguay registra un puntaje de 59.1 de 100 posibles en 2020, situándose en la posición 125 de 190 economías
- El tercero es la **disponibilidad de capital riesgo**, que tiene como fuente el Global Information Technology Report del World Economic Forum. Este indicador responde a la pregunta: ¿qué tan fácil es para los emprendedores de un país obtener financiación de capital para la creación de nuevos proyectos innovadores pero arriesgados? Valorándose la respuesta del 1 (extremadamente difícil) al 7 (extremadamente fácil). Paraguay obtuvo un puntaje de 2.49 de 7 posibles en 2016 (último valor registrado).
- Como cuarto indicador de este pilar se tiene el **Índice de densidad de registro de nuevas empresas**. La fuente para este indicador es el Índice Global de Innovación 2021 y mide el registro de nuevas empresas en el país por cada 1000 personas entre los 15-64 años, considerando que las nuevas empresas registradas son el número de nuevas sociedades de responsabilidad limitada (o su equivalente) registradas en el año calendario. Paraguay registra un valor de 0.2 de 1 como valor máximo posible en 2021 situándose en la posición 110 a nivel mundial.

Como último pilar de esta dimensión se tiene el de normalización, que determina el nivel de madurez de un método o tecnología a partir de normas reconocidas como ISO, UIT, ISOC, ETSI, ISF, RFC, ISA, IEC, NERC, FIPS, PCI DSS, etc. Los indicadores que pertenecen a este pilar son:

- El primer **indicador es la certificación ISO 9001** - sistemas de gestión de la calidad (ISO 9001 certification), Los datos de este indicador se informan cómo número de certificados por billón de PPA\$ del PIB. Y que de acuerdo al Global Innovation Index 2021, Paraguay obtiene un puntaje de 4.5, poniéndolo en el ranking 61 a nivel mundial.

Para los otros dos indicadores: “Sistemas de gestión de la seguridad de la cadena de suministro” y “Requisitos de gestión de los servicios de TI”, no se encontró data para el país, concluyendo así la evaluación de la dimensión 1.

DIMENSIÓN 2 - “Human Resource”:

Esta segunda dimensión analiza que existan los **recursos humanos** necesarios para la industria 4.0 en el país mediante el análisis de tres pilares, que evalúan el **nivel de educación básica, la educación terciaria en áreas relevantes y la empleabilidad**.

En cuanto al pilar del **nivel de educación básica** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **gasto gubernamental en educación**, cuya fuente de información es UNESCO y el Índice Global de Innovación 2021. Este indicador evalúa el gasto total del gobierno general (local, regional y central) en educación (corriente, capital y transferencias), expresado como

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

porcentaje del PIB. Ambas fuentes coinciden en que Paraguay alcanza un porcentaje de 3,47% de 100% posible, posicionándolo en el puesto 87 a nivel mundial.

- El segundo es la **esperanza de vida escolar**, cuya fuente de información es el World Economic Forum Global Competitiveness Index. El indicador muestra el número total de años de escolaridad (primaria a terciaria) que un niño puede esperar recibir, suponiendo que la probabilidad de que esté matriculado en la escuela a cualquier edad futura en particular es igual a la tasa de matriculación actual a esa edad. Paraguay alcanzó un valor de 12,32 en 2019, pero también cuenta con el dato normalizado para este año, obteniendo un puntaje de 68.44 de 100 puntos posibles.
- El tercer **indicador mide los años medios de escolarización**, que tiene como fuente el United Nations Development Program. Este indicador refleja el número promedio de años de educación recibidos por personas de 25 años o más, convertidos a partir de los niveles de educación alcanzados utilizando las duraciones oficiales de cada nivel. Paraguay alcanzó un valor de 8.5 de 15 posibles en 2019.
- El cuarto indicador es la **proporción de alumnos por profesor**, que ha empleado como fuente UNESCO. Este indicador muestra el número promedio de alumnos por maestro en la escuela secundaria. Paraguay obtiene un valor de 18.4 para este indicador, es decir, existe en promedio, 1 maestro por cada 18.4 estudiantes.

En cuanto al **pilar de la educación terciaria** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **número de matriculados en educación terciaria**, que tiene como fuente el Human Development Report de la UNDP. Este indicador mide la matrícula total en un determinado nivel de educación (terciaria), independientemente de la edad, expresada como porcentaje de la población en edad escolar oficial para el mismo nivel de educación. Paraguay alcanza un porcentaje de 35% de 100% posible en 2010 (último valor registrado).
- El segundo es el **número de matriculados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)** y el tercero el **número de graduados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)**, de los cuales no se dispone de información para el país, por lo que se prescinde del uso de estos.

En cuanto al **pilar de empleabilidad** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **grado de formación de los empleados**, que emplea como fuente el Global Information Technology Report del World Economic Forum. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida invierten las empresas en formación y desarrollo de los empleados?, respondiendo del 1 (para nada) al 7 (en gran medida). Paraguay obtuvo en 2016 un puntaje de 3.39 de 7 posibles.
- El segundo es el **nivel de empleo en servicios intensivos en conocimiento**, el cual, de acuerdo al Global Innovation Index 2021, Es la suma de personas de las categorías 1 a 3 como porcentaje del total de personas ocupadas, según la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (ISCO). Paraguay obtiene un porcentaje de 18,6%, ubicándose en el puesto 83 a nivel mundial.
- El último indicador de este pilar y de la dimensión es el **número de expertos en servicios de TIC**, para el cual no se dispone de información en el país, por lo cual se prescindió del uso de este indicador.

DIMENSIÓN 3 - “Infraestructura”:

Esta dimensión mide a través de dos pilares: **infraestructura física y digital**, si el país cuenta con la infraestructura necesaria para la industria 4.0:

En el pilar de **infraestructura física** se evalúan tres indicadores:

- El primero es la **disponibilidad de infraestructura vial**, que emplea como fuente el Enabling Trade Index (ETI) 2016, Este indicador se forma a partir de la disponibilidad y calidad de infraestructura para el transporte aéreo, terrestre, portuario y de carreteras. De acuerdo a esta, Paraguay posee un puntaje de 2.7 (de 7 posibles) obteniendo el puesto 108 entre 136 economías evaluadas.
- El segundo es el **Índice de rendimiento logístico**, que tiene como fuente el Banco Mundial. Este indicador mide la percepción de los profesionales de la logística sobre la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte del país (por ejemplo, puertos, ferrocarriles, carreteras, tecnología de la información), en una calificación que va de 1 (muy baja) a 5 (muy alta). Paraguay alcanzó un puntaje de 2.78 de 5 posibles en 2018 (último dato registrado).
- El tercer indicador es la **densidad de robots**, que mide la capacidad de automatización e incorporación de robots colaborativos en la industria. Este indicador no cuenta con información en el país, por lo que se prescindió de su uso.

Para evaluar la **infraestructura digital** se evaluaron tres indicadores:

- El primero es la **disponibilidad de infraestructura de TIC**, que emplea como fuente el E-Government Knowledgebase de las Naciones Unidas. Este es un indicador compuesto que mide la preparación de la infraestructura de telecomunicaciones de los países para aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación para mejorar su competitividad. Paraguay obtiene un puntaje normalizado para este indicador de 0.5435 (valores entre 0 a 1) en 2020.
- El segundo es la **Participación electrónica e Índice de servicios en línea**, este indicador tiene como fuente el E-Government Knowledgebase de las Naciones Unidas. Este indicador evalúa, en una escala de 0 a 1 (mejor valor), la calidad, la relevancia y la utilidad de los sitios web gubernamentales para proporcionar información en línea y herramientas y servicios participativos a sus ciudadanos. Paraguay obtiene un puntaje normalizado de 0.75 en 2020.
- El último indicador de este pilar y dimensión es el **cloud computing score**, del cual no se cuenta con información para el país. por lo que se ha prescindido del uso de este.

DIMENSIÓN 4 - “Sostenibilidad Ecológica”

La dimensión de sostenibilidad ecológica cuenta con un único pilar del mismo nombre y sus indicadores son los siguientes:

- El primero es el **Índice de protección del medio ambiente - EPI**. La fuente de este indicador es el Environmental Performance Index desarrollado por la Universidad de Yale. Este indicador emplea un método para cuantificar y clasificar numéricamente el desempeño ambiental de las políticas de un país. Paraguay tiene una puntuación de 53.93 (rango de puntajes de 0 a 100), logrando el puesto 105 a nivel mundial.
- El segundo indicador es el **número de certificados ISO 14001 emitidos en el país**, que tiene como fuente el Global Innovation Index 2021. En este caso, el indicador se reporta por mil millones de PBI PPA (\$). Paraguay tiene un puntaje normalizado de 2.2 (del 1 al 100), ubicándose en la posición 98 a nivel mundial.
- El tercer indicador es la **producción de energía renovable en el país**, que ha empleado como fuente a The International Renewable Energy Agency, la cual, en el perfil energético de Paraguay de 2018, reporta que 59.2% del consumo total final de energía en el país es a partir de fuentes renovables.

DIMENSIÓN 5 – “Capacidad de innovación”

Esta dimensión mide, a través de cuatro pilares: **investigación, la innovación industrial, la tecnología y los activos de propiedad intelectual.**

El pilar de **investigación** tiene cuatro indicadores:

- El primer indicador es el **número de investigadores por millón de habitantes (Researchers per million)**, que tiene como fuente la UNESCO. Paraguay registró un valor de **139.734 investigadores en I+D por millón de habitantes en 2018.**
- El segundo es el **gasto bruto en investigación y desarrollo (GRED) como % del PIB (GERD as % of PIB)**, que se ha extraído de la UNESCO. Este indicador mide los gastos internos brutos en investigación y desarrollo (I+D), expresados como porcentaje del PIB. Paraguay registra un valor de **0.146% para 2018.**
- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **calidad de las instituciones de investigación científica (Quality of scientific research institutions)**, que se ha encontrado en el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿cómo evalúa la calidad de las instituciones de investigación científica?, respondiéndose **del 1 al 7**, siendo 1: extremadamente pobre/entre los peores del mundo y 7: Extremadamente bueno/entre los mejores del mundo. Paraguay registró un valor de **2.55 en 2017**, situándolo en el **puesto 132 a nivel mundial.**
- El cuarto es la **colaboración de la investigación universidad-industria (University-industry research collaboration)**, que tiene como fuente el **Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas y las universidades

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

colaboran en investigación y desarrollo (I+D) ?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Paraguay obtuvo un **puntaje de 2.6 en 2018** según la fuente citada.

Los indicadores para evaluar el pilar de **innovación industrial** son:

- El primer indicador y segundo indicador son el **porcentaje de empresas innovadoras (Percent of innovative firms in manufacturing)** y el **porcentaje de innovación de productos (Percent of product innovation in manufacturing)**, respectivamente. Sin embargo, no se han considerado estos indicadores para el análisis puesto que no se cuenta con data disponible para el país.
- Como tercer indicador de este pilar se tienen las **co-inventiones internacionales (International Co-Inventions)**, que se ha extraído del **Global Competitiveness Index**. Este indicador mide el número de familias de patentes por millón de habitantes con co-inventores ubicados en el extranjero presentadas en al menos dos de las 5 principales oficinas (IP5) del mundo: la Oficina Europea de Patentes (EPO), la Oficina de Patentes de Japón (JPO), la Oficina de Propiedad Intelectual de Corea (KIPO), la Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de la República Popular China (SIPO) y la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos (USPTO). Paraguay presenta un **valor de 0 en 2019**, es decir, no cuenta con ninguna co-inención internacional registrada en dicho año.
- El cuarto indicador es la **capacidad de innovación (Capacity for innovation)**, cuya información se ha obtenido del **Global Information Technology Report**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas tienen capacidad de innovar?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Paraguay ha obtenido un **puntaje de 3.35 en 2016**.

El uso de **tecnología avanzada** se mide a partir de los siguientes indicadores:

- El primer indicador es la **cuota de valor añadido de la fabricación de media y alta tecnología (Medium- and High-Tech Manufacturing Value Added)**, que tiene como fuente la base de datos de la **United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)**. Este indicador mide la proporción del valor agregado de la industria de tecnología media y alta en el valor agregado total de la manufactura. Paraguay registra un **valor de 21,827% en 2019**.
- El segundo es la **disponibilidad de las últimas tecnologías (Availability of latest technologies)**, que tiene como fuente el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Que responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida se dispone de las últimas tecnologías?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Paraguay registra un **valor de 3.80 en 2017**.
- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **adquisición de tecnologías avanzadas por parte del gobierno (Government procurement of advanced technology)**, que se ha extraído del **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las decisiones de compra del gobierno fomentan la innovación?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Paraguay registra un **valor de 2.94 en 2017**.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- El cuarto es la **absorción de tecnología por parte de las empresas (Firm level technology absorption)**, cuya fuente es el **Global Information Technology Report**. En su país, ¿en qué medida las empresas adoptan nuevas tecnologías? respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Paraguay obtuvo un **puntaje de 4.05 en 2016** (último año registrado).

Los **activos de PI** miden la propiedad intelectual de un país a partir de los siguientes indicadores:

- El primer indicador es el **número de solicitudes de patentes por origen (Patent application by origin)**, que tiene como fuente **The Global Innovation Index**. Paraguay alcanza un **valor de 2 (del 1 al 100) para 2020**, el puntaje ya se encuentra normalizado y evalúa el número de solicitudes de patentes de residentes presentadas en una oficina de patentes nacional o regional determinada.
- Como segundo indicador se tiene el **número de publicaciones científicas y técnicas (Scientific and technical publications)**, que tiene como fuente la **National Science Foundation (NSF)**. Este indicador mide el número de artículos científicos y de ingeniería publicados en los siguientes campos: física, biología, química, matemáticas, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología, y ciencias de la tierra y el espacio. La NSF considera el número de artículos de un conjunto de revistas cubiertas por Science Citation Index (SCI) y Social Sciences Citation Index (SSCI). Paraguay alcanza un valor de 98 en 2018.
- El tercer indicador es el **número de solicitudes de marcas por origen (Trademark applications)**, que tiene como fuente **World Intellectual Property Organization**. Este indicador mide el número de solicitudes de marcas comerciales presentadas para registrar una marca comercial en una oficina de propiedad intelectual (PI) nacional o regional. Paraguay registra un valor de **17.46 K solicitudes en 2019**.
- El cuarto son los **diseños industriales por origen (Industrial design by origin)**, que se ha extraído del **Global Innovation Index**. Este indicador hace referencia al número de diseños contenidos en solicitudes de diseño industrial presentadas en una oficina nacional o regional determinada. Paraguay alcanzó un **puntaje 11.10 (de 0 a 100 puntos posibles) en 2019**.
- El quinto son los **cargos por uso de recepción de PI (Charges for using IP receipt)**, cuya fuente es el **IMF Balance of Payments Statistics Yearbook**. Los cargos por el uso de la propiedad intelectual son pagos y recibos entre residentes y no residentes por el uso autorizado de los derechos de propiedad (como patentes, marcas registradas, derechos de autor, procesos y diseños industriales, incluidos los secretos comerciales y franquicias) y por el uso, a través de acuerdos de licencia de productos originales o prototipos (como derechos de autor sobre libros y manuscritos, software informático, obras cinematográficas y grabaciones de sonido) y derechos conexos (como actuaciones en directo y retransmisiones por televisión, cable o satélite). Paraguay presenta un **valor de 0 dólares** para este indicador.

DIMENSIÓN 6 – “Ciberseguridad”:

Esta dimensión contiene un único pilar del mismo nombre, Ciberseguridad. Y comprende los siguientes indicadores:

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- El primer indicador es la **gestión de la seguridad de la información (Information Security Management)**, que tiene como fuente la **International Organization for Standardization**. Este indicador evalúa la percepción sobre la seguridad de la información mediante el número de certificaciones de la norma ISO/IEC 2700 que se han otorgado en el país. Hasta el año 2015 (último registro), en Paraguay no se obtuvo ningún certificado, por lo que **el valor de este indicador es 0**.
- El segundo son los **servidores de Internet seguros (Secure internet servers)**. Este indicador mide el **número de certificados TLS/SSL** distintos y de confianza pública encontrados en la encuesta de servidor seguro de Netcraft **por millón de personas**, estos certificados acreditan servidores seguros. Los servidores seguros son servidores que usan tecnología de encriptación en las transacciones a través de Internet. **Paraguay registra un valor de 475**. Para poder normalizar el valor: Islas Vírgenes Británicas, presenta el valor máximo con 741079, y el país con el valor más bajo del mundo es República Popular Democrática de Corea, con un valor de 0.
- Como tercer de esta dimensión se presenta el **índice de ciberseguridad (Security assesment index)**, que tiene como fuente el **Global Cybersecurity Index (GCI)**. Este indicador muestra el esfuerzo de los países en promulgar leyes de ciberseguridad para abordar áreas como la privacidad. Paraguay alcanza un **puntaje de 57.09 (puntaje de 0 a 100) y el puesto 84 a nivel mundial** en 2020.
- Como cuarto y último indicador se presenta la **tasa de piratería de software (Software piracy rate)**, que ha sido extraído del **Global Information Technology Report**. Este indicador mide las unidades de software sin licencia como porcentaje del total de unidades de software instaladas. Paraguay registra un **porcentaje de 84%**, ubicándolo en el **puesto 94**.

DIMENSIÓN 7 – “Consumidores”

La dimensión del consumidor está integrada por dos pilares: **Necesidades básicas** y **sensibilización digital**.

El pilar de **necesidades básicas** comprende los siguientes indicadores:

- La **esperanza de vida (Life expectancy)** es un indicador que ha empleado como fuente la **United Nations Population Division**. Paraguay registra un valor de **74.254 años de esperanza de vida en 2019**. Para poder normalizar el valor, se registran también los valores mínimos y máximos de este indicador, que los tienen la República Central de África con 53 años y San Marino con 85 años respectivamente.
- El segundo indicador es el **acceso al agua (Access to water)**, el cual se ha obtenido de **Santation and Water for All**, el cual indica que Paraguay cuenta con un **79% de cobertura en agua potable y 95,3% para agua mejorada**.
- El **acceso al saneamiento (Access to sanitation)** el cual se ha obtenido de **Santation and Water for All**, el cual indica que Paraguay cuenta con un **80,3% de población con saneamiento mejorado**.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- El **acceso a la electricidad (Access to electricity)** es un indicador que se ha obtenido del **Banco Mundial y SE4ALL**, el cual registra que Paraguay alcanzó un **valor de 100%** de cobertura de electricidad para su población en **2019**.
- La **tasa de alfabetización de adultos (Adult literacy rate)** es un indicador que se ha obtenido de la **UNESCO**. Este indicador corresponde al porcentaje de la población mayor de 15 años que es capaz de leer y escribir, con entendimiento, una proposición simple y breve sobre su vida diaria. Para calcular este indicador se divide el número de personas alfabetizadas mayores de 15 años por la población del correspondiente grupo etáreo y se multiplica por 100. Paraguay presenta un **valor de 94,545%** población alfabetizada en 2020.

El pilar de **conciencia digital** comprende los siguientes indicadores:

- El **uso de Internet B2C (Business to consumer internet use)**, es un indicador que se ha extraído del **Global Information Technology Report**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas utilizan Internet para vender sus bienes y servicios a los consumidores?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Paraguay alcanza un **puntaje de 3.57 en 2016**.
- El **uso individual (Individual usage)**, es un indicador que tiene como fuente la **Unión Internacional de Telecomunicaciones**. El indicador se refiere a los usuarios de Internet como las personas que han utilizado Internet (desde cualquier lugar) en los últimos 3 meses y se expresa en porcentaje de la población. Paraguay registra un **acceso al internet del 74.515% en 2020**.
- El tercer indicador es el **acceso a Internet en las escuelas (Internet access in schools)**, que se ha extraído del **Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida se utiliza Internet en las escuelas con fines de aprendizaje?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Paraguay registra un **valor de 2.92 en 2016**.
- Como último indicador se presentan las **habilidades digitales entre la población activa (Digital skills among active population)**, que tiene como fuente el **Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida la población activa posee suficientes habilidades digitales (por ejemplo, habilidades informáticas, codificación básica, lectura digital) ?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Paraguay obtiene un puntaje de **2.91 para este indicador en 2019**.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

6.2.3 Análisis de actores en la industria 4.0

Diagnóstico del beneficio potencial de aplicar la industria 4.0 (Paraguay)											
Actor	D1: Adopción de tecnologías 4.0		D2: Digitalización de procesos		D3: Integración de datos en la cadena de valor		D4: Trazabilidad de productos a lo largo de la cadena de valor/suministro		D5: Fabricación Lean o ajustada		Puntaje Final
	N° tecnologías implementadas	Puntaje	N° procesos digitalizados	Puntaje	Procesos en el que se integran	Puntaje	Trazabilidad cubierta	Pu	Alcance Lean	Puntaje	
	Ninguna	1	Ninguno	1	Ninguno	1	Ninguna	1	Ninguno	1	
	1-2	2	1	2	Planificación	2	1-2	2	Recursos o procesos	2	
	Más de 2	3	Más de 1	3	Producción	3	Todas	3	Ambos	3	
Brassur	-	-	-	-	-	-	-	-	La empresa ha obtenido una certificación ISO 9001 por la calidad en sus productos en los procesos de recolección, almacenamiento, selección y compactación de residuos (filosofía Lean orientada a procesos)		Actor cuaternario en 14.0
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
KOGA	-	-	Uso de plataformas digitales para sus programas/servicios de capacitación, incubación y aceleración.		-	-	-	-	-	-	Actor cuaternario en 14.0
	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	
Las Tacuaras S.A.	-	-	Emplean softwares dentro de sus plantas de producción de alimento para algunas operaciones del proceso productivo.		-	-	-	-	Filosofía Lean para recursos: certificada como empresa B, generan biogas a partir de residuos para abastecer de energía la trampa de moscas.		Actor cuaternario en 14.0
	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	
Industrias	-	-	Emplean softwares dentro de sus plantas de		-	-	-	-	Reaprovechamiento y optimización de		Actor

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Trociuk		producción de alimentos para algunas operaciones del proceso productivo.			agua y generan su propio humus a partir de sus residuos orgánicos.	cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	2	4
Cervepar	-	Emplean herramientas digitales en su proceso de comercialización.	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	1	2
Grupo Cartones Yaguareté S.A. (CYSA)	-	-	-	-	La empresa cuenta con certificación de la Norma ISO 9001:2015 que asegura eficacia y eficiencia en los procesos que realizan	Actor cuaternario en I4.0
	1	1	1	1	2	2
Grupo Sueñolar	-	Tienda virtual	-	-	Optimización de recursos: Energía y aprovechamiento de efluentes. ISO 14001 y 9001 para optimizar procesos.	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	3	6
Mboja'o	-	Tienda Virtual	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	1	1
Circuclaje	-	El modelo de negocio consiste en una plataforma web, cuentan con muchos procesos digitales.	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0
	1	3	1	1	1	3
Redciclaje (*)		Uso de Impresión 3D: Para prototipar productos o matrices para luego fabricar nuevos productos 100% de plástico reciclado. Trazabilidad de los productos a través de los códigos de Barra.		Uso de Códigos QR para trazabilidad	La Fabricación Lean o ajustada es parte de su misión y visión	Actor cuaternario en I4.0
	2	2	1	2	2	8
Soluciones Ecológicas S.A.	En la fase de uso del servicio aplican tecnología de lector de	Cuentan con una app propia para ubicar ecopuntos y acceder a información de	-	-	-	Actor cuaternario en

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	códigos de barras a través de su aplicación para indicar qué residuos pueden ir a sus ecopuntos.	reciclabilidad de un producto mediante los códigos de barras. También cuentan con una plataforma llamada "mi barrio sin residuos", con la cual implementarán recolección selectiva para el recojo de material reciclable, en línea a su modelo de negocio.				14.0
	2	3	1	1	1	6
Envaco	-	Se cuenta con máquinas semiautomáticas, que optimizan el proceso de manufactura.	-	Uso de códigos de lote para la trazabilidad de los productos.	Empresa B certificada, cuenta con certificación ISO 9001 de gestión de calidad. Fabricación Lean orientada a procesos. También optimizan el uso de recursos.	Actor terciario en I4.0
	1	2	1	2	3	12
Azucarera Paraguaya S.A. (AZPA) (*)	Uso de Big Data, Inteligencia Artificial e internet de las cosas en el registro y recopilación de datos.	Se emplean servicios digitales en la producción.	Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning), Sistemas MES (Manufacturing Executive Systems)	Trazabilidad hacia atrás mediante códigos de barras,	Enfoque Lean en para el uso de recursos y para la ejecución de procesos. Optimizan el uso de energía y los procedimientos de logística.	Actor terciario en I4.0
	2	2	2	2	3	24
Vemarcorp S.A.	-	-	-	-	Enfoque Lean orientado a la optimización de procesos de la empresa que ahorran recursos.	Actor cuaternario en I4.0
	1	1	1	1	2	2
Yguazú Cementos	-	Cuentan con sistemas de gestión digitales para controlar los procesos de la empresa	1	1	Enfoque Lean orientado a la optimización de uso de recursos gracias a su Sistema de Alimentación de Combustible Alternativa	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	-	-	2	4
Merencena (*)	Computación en la nube: Trabajos en conjunto en Google Drive	-	Se usa plataformas digitales para la venta	Códigos QR, Estándar GS1	Aún no hacen uso de Lean	Actor cuaternario en I4.0
	1	1	2	2	1	4
Reciql0 (*)	Uso de Biga data Mediante una aplicación de trazabilidad de los residuos de vidrio	-	Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning), CRM	Uso de códigos de Barra	-	Actor cuaternario en I4.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	2	1	2	2	1	6
Texciclo (*)	Computación en la nube	-	Sistemas MES (Manufacturing Executive Systems)	-	Utilizan Lean para procesos en los residuos textiles para generar nuevos productos y tejidos 100% sustentables.	Actor cuaternario en I4.0
	2	1	2	1	2	6

(*) Empresas que respondieron la encuesta

6.3 Análisis de Industria 4.0 en El Salvador

6.3.1 Análisis gubernamental

Al analizar la organización institucional de El Salvador, se encuentran, dentro del Ministerio de Economía, algunas direcciones que podrían propiciar el desarrollo de una industria 4.0. Una de ellas es la Dirección de Innovación y Calidad (DICA), que lleva a cabo iniciativas en seguimiento a la estrategia de fomento y promoción de una cultura de innovación, desarrollo tecnológico y calidad en los diferentes sectores prioritarios del país, con el fin de crear un entorno favorable en las empresas, con especial enfoque a las Mipymes, para el incremento y mejora de su competitividad en los mercados nacionales e internacionales. Así, ofrece servicios de apoyo al sector empresarial en la identificación de tecnologías que incrementen su competitividad, capacitación y sensibilización del recurso humano para la aplicación de temas relacionados a la innovación, asistencia técnica en la incorporación de nuevos procesos productivos, entre otros.

Así mismo, se identifica la Dirección de Innovación Productiva y Competitividad Empresarial (DIPCE), que ejecuta políticas públicas, estrategias y programas que impulsan la innovación productiva y mejoran la competitividad empresarial, encontrándose, dentro de sus servicios, la asesoría y asistencia técnica para el fortalecimiento a los encadenamientos productivos y el impulso de la transformación digital, capacitación y formación profesional, programas y proyectos que propicien la innovación productiva y competitividad empresarial, vinculación y articulación con otros actores, etc..

En esa línea, se crearon programas como el de Impulso al emprendimiento e intra emprendimiento: innovador, de base digital y tecnológica, que busca fomentar la creación y visibilizar aquellas empresas que incluyan un alto grado de innovación y componentes tecnológicos que requieran de herramientas o procesos de aceleración para fortalecer sus operaciones. Otro programa que sigue este enfoque es el de Talento Digital ES 4.0: Impulso de proyectos complementarios de formación y certificación de talento vinculado a la transformación digital e industria 4.0, que tiene como fin formar y certificar a los salvadoreños en habilidades digitales requeridas para la transformación digital de los sectores productivos.

En materia de políticas, se identifica la Política Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología, cuyo objetivo es fomentar y coordinar la investigación científica y tecnológica con el fin de contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar social. Así, impulsa el desarrollo de la industria 4.0 al apoyar la innovación empresarial para el incremento de la productividad, y estimular el emprendimiento innovador.

Asimismo, el país cuenta con la Política Nacional de Fomento, Diversificación y Transformación Productiva El Salvador 2014-2024, creada con el objetivo de fortalecer los sectores productivos con ventajas comparativas reveladas (VCR) para su adecuada inserción en el mercado internacional y así, estimular la generación de empleo formal, la producción nacional, la expansión de las exportaciones con contenido tecnológico y la diversificación de mercados y productos. Dicha política está conformada por tres ejes de acción: Fomento Productivo Nacional, Diversificación de la Oferta Exportable y la Transformación Productiva.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Adicionalmente, destaca la Agenda Digital El Salvador 2020-2030, donde se destaca dentro de uno de sus principios, la importancia del crecimiento de la productividad con un enfoque basado en la simplificación de procesos administrativos, la innovación en procesos productivos y en la utilización de herramientas tecnológicas. Además, dentro del eje de innovación, educación y competitividad, se promueve la innovación para la transformación social y productiva para brindar soluciones a través de la investigación y desarrollo de las tecnologías que aprovechan la Cuarta Revolución Industrial.

En cuanto al sector privado, se puede decir que, actualmente, en El Salvador, no se tiene registro de alguna empresa que se encuentre mayoritariamente automatizada o totalmente inmersa en la manufactura 4.0, sin embargo, algunas como McDonald's y Excel Automotriz están en vías de hacerlo. Son pocas las empresas que en 2018 contaban siquiera con algún grado de aplicación tecnológica en sus procesos de manufactura, pudiéndose afirmar que la situación de la manufactura 4.0 en El Salvador es deficiente. Así, en El Salvador se estima que la manufactura 4.0 puede ser implementada en unos 20 años posiblemente, según diferentes fuentes consultadas.

Para acelerar este proceso, se requiere de iniciativas gubernamentales, así como la enseñanza en centros educativos de las TI, para difundir su conocimiento y fomentar la adquisición de las habilidades que la implementación de estas nuevas tecnologías requiere. Un ejemplo de este tipo de acciones se llevó a cabo por la Universidad Don Bosco bajo el nombre de “Conferencia virtual sobre los procesos de transformación digital hacia la industria 4.0”, donde se abordaron temas como las tecnologías facilitadoras de la transformación digital, procesos de transformación digital, economía colaborativa para la producción y nuevos roles profesionales en la industria 4.0. Igualmente será necesario hacer una capacitación del personal de las empresas, para aprender todo lo relacionado con el análisis y manejo de datos, programación, mantenimiento, etc. Cabe mencionar que en el país no todas las empresas podrían implementarla, ya que podría generar dificultades para algunas empresas que manejan pequeños volúmenes de producción, sin embargo, no es necesaria la implementación de la industria 4.0 en un 100 %, sino que en la mayoría de los casos bastaría con una aplicación parcial.

A pesar del panorama presentado, según varios ponentes del encuentro organizado por la Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI) en 2018, en El Salvador ya hay empresas que están incursionando en la cuarta revolución industrial o industria 4.0. Estos eventos llevados a cabo bajo el nombre de “Innovación Week” son el encuentro más importante de innovación, emprendedurismo, Industria 4.0 e innovación educativa del país, contribuyendo con la generación de una cultura de innovación a través del uso de nuevas estrategias que le permitan al sector industrial aplicar las nuevas tendencias de la cuarta revolución industrial.

6.3.2 Nivel de preparación

La evaluación de la situación de Paraguay respecto de su nivel de preparación para la inclusión de la cuarta revolución industrial en este, viene configurado por las siete dimensiones de la metodología GRAMI4.0. A continuación se detallan cada una de ellas y lo que se obtuvo para el país en mención.

DIMENSIÓN 1 - “Entorno habilitante”

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Esta primera dimensión analiza que exista un **entorno habilitante** para la industria 4.0 en el país mediante el análisis del **entorno político, reglamentario, de normalización y empresarial** del país, los cuales son los **4 pilares** que conforman esta dimensión.

En el caso del **pilar del entorno político**, el liderazgo del país fue evaluado mediante tres indicadores:

- El primero es el **índice de estabilidad política y operacional (Political and operational stability)**, cuya fuente es el **Índice Global de Innovación 2021**. Este indicador mide la probabilidad y la gravedad de los riesgos políticos, legales, operativos o de seguridad que afectan las operaciones comerciales en el país. El Salvador, de acuerdo a la fuente mencionada, ha obtenido un **puntaje normalizado de 64.3 de 100 puntos posibles**, ubicándolo en la **posición 80 a nivel mundial**.
- El segundo es la **eficacia del gobierno (Government effectiveness)**, cuya fuente es el **Índice Global de Innovación 2021**. Este indicador refleja las percepciones de la calidad de los servicios públicos, la calidad del servicio civil y el grado de su independencia de las presiones políticas, la calidad de la formulación e implementación de políticas y la credibilidad del compromiso del gobierno con tales políticas. El Salvador ha obtenido para este indicador un **puntaje normalizado de 40.3 de 100 puntos posibles**, ubicándolo en la **posición 97 a nivel mundial**.
- El tercero corresponde a la **orientación futura del gobierno (Future orientation of government)**, para el cual se ha empleado como fuente el **Banco Mundial**. Este indicador resulta del puntaje promedio de cuatro preguntas ligadas a la agilidad, estabilidad y efectividad del gobierno. El puntaje final es un **promedio de los puntajes de las 4 preguntas**, obteniéndose un puntaje final que comprende del 1 al 7, siendo **1 el valor más bajo y 7 el más alto**. El Salvador obtiene para este indicador un **puntaje de 2.07 (de 7 posibles) en 2018**.

En el caso del **pilar del entorno regulatorio**, el país fue evaluado mediante tres indicadores:

- Primero, la **calidad regulatoria (Regulatory quality)**, que tiene como fuente el **Índice Global de Innovación 2021**. Este indicador refleja las percepciones de la capacidad del gobierno para formular e implementar políticas y regulaciones sólidas que permitan y promuevan el desarrollo del sector privado. Este indicador para El Salvador tiene un **puntaje estandarizado de 44.1 de 100 puntos posibles**, poniéndolo en la **posición de 69 a nivel mundial**.
- El segundo es la **independencia judicial (Judicial independence)**, que tiene como fuente el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Este indicador responde con una valoración del 1 al 7 a la pregunta: En su país, ¿qué tan independiente es el sistema judicial de las influencias del gobierno, individuos o empresas?, donde 1 es nada independiente y 7 es totalmente independiente (mejor valor). **El Salvador obtuvo un valor de 3.23 de 7 posibles en 2017 (último valor registrado)**.
- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **protección de la propiedad intelectual (Intellectual property protection)**, para el cual se ha empleado como fuente el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Este indicador responde con una valoración del 1 al 7 a la pregunta: En su país, ¿hasta qué punto se protege la propiedad intelectual?; siendo **1: Nada; y 7: En gran medida**. El Salvador alcanza un **puntaje de 3.41 de 7 posibles en 2016 (último valor registrado)**.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

El pilar del **entorno empresarial** determinará las condiciones para la innovación, el espíritu empresarial y la disponibilidad de financiación para las empresas utilizando como indicadores:

- La **facilidad para iniciar un negocio (Ease of starting a business)**, que tiene como fuente el **Economy Profile Profile Doing Business 2020**, evalúa la cantidad de procedimientos, el tiempo, el costo y el requisito de capital mínimo para que una pequeña o mediana empresa de responsabilidad limitada se inicie y opere formalmente en la ciudad comercial más grande de cada economía. El Salvador tiene un **puntaje de 78.6 de 100 posibles obteniendo el puesto 148 a nivel mundial**.
- El segundo indicador es la **Facilidad para hacer negocios (Ease of Doing Business)**, para el que se ha empleado como fuente el **Economy Profile Profile Doing Business 2020**. Este indicador clasifica a los países entre sí en función de cómo el entorno regulatorio es propicio para las operaciones comerciales. **El Salvador registra un puntaje de 65.3 de 100 posibles en 2020, situándose en la posición 91 de 190 economías**
- El tercero es la **disponibilidad de capital riesgo (Venture capital availability)**, que tiene como fuente el **Global Information Technology Report del World Economic Forum**. Este indicador responde a la pregunta: ¿qué tan fácil es para los emprendedores de un país obtener financiación de capital para la creación de nuevos proyectos innovadores pero arriesgados? Valorándose la respuesta del 1 (extremadamente difícil) al 7 (extremadamente fácil). **El Salvador obtuvo un puntaje de 2.56 de 7 posibles en 2016 (último valor registrado)**.
- Como cuarto indicador de este pilar se tiene el Índice de **densidad de registro de nuevas empresas (New business density)**, La fuente para este indicador es el **Índice Global de Innovación** y mide el registro de nuevas empresas en el país por cada 1000 personas entre los 15-64 años, considerando que las nuevas empresas registradas son el número de nuevas sociedades de responsabilidad limitada (o su equivalente) registradas en el año calendario. **El Salvador registra un valor de 0.6 de 1 como valor máximo posible, situándose en la posición 93 a nivel mundial**.

Como último pilar de esta dimensión se tiene el de **normalización**, que determina el nivel de madurez de un método o tecnología a partir de normas reconocidas como ISO, UIT, ISOC, ETSI, ISF, RFC, ISA, IEC, NERC, FIPS, PCI DSS, etc. Los indicadores que pertenecen a este pilar son:

- El primer indicador es la **certificación ISO 9001 - sistemas de gestión de la calidad (ISO 9001 certification)**, Los datos de este indicador se informan como **número de certificados por billón de PPA (\$) del PIB**. Y que de acuerdo al Global Innovation Index 2021, **El Salvador obtiene un puntaje de 2.7, poniéndolo en el ranking 80 a nivel mundial**. Se debe considerar que el valor máximo para este indicador lo tiene Bulgaria con un puntaje de 38 y el mínimo lo tiene Tajikistan con 0.2.
- Para los otros dos indicadores: “Sistemas de gestión de la seguridad de la cadena de suministro” y “Requisitos de gestión de los servicios de TI”, no se encontró data para el país, concluyendo así la evaluación de la dimensión 1.

DIMENSIÓN 2 - “Recursos humanos”:

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Esta segunda dimensión analiza que existan los **recursos humanos** necesarios para la industria 4.0 en el país mediante el análisis de tres pilares, que evalúan el **nivel de educación básica, la educación terciaria en áreas relevantes y la empleabilidad**.

En cuanto al pilar del **nivel de educación básica** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **gasto gubernamental en educación (Expenditure on education)**, cuya fuente de información ha sido la **Asamblea Legislativa de El Salvador**. Este indicador evalúa el gasto total del gobierno general (local, regional y central) en educación (corriente, capital y transferencias), expresado como porcentaje del PIB. El Salvador alcanza un **porcentaje de 5.5% de 100% posible para 2022**.
- El segundo es la **esperanza de vida escolar (School life expectancy)**, cuya fuente de información es el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. El indicador muestra el número total de años de escolaridad (primaria a terciaria) que un niño puede esperar recibir, suponiendo que la probabilidad de que esté matriculado en la escuela a cualquier edad futura en particular es igual a la tasa de matriculación actual a esa edad. El Salvador alcanzó un puntaje estandarizado de **64.95 de 100 puntos posibles en 2019**.
- El tercer indicador mide los **años medios de escolarización (Mean years of schooling)**, que tiene como fuente el **United Nations Development Program**. Este indicador refleja el número promedio de años de educación recibidos por personas de 25 años o más, convertidos a partir de los niveles de educación alcanzados utilizando las duraciones oficiales de cada nivel. El Salvador alcanzó un valor de **6.9 de 15 posibles en 2019**.
- El cuarto indicador es la **proporción de alumnos por profesor (Pupil-teacher ratio)**, que ha empleado como fuente **UNESCO**. Este indicador muestra el número promedio de alumnos por maestro en la escuela secundaria. El Salvador obtiene un **valor de 29.372 para este indicador**. El valor máximo de este indicador lo registra Grecia con 149 y el menor 1 de Sudán del Sur.

En cuanto al pilar de la **educación terciaria** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **número de matriculados en educación terciaria (Tertiary Enrolment)**, que tiene como fuente el **Human Development Report de la UNDP**. Este indicador mide la matrícula total en un determinado nivel de educación (terciaria), independientemente de la edad, expresada como porcentaje de la población en edad escolar oficial para el mismo nivel de educación. El Salvador alcanza un porcentaje de **29.372% de 100% posible en 2018**.
- El segundo indicador es el **número de matriculados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)**, que para El Salvador se encontró el dato a partir del **Banco Mundial**, el cual registra que en **2018 el 11.02% de estudiantes universitarios perteneció a estos programas**, el indicador del banco mundial se llama "Percentage of students in tertiary education enrolled in Engineering, Manufacturing and Construction programmes, both sexes (%)".
- El tercer indicador es el **número de graduados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)**, que para El Salvador se encontró el dato a partir del **Banco Mundial**, el cual registra que en **2018 el 11.38% de graduados perteneció a estos programas**,

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

el indicador del banco mundial se llama “Percentage of graduates from tertiary education graduating from Engineering, Manufacturing and Construction programmes, both sexes (%)”.

En cuanto al pilar de **empleabilidad** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **grado de formación de los empleados (Extent of staff training)**, que emplea como fuente el **Global Information Technology Report** del **World Economic Forum**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida invierten las empresas en formación y desarrollo de los empleados?, respondiendo del 1 (para nada) al 7 (en gran medida). El Salvador obtuvo en 2016 un **puntaje de 3.65 de 7 posibles**.
- El segundo es el **nivel de empleo en servicios intensivos en conocimiento (Knowledge-intensive employment)**, el cual, de acuerdo al **Global Innovation Index 2021**, Es la suma de personas de las categorías 1 a 3 como porcentaje del total de personas ocupadas, según la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (ISCO). El Salvador obtiene un **porcentaje de 12.3%, ubicándose en el puesto 103 a nivel mundial**.
- El último indicador de este pilar y de la dimensión es el **número de expertos en servicios de TIC (ICT service experts)**, para el cual no se dispone de información en el país, por lo cual se prescindió del uso de este indicador.

DIMENSIÓN 3 - “Infraestructura”:

Esta dimensión mide a través de dos pilares: **infraestructura física y digital**, si el país cuenta con la infraestructura necesaria para la industria 4.0:

En el pilar de **infraestructura física** se evalúan tres indicadores:

- El primero es la **disponibilidad de infraestructura vial (Availability of transport infrastructure)**, que emplea como fuente el **Enabling Trade Index (ETI) 2016**, Este indicador se forma a partir de la disponibilidad y calidad de infraestructura para el transporte aéreo, terrestre, portuario y de carreteras. De acuerdo a esta, El Salvador posee un **puntaje de 3.2 (de 7 posibles) obteniendo el puesto 84 entre 136 economías evaluadas**.
- El segundo es el **Índice de rendimiento logístico (Logistics performance index)**, que tiene como fuente el **Banco Mundial**. Este indicador mide la percepción de los profesionales de la logística sobre la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte del país (por ejemplo, puertos, ferrocarriles, carreteras, tecnología de la información), en una calificación que va de 1 (muy baja) a 5 (muy alta). El Salvador alcanzó un **puntaje de 2.25 de 5 posibles en 2018 (último dato registrado)**.
- El tercer indicador es la **densidad de robots (Density of robots)**, que mide la capacidad de automatización e incorporación de robots colaborativos en la industria. Este indicador no cuenta con información en el país, por lo que se prescindió de su uso.

Para evaluar la **infraestructura digital** se evaluaron tres indicadores:

- El primero es la **disponibilidad de infraestructura de TIC (Telecommunication Infrastructure Index)**, que emplea como fuente el **E-Government Knowledgebase** de las Naciones Unidas. Este es un indicador compuesto que mide la preparación de la infraestructura de

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

telecomunicaciones de los países para aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación para mejorar su competitividad. **El Salvador obtiene un puntaje normalizado para este indicador de 0.5085 (valores entre 0 a 1) en 2020.**

- El segundo es la **Participación electrónica e Índice de servicios en línea (E-Participation Index)**, este indicador tiene como fuente el **E-Government Knowledgebase** de las Naciones Unidas. Este indicador evalúa, en una **escala de 0 a 1 (mejor valor)**, la calidad, la relevancia y la utilidad de los sitios web gubernamentales para proporcionar información en línea y herramientas y servicios participativos a sus ciudadanos. El Salvador obtiene un **puntaje normalizado de 0.6786 (valores del 0 al 1) en 2020.**
- El último indicador de este pilar y dimensión es el **cloud computing score**, del cual no se cuenta con información para el país. por lo que se ha prescindido del uso de este.

DIMENSIÓN 4 – “Sostenibilidad ecológica”

La dimensión de sostenibilidad ecológica cuenta con un único pilar del mismo nombre y sus indicadores son los siguientes:

- El primero es el **Índice de protección del medio ambiente - EPI (Environmental Performance Index)**. La fuente de este indicador es el **Environmental Performance Index desarrollado por la Universidad de Yale**. Este indicador emplea un método para cuantificar y clasificar numéricamente el desempeño ambiental de las políticas de un país. El Salvador tiene una **puntuación de 53.91 (rango de puntajes de 0 a 100), logrando el puesto 106 a nivel mundial.**
- El segundo indicador es el **número de certificados ISO 14001 emitidos en el país (ISO 14001 certification)**, que tiene como fuente el **Global Innovation Index**. En este caso, el indicador se reporta por **mil millones de PBI PPA (\$)**. El Salvador tiene un **puntaje normalizado de 2.2 (del 1 al 100), ubicándose en la posición 97 a nivel mundial.**
- El tercer indicador es la **producción de energía renovable en el país (Renewable energy)**, que ha empleado como fuente la **International Renewable Energy Agency (IRENA)**, la cual reporta que El Salvador cuenta con un **64.3%** del consumo total final de energía en el país es a partir de fuentes renovables en 2019.

DIMENSIÓN 5 – “Capacidad de innovación”

Esta dimensión comprende cuatro pilares: **investigación, la innovación industrial, la tecnología y los activos de propiedad intelectual.**

El pilar de **investigación** tiene cuatro indicadores:

- El primer indicador es el **número de investigadores por millón de habitantes (Researchers per million)**, que tiene como fuente la **UNESCO**. El Salvador registró un valor de **71.176 investigadores en I+D por millón de habitantes en 2018.**
- El segundo es el **gasto bruto en investigación y desarrollo (GRED) como % del PIB (GERD as % of PIB)**, que se ha extraído de **UNESCO**. Este indicador mide los gastos internos brutos en investigación y desarrollo (I+D), expresados como porcentaje del PIB. El Salvador registra un valor de **0.165% para 2018.**

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **calidad de las instituciones de investigación científica (Quality of scientific research institutions)**, que se ha encontrado en el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿cómo evalúa la calidad de las instituciones de investigación científica?, respondiéndose **del 1 al 7**, siendo 1: extremadamente pobre/entre los peores del mundo y 7: Extremadamente bueno/entre los mejores del mundo. El Salvador registró un valor de **2.42 en 2017**, situándose en el **puesto 133 a nivel mundial**.
- El cuarto es la **colaboración de la investigación universidad-industria (University-industry research collaboration)**, que tiene como fuente el **Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas y las universidades colaboran en investigación y desarrollo (I+D)?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). El Salvador obtuvo un **puntaje de 2.7 en 2018** según la fuente citada.

Los indicadores para evaluar el pilar de **innovación industrial** son:

- El primer indicador y segundo indicador son el **porcentaje de empresas innovadoras (Percent of innovative firms in manufacturing)** y el **porcentaje de innovación de productos (Percent of product innovation in manufacturing)**, respectivamente. Sin embargo, no se han considerado estos indicadores para el análisis puesto que no se cuenta con data disponible para el país.
- Como tercer indicador de este pilar se tienen las **co-invencciones internacionales (International Co-Inventions)**, que se ha extraído del **Global Competitiveness Index**. Este indicador mide el número de familias de patentes por millón de habitantes con co-inventores ubicados en el extranjero presentadas en al menos dos de las 5 principales oficinas (IP5) del mundo: la Oficina Europea de Patentes (EPO), la Oficina de Patentes de Japón (JPO), la Oficina de Propiedad Intelectual de Corea (KIPO), la Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de la República Popular China (SIPO) y la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos (USPTO). El Salvador presenta un **valor de 0 en 2019**, es decir, no cuenta con ninguna co-invencción internacional registrada en dicho año.
- El cuarto indicador es la **capacidad de innovación (Capacity for innovation)**, cuya información se ha obtenido del **Global Information Technology Report**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas tienen capacidad de innovar?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). El Salvador ha obtenido un **puntaje de 4.05 en 2016**.

El uso de **tecnología avanzada** se mide a partir de los siguientes indicadores:

- El primer indicador es la **cuota de valor añadido de la fabricación de media y alta tecnología (Medium- and High-Tech Manufacturing Value Added)**, que tiene como fuente la base de datos de la **United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)**. Este indicador mide la proporción del valor agregado de la industria de tecnología media y alta en el valor agregado total de la manufactura. El Salvador registra un valor de **19.127% en 2019**.
- El segundo es la **disponibilidad de las últimas tecnologías (Availability of latest technologies)**, que tiene como fuente el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Que responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida se dispone de las últimas

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

tecnologías?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). El Salvador registra un **valor de 4.16 en 2017**.

- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **adquisición de tecnologías avanzadas por parte del gobierno (Government procurement of advanced technology)**, que se ha extraído del **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las decisiones de compra del gobierno fomentan la innovación?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). El Salvador registra un **valor de 2.35 en 2017**.
- El cuarto es la **absorción de tecnología por parte de las empresas (Firm level technology absorption)**, cuya fuente es el **Global Information Technology Report**. En su país, ¿en qué medida las empresas adoptan nuevas tecnologías? respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). El Salvador obtuvo un **puntaje de 4.44 en 2016** (último año registrado).

Los **activos de PI** miden la propiedad intelectual de un país a partir de los siguientes indicadores:

- El primer indicador es el **número de solicitudes de patentes por origen (Patent application by origin)**, que tiene como fuente **The Global Innovation Index**. El Salvador alcanza un **valor de 0.3 (del 1 al 100) para 2020**, el puntaje ya se encuentra normalizado y evalúa el número de solicitudes de patentes de residentes presentadas en una oficina de patentes nacional o regional determinada.
- Como segundo indicador se tiene el **número de publicaciones científicas y técnicas (Scientific and technical publications)**, que tiene como fuente la **National Science Foundation (NSF)**. Este indicador mide el número de artículos científicos y de ingeniería publicados en los siguientes campos: física, biología, química, matemáticas, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología, y ciencias de la tierra y el espacio. La NSF considera el número de artículos de un conjunto de revistas cubiertas por Science Citation Index (SCI) y Social Sciences Citation Index (SSCI). El Salvador alcanza un **valor normalizado de 0.3 (del 1 al 100)** en 2020.
- El tercer indicador es el **número de solicitudes de marcas por origen (Trademark applications)**, que tiene como fuente **World Intellectual Property Organization**. Este indicador mide el número de solicitudes de marcas comerciales presentadas para registrar una marca comercial en una oficina de propiedad intelectual (PI) nacional o regional, este indicador se basa en el recuento de clases: el número total de clases de bienes y servicios especificados en las solicitudes de marcas registradas de residentes. Los datos están expresados en número de solicitudes por PIB PPA (miles de millones). **El Salvador registra un valor de 82.3**. El valor máximo para este indicador lo posee Irán con un valor de 418.9 y el mínimo Bahrein con 4.5.
- El cuarto son los **diseños industriales por origen (Industrial design by origin)**, que se ha extraído del **Global Innovation Index**. Este indicador hace referencia al número de diseños contenidos en solicitudes de diseño industrial presentadas en una oficina nacional o regional determinada. El Salvador alcanzó un **puntaje normalizado de 0.9 (de 0 a 100 puntos posibles) en 2019**.
- El quinto son los **cargos por uso de recepción de PI (Charges for using IP receipt)**, cuya fuente es el **IMF Balance of Payments Statistics Yearbook**. Los cargos por el uso de la propiedad

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

intelectual son pagos y recibos entre residentes y no residentes por el uso autorizado de los derechos de propiedad (como patentes, marcas registradas, derechos de autor, procesos y diseños industriales, incluidos los secretos comerciales y franquicias) y por el uso, a través de acuerdos de licencia de productos originales o prototipos (como derechos de autor sobre libros y manuscritos, software informático, obras cinematográficas y grabaciones de sonido) y derechos conexos (como actuaciones en directo y retransmisiones por televisión, cable o satélite). El Salvador presenta un **valor de 729.72K dólares** en 2020 para este indicador. El valor mínimo de este indicador es 0 y el máximo lo tiene Estados Unidos con 113.779 billones de dólares.

DIMENSIÓN 6 – “Ciberseguridad”:

Esta dimensión contiene un único pilar del mismo nombre, Ciberseguridad. Y comprende los siguientes indicadores:

- El primer indicador es la **gestión de la seguridad de la información (Information Security Management)**, que tiene como fuente la **International Organization for Standardization**. Este indicador evalúa la percepción sobre la seguridad de la información mediante el número de certificaciones de la norma ISO/IEC 2700 que se han otorgado en el país. Hasta el año 2015 (último registro), en El Salvador se obtuvo un certificado, por lo que **el valor de este indicador es 1**. El valor mínimo de este indicador es 0 certificados y el máximo lo tiene Japón (para 2015) con 8240 certificados.
- El segundo son los **servidores de Internet seguros (Secure internet servers)**. Este indicador mide el **número de certificados TLS/SSL** distintos y de confianza pública encontrados en la encuesta de servidor seguro de Netcraft **por millón de personas**, estos certificados acreditan servidores seguros. Los servidores seguros son servidores que usan tecnología de encriptación en las transacciones a través de Internet. **El Salvador registra un valor de 135**. Para poder normalizar el valor: Islas Vírgenes Británicas, presenta el valor máximo con 741079, y el país con el valor más bajo del mundo es República Popular Democrática de Corea, con un valor de 0.
- Como tercer de esta dimensión se presenta el **índice de ciberseguridad (Security assesment index)**, que tiene como fuente el **Global Cybersecurity Index (GCI)**. Este indicador muestra el esfuerzo de los países en promulgar leyes de ciberseguridad para abordar áreas como la privacidad. El Salvador alcanza un **puntaje de 13.3 (puntaje de 0 a 100) y el puesto 148 a nivel mundial** en 2020.
- Como cuarto y último indicador se presenta la **tasa de piratería de software (Software piracy rate)**, que ha sido extraído del **Global Information Technology Report**. Este indicador mide las unidades de software sin licencia como porcentaje del total de unidades de software instaladas. El Salvador registra un **porcentaje de 80%**, ubicándolo en el **puesto 85** a nivel mundial, hay que recordar que en este caso, cuanto menor sea el porcentaje de piratería, mejor ubicación tendrá a nivel mundial, puesto que un alto porcentaje indica una barrera para la I4.0.

DIMENSIÓN 7 – “Consumidores”

La dimensión del consumidor está integrada por dos pilares: **Necesidades básicas** y **sensibilización digital**.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

El pilar de **necesidades básicas** comprende los siguientes indicadores:

- La **esperanza de vida (Life expectancy)** es un indicador que ha empleado como fuente la **United Nations Population Division**. El Salvador registra un valor de **73.317 años de esperanza de vida en 2019**. Para poder normalizar el valor, se registran también los valores mínimos y máximos de este indicador, que los tienen la República Central de África con 53 años y San Marino con 85 años respectivamente.
- El segundo indicador es el **acceso al agua (Acces to water)**, el cual se ha obtenido de **Water and Sanitation Program**, el cual indica que El Salvador cuenta con un **88% de cobertura en agua potable**.
- El **acceso al saneamiento (Access to sanitation)** el cual se ha obtenido del **Water and Sanitation Program**, el cual indica que El Salvador cuenta con un **87% de población con acceso a saneamiento**.
- El **acceso a la electricidad (Access to electricity)** es un indicador que se ha obtenido del **DIGESTYC**, el cual registra que El Salvador alcanzó un **valor de 95%** de cobertura de electricidad para su población en **2013**.
- La **tasa de alfabetización de adultos (Adult literacy rate)** es un indicador que se ha obtenido de la **UNESCO**. Este indicador corresponde al porcentaje de la población mayor de 15 años que es capaz de leer y escribir, con entendimiento, una proposición simple y breve sobre su vida diaria. Para calcular este indicador se divide el número de personas alfabetizadas mayores de 15 años por la población del correspondiente grupo etáreo y se multiplica por 100. El Salvador presenta un **valor de 89.138%** población alfabetizada en 2020.

El pilar de **conciencia digital** comprende los siguientes indicadores:

- El **uso de Internet B2C (Bussiness to consumer internet use)**, es un indicador que se ha extraído del **Global Information Technology Report**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas utilizan Internet para vender sus bienes y servicios a los consumidores?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). El Salvador alcanza un **puntaje de 4.63 en 2016**.
- El **uso individual (Individual usage)**, es un indicador que tiene como fuente la **Unión Internacional de Telecomunicaciones**. El indicador se refiere a los usuarios de Internet como las personas que han utilizado Internet (desde cualquier lugar) en los últimos 3 meses y se expresa en porcentaje de la población. El Salvador registra un **acceso al internet del 50.491% en 2019**.
- El tercer indicador es el **acceso a Internet en las escuelas (Internet access in shcools)**, que se ha extraído del **Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida se utiliza Internet en las escuelas con fines de aprendizaje?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). El Salvador registra un **valor de 3.22 en 2016**.
- Como último indicador se presentan las **habilidades digitales entre la población activa (Digital skills among active population)**, que tiene como fuente el **Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida la población activa posee suficientes habilidades digitales (por ejemplo, habilidades informáticas, codificación

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

básica, lectura digital) ?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida).
El Salvador obtiene un puntaje de **3.16 para este indicador en 2019.**

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

6.3.3 Análisis de actores en la industria 4.0

Diagnóstico del beneficio potencial de aplicar la industria 4.0 (El Salvador)											
Actor	D1: Adopción de tecnologías 4.0		D2: Digitalización de procesos		D3: Integración de datos en la cadena de valor		D4: Trazabilidad de productos a lo largo de la cadena de valor/suministro		D5: Fabricación Lean o ajustada		Puntaje Final
	N° tecnologías implementadas	Puntaje	N° procesos digitalizados	Puntaje	Procesos en el que se integran	Pun	Trazabilidad cubierta	Pun	Alcance Lean	Punta	
	Ninguna	1	Ninguno	1	Ninguno	1	Ninguna	1	Ninguno	1	
	1-2	2	1	2	Planificación	2	1-2	2	Recursos o procesos	2	
	Más de 2	3	Más de 1	3	Producción	3	Todas	3	Ambos	3	
PETTENATI CENTRO AMERICA S.A. de C.V. (*)	La empresa hace uso de tecnologías big data y computación en la nube. -		-La empresa hace uso de plataformas digitales para la producción.		La empresa La empresa emplea Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning). Además cuenta con un Sistema de Gestión Integrado (SGI) que permite manejar programas, métricas, recolección de datos y procedimientos operativos sobre los impactos ambientales que la empresa produce.		- La empresa emplea códigos de barra para la trazabilidad de sus productos.		Solo de 2006 a 2017, la empresa redujo el consumo de agua en un 53% y el consumo de energía en un 30% en la producción de tejidos.		Actor Secundario en I 4.0
	2		2		2		2		2	32	
La Constancia(*)	-La empresa hace uso de tecnología big data, inteligencia artificial y computación en la nube para la integración de información, desde el		Cuenta con plataformas como “Las Heladas Express”, plataforma de comercio electrónico con entregas a domicilio; Bees, plataforma digital gratuita para establecimientos comerciales afiliados a La		-La empresa hace uso de Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning) y Sistemas MES (Manufacturing Executive Systems)		- La empresa realiza la trazabilidad de sus productos por medio de codificación individual a cada unidad y vinculación entre software de logística, distribución y		-La empresa aplica principios de la filosofía Lean en sus procesos.		Actor Secundario en I 4.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	pronóstico de la demanda hasta ciclos eficientes de distribución.	Constancia; un “Menú Digital” que emplea códigos QR y “Tienda Cerca SV”, un sitio de geolocalización de tiendas aledañas. De acuerdo con la empresa, este tipo de plataformas digitales son usadas en todas las etapas de la cadena.		facturación. -		
	3	3	2	2	2	54
Alas Doradas(*)	La empresa hace uso de computación en la nube, internet de las cosas y big data para el análisis de compras y gestión de inventarios.	La empresa hace uso de plataformas digitales para el abastecimiento de suministros.	La empresa emplea Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning), OPC UA y Plataformas de IoT para la integración de datos en la cadena de valor.	La empresa hace uso de códigos de barra para la trazabilidad del producto.	-	Actor Secundario en I 4.0
	3	2	3	2	1	36
Ternova (Termoencogibles)	-	Está involucrada en el proyecto App Circula, la cual es la primera aplicación sobre economía circular de la región y que se convertirá en una importante herramienta que rendirá frutos positivos para aquellas personas y entidades que formen parte del ciclo de vida de materiales y productos reciclables.	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	1	2
Carvajal Empaques Centroamérica(*)	La empresa hace uso de la computación en la nube.	La empresa hace uso de plataformas digitales en la producción.	La empresa hace uso de Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning).	La empresa hace uso de códigos de barra para la trazabilidad del producto.	Carvajal Empaques, ha creado modelos de producción sustentables que contribuyen al cuidado del planeta, a través de una política ambiental que busca impulsar la economía circular, que tiene como principio la cultura del reciclaje. Concretamente, la empresa ha implementado un	Actor Secundario en I 4.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

					sistema denominado SAM que controla de manera automática la activación de los compresores de acuerdo con la carga necesaria para las máquinas en funcionamiento. De esa manera, se evita el error humano al encender más compresores de los necesarios	
	2	2	2	2	2	32
Maquiplastic	La empresa emplea computación en la nube e impresión 3D para el prototipado a escala de nuevos proyectos.	La empresa hace uso de plataformas digitales durante la producción.	La empresa emplea Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning).	-	Se emplean estrategias de optimización durante los procesos de logística para las rutas de entrega de materias primas.	Actor terciario en I 4.0
	2	2	2	1	2	16
Disocvery Environmental	-	La empresa hace uso de plataformas digitales durante la post-venta.	La empresa emplea Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning).	-	La empresa aplica estrategias de optimización de recursos y procesos para las órdenes grandes	Actor terciario en I 4.0
	1	2	2	1	3	12
AES El Salvador	-	-	-	-	La empresa señala que poseen políticas de sistema de gestión de calidad y seguridad, gestionando sus procesos, resultados e indicadores, basados en el Sistema Integrado de Gestión bajo las normas ISO 45001:2018, ISO 14001:2015 e ISO 9001:2015.	Actor cuaternario en I 4.0
	1	1	1	1	2	2
Unilever	-	-	-	-	La empresa ha incorporado cambios en sus procesos e	

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

					implementación de proyectos que disminuyen considerablemente el consumo de agua y de energía. Además, cuenta con un plan de diseño para sus empaques con el fin de reducir la cantidad de plástico de estos. Unilever también trabaja con la empresa de soluciones para la cadena de suministros CHEP, que hace posible que sus clientes utilicen pallets sin necesidad de adquirirlos, compartiéndolos una y otra vez, en un ciclo de eficiencia conocido como pooling, que reduce tanto costos como uso de recursos.	Actor cuaternario en I4.0
	1	1	1	1	2	2
Kimberly Clark (*)	La empresa aplica internet de las cosas para el control y planificación de la producción, así como la visualización de variables críticas en los procesos. La empresa también hace uso de la computación en la nube.	-	La empresa hace uso de Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning), Sistemas MES (Manufacturing Executive Systems), OPC UA y Plataformas de IoT.	La empresa hace uso de código de barras para la trazabilidad de sus productos.	La empresa aplica la filosofía Lean para la optimización del uso de agua y energía, además cuenta con un Programa de Desperdicios y Reciclaje, el cual se enfoca en utilizar los materiales de manera eficiente en el diseño y la fabricación de productos y embalaje, desviar los desperdicios de la fabricación y posteriores al consumo de las vías de salida de bajo valor a sus beneficiarios de valor superior, entre otros. Asimismo, aplica la excelencia operacional en sus procesos.	Actor secundario en I4.0
	2	1	3	2	3	36
Grupo Parque	La empresa combina	La empresa cuenta con la app Yo	-	-	-	

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Verde Industrial	procesos de selección automáticos y manuales con el objetivo de separar las fracciones recuperables de la mezcla de residuos y prepararlas para la comercialización.	Reciclo, en la cual se puede declarar el material que se tenga en casa o en el trabajo que se desee reciclar (aluminio, cartón, plástico, electrónicos, papel) y conectar así con los recolectores de base para que puedan ir a recogerlo, mejorando, a través de esta herramienta, la cobertura de la empresa.				Actor cuaternario en I4.0
	2	2	1	1	1	4
Grupo AGRISAL	-	-	-	-	Cuenta con iniciativas en materia de optimización de recursos. Por ejemplo, la empresa ha ahorrado 5000 metros cúbicos de agua, equivalente al consumo de 333 viviendas de la zona urbana. Además, han disminuido el uso de plásticos y desechables. En cuanto a energía, gracias a acciones como modernización de la planta de aires acondicionados, reemplazo de luminarias por LED y al sistema Green Engage ha ahorrado 30 % de energía con su planta fotovoltaica, es decir, más de 1.5000.000 KWH entre 2016 y 2017, el equivalente al consumo de 2.050 viviendas.	Actor cuaternario en I4.0
	1	1	1	1	2	2
Coco Canela	-	El emprendimiento cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos.	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	1	2
Vitrales by Margarita Llorca	La empresa incorpora tecnología digital en sus procesos de fabricación.	El emprendimiento cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos.	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	2	2	1	1	1	4
Alma Weaving Souls	-	El emprendimiento cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos.	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	1	2
Robertoni	-	Está involucrada en el proyecto App Circula, junto con la ASI y la embajada británica, siendo esta la primera aplicación sobre economía circular de la región y que se convertirá en una importante herramienta que rendirá frutos positivos para aquellas personas y entidades que formen parte del ciclo de vida de materiales y productos reciclables.	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	1	2
ENERWIRE (*)	La empresa aplica big data para el mejor control de datos y procesos, computación en la nube para facilitar el acceso a la información y hace uso del internet de las cosas a través de aplicaciones que permiten recoger datos de las máquinas de producción.	La empresa hace uso de plataformas digitales en los procesos de compras, ventas y producción.	La empresa emplea Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning)-	-	Tiene una filosofía Lean enfocada en los procesos y en la gestión de recursos. Ello se evidencia en su experiencia en la reducción de desperdicios. Así mismo, lleva a cabo acciones para cumplir las metas de la empresa, reducir emisiones atmosféricas, consumo energético y así contribuir a mitigar los efectos del cambio climático. Cuentan con ISO 9001 e ISO 50001.	Actor secundario en I4.0
	3	3	2	1	3	54
TOTO SA d CV (*)	-	-	-	La empresa emplea códigos de barra y códigos QR para la trazabilidad de sus	-	Actor cuaternario en I4.0

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

				productos.		
	1	1	1	2	1	2
Matricería Industrial Roxy (*)	-	La empresa emplea plataformas digitales para el abastecimiento de suministros.	-	-	-	Actor cuaternario en I4.0
	1	2	1	1	1	2
3M	-	-	-	La empresa impulsa la sustentabilidad de su cadena de suministros a través de la trazabilidad de su materia prima. Dentro de este enfoque, integra tecnologías para la recopilación de datos, análisis y generación de informes a través de la automatización.	La empresa impulsa el pensamiento "cero desperdicio" a través del diseño de sus productos, tecnologías de proceso y trabajos de reducción de materiales dentro de sus operaciones. Adicionalmente, trabaja de manera interna con sus proveedores en el empaque de sus materias primas. Tiene como meta reducir los residuos de fabricación en un 10 % adicional, indexado a las ventas, para 2025, lograr un estado de cero vertederos en más del 30 % de los lugares de fabricación para el mismo año, así como reducir progresivamente el consumo de agua.	Actor cuaternario en I4.0
	1	1	1	2	2	4
Grupo Vical El Salvador (*)	La empresa emplea blockchain, impresión 3D, inteligencia artificial y computación en la nube para la generación y consumo de información para la toma de decisiones.	La empresa hace uso de plataformas digitales en la producción.	La empresa hace uso de Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning) y Sistemas MES (Manufacturing Executive Systems) para la integración de datos en la cadena de valor del producto.	-	La empresa optimiza la materia prima en los procesos de extracción y uso, así como el recurso energético durante la producción	Actor secundario en I4.0
	3	2	3	1	2	36

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Tigo El Salvador	En alianza con Amazon Web Services, la empresa ofrece servicios en la nube, permitiendo la centralización de datos y conectividad directa a sus clientes.	La empresa cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos.	-	-	El Campus TIGO posee la certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) Core and Shell con el puntaje más alto en la región. Asimismo, la empresa inauguró la planta de energía solar con la que espera generar un ahorro significativo en el uso de energía eléctrica.	Actor cuaternario en I4.0
	2	2	1	1	2	8

(*) Empresas que respondieron la encuesta

6.4 Análisis de Industria 4.0 en República Dominicana

6.4.1 Análisis gubernamental

Avances importantes para el desarrollo de la industria 4.0 se viene dando en República Dominicana, lo cual se remonta desde el año 2004, cuando por primera vez la administración pública de República Dominicana inició la formulación de una estrategia de e-Gov con la creación de la Oficina Presidencial de Tecnologías de la Información y Comunicación (OPTIC). Fue a partir de esta estrategia cuando se comenzaron a implantar servicios electrónicos públicos en todo el país¹⁷⁶. Posteriormente, se da la creación de iniciativas públicas que consolidarán el desarrollo de gobiernos electrónicos. Por ejemplo, para el año 2011 el gobierno de República Dominicana pasa a formar parte de la iniciativa de gobierno abierto. Luego, en el año 2015, la OPTIC organiza el primer congreso internacional de Gobierno Electrónico en República Dominicana. Un año más tarde, tuvo lugar en República Dominicana y en todo el Caribe la 1ª Jornada Internacional de Firma Digital, promovida por la Procuraduría General y con la organización técnica de Avansi¹⁷⁷. Por último, para el año 2016 se tiene un avance importante que se refleja en que la implementación del gobierno electrónico estaría en el 70% sobre la totalidad del presupuesto previsto.

Para el año 2019, se daría una alianza entre países para el reforzamiento de la industria 4.0. El Ministerio de Industria y Comercio de RD con el Ministerio de Industria, comercio y Turismo de España; las cuales han firmado acuerdos para promover la digitalización en el sector comercial centrándose en aumentar el valor añadido industrial, la cualificación del empleo, y el desarrollo y despliegue de soluciones digitales para la industria. Estos esfuerzos también se ven reflejados en el desarrollo de capacitaciones. En este mismo año varias instituciones de República Dominicana realizaron la Conferencia “Industria 4.0” para impulsar la transformación industrial como parte de una estrategia de transformación tecnológica del sistema industrial del país¹⁷⁸.

En el año 2021, se aprobó la Agenda Digital 2030 de la República Dominicana cuyos objetivos y líneas de acción de la fueron aprobados en el Decreto 527-21. Este plan presenta componentes que abarcan seis áreas principales: Gobernanza y marco regulatorio, conectividad y acceso, gobierno digital, educación y capacidades digitales, economía digital, ciberseguridad e innovación tecnológica. Así mismo, promueve la implementación de un Plan Nacional de Banda Ancha así como de proveer conexiones a internet a precios asequibles, lograr la eficiencia y transparencia de la administración pública y desarrollar las competencias necesarias en la ciudadanía para adoptar de manera eficiente las tecnologías digitales¹⁷⁹. De acuerdo a este plan, los actores principales para el desarrollo de esta industria en RD son:

- Ministerio de Administración Pública (MAP)
- Consejo Nacional de Competitividad (CNC)

¹⁷⁶ OG00v (2016). La evolución del e-gov en República Dominicana. Disponible en: <https://www.ogooov.com/es/blog/gobierno-electronico-rd/>

¹⁷⁷ ViaFirma (2021). Estado y evolución del Gobierno Electrónico en República Dominicana. Disponible en: <https://www.viafirma.do/gobierno-electronico-republica-dominicana/>

¹⁷⁸ United Nations Commission on Science and Technology for Development (2020). Issues paper on Industry 4.0 for Inclusive Development. Disponible en: https://unctad.org/system/files/information-document/CSTD2021-2022_Issues01_Industry4.0_en.pdf

¹⁷⁹ Gobierno de la República Dominicana (2021). Agenda Digital 2030. Disponible en: <https://agendadigital.gob.do/wp-content/uploads/2022/02/Agenda-Digital-2030-v2.pdf>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- Oficina Gubernamental de Tecnologías de la Información y Comunicación (OGTIC)
- Ministerio de Industria, Comercio y MIPYMES (MICM)

El Ministerio de Industria, Comercio y Pymes lanzó la Primera Estrategia Nacional para la Exportación de Servicios Modernos, que busca potenciar las cadenas de valor de sectores no tradicionales con gran potencial exportador. La estrategia propone acciones en 5 pilares: desarrollo de capacidades, marco normativo-institucional, inversión y financiamiento, ecosistema y promoción de mercados. Así también, hace hincapié en la necesidad de realizar un monitoreo constante y de contar con indicadores de seguimiento que permita implementar de manera correcta¹⁸⁰.

Estos hitos históricos han podido ser realizados por un respaldo del marco legal en RD. A continuación se enlistan las leyes relacionadas al desarrollo de la industria 4.0 (ver Tabla xx) :

Tabla 3.Leyes relacionadas al desarrollo de la Industria 4.0 en República Dominicana

LEY	EXTRACTO
Ley 153-98 de Telecomunicaciones	Busca fomentar el desarrollo de las telecomunicaciones, promover la competencia justa, eficaz y sostenible, defender y preservar los derechos de los consumidores, promover el servicio universal y administrar eficientemente el espectro radioeléctrico.
Ley 20-00 Sobre Propiedad Intelectual	Busca proteger de manera efectiva los derechos de propiedad industrial, así como dejar establecidas las obligaciones de los titulares de estos derechos.
Ley 126-02 Sobre Comercio Electrónico, Documentos y Firmas y Digitales	Define Comercio Electrónico como toda relación de índole comercial, contractual o no, estructurada a partir de la utilización de uno o más documentos digitales o mensajes de datos o de cualquier otro medio similar. También regula los documentos electrónicos, mensajes de datos digitales, firmas electrónicas y otros elementos similares, así como toda relación comercial estructurada a partir de los mismos. Además, el Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones (INDOTEL) se configura como Órgano Regulador.
Ley 200-04	El objetivo de esta ley es garantizar el derecho de toda persona a solicitar y recibir información efectiva, veraz y oportuna sobre todos los actos y actividades de los organismos y entidades centralizados, descentralizados, autárquicos, incluyendo tanto el Poder Ejecutivo como el Judicial.
DECRETO 1090-04 (Oficina Presidencial de tecnologías de la información y comunicación)	Fue creada con el objetivo de planificar, dirigir y ejecutar las acciones necesarias para implementar el Gobierno Electrónico en el país mediante la difusión y uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).
DECRETO 178-05 (Centros de estudios de e-gob)	Creación del Estudio de e-gob: Diseña, propone y define las políticas, establece los lineamientos y elabora las estrategias, planes de acción y programas para promover, desarrollar y garantizar mayor acceso, conectividad e implantación de nuevas tecnologías de la

¹⁸⁰ Ventanilla Virtual (2021). MICM presenta primera estrategia nacional para impulsar exportación de servicios modernos y economía creativa. Disponible en:<https://micm.gob.do/noticias/micm-presenta-primera-estrategia-nacional-para-impulsar-exportacion-de-servicios-modernos-y-economia-creativa>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	información y comunicación en el país ¹⁸¹ .
DECRETO 212-05 Comisión Nacional para la Sociedad de la Información y el Conocimiento (CNSIC)	Entidad nacional responsable de diseñar, elaborar, poner en marcha y dar seguimiento a la Estrategia Nacional para la Sociedad de la Información y el Conocimiento y a las políticas y estrategias derivadas de esta y consensuarlas entre los diferentes actores nacionales para la inserción del país en el nuevo paradigma tecnológico.
DECRETO 244-06	Mediante este decreto se crea un comité para el establecimiento de un Sistema de Atención Integral Unificado para la Formación de Empresas, con el mandato de simplificar, integrar e informatizar los procedimientos que aplican las instituciones.
LEY 340-06	Esta ley se crea para generar un solo marco legal, con relación a procesos de contratación de bienes, obras, servicios y concesiones, procurando homogeneidad y criterios unificados sobre la especialidad de cada materia.
LEY 498-06 (Ley de Planificación e inversión Pública)	Se crea el Sistema Nacional de Planificación e Inversión Pública, integrado por el conjunto de principios, normas, órganos y procesos a través de los cuales se fijan las políticas, objetivos, metas y prioridades del desarrollo económico y social evaluando su cumplimiento.
DECRETO 192-07	Crea el Programa de Mejora Regulatoria bajo la coordinación del Consejo Nacional de Competitividad (CNC).
DECRETO 228-07	Establece el Centro de Contacto Gubernamental *GOB (*462), canal de voz oficial, como primer punto de contacto y principal de comunicación para atención telefónica del Gobierno Dominicano.
DECRETO 229-07	Instructivo de Aplicación de Gobierno Electrónico contentivo de las pautas generales para desarrollo de la Estrategia de Gobierno Electrónico en la República Dominicana (e-Dominicana).
LEY 53-07 (Ley contra crímenes y delitos de alta tecnología)	Esta ley tiene como objeto la protección integral de los sistemas que utilicen tecnologías de información y comunicación y su contenido, así como la prevención y sanción de los delitos cometidos contra éstos o cualquiera de sus componentes o los cometidos mediante el uso de dichas tecnologías en perjuicio de personas físicas o morales.
DECRETO 709-07	Este decreto presenta las normas y estándares de la OPTIC. Éste instruye a toda la Administración Pública del Estado Dominicano a cumplir, en lo que les sea aplicable, con las normas y estándares tecnológicos.
LEY 41-08	La presente ley tiene por objeto regular las relaciones de trabajo de las personas designadas por autoridad competente para desempeñar los cargos presupuestados para la realización de funciones públicas en el Estado, los municipios y las entidades autónomas, en un marco de profesionalización y dignificación laboral de sus servidores.
DECRETO 175-08	Instruye a las instituciones de la Administración Pública a reservar el nombre de dominio de su institución bajo las jerarquías de GOB.DO y GOV.DO, a fin de que exista evidente claridad para los usuarios.
DECRETO 551-09	Instituye el Gabinete de Tecnologías de la Información y Comunicación (Gabinete TIC) con el objetivo de contribuir al desarrollo tecnológico en la República Dominicana.
DECRETO 694-09	Se establece del Sistema 311 de Atención Ciudadana como medio principal de comunicación para la recepción y canalización de denuncias, quejas, demandas, reclamaciones y sugerencias por parte de la ciudadanía a la Administración Pública, mediante la puesta en funcionamiento de la Línea Telefónica 311 y el Portal web www.311.gob.do. (Decreto

¹⁸¹ OG TIC (2022). ¿Quiénes somos?. Disponible en: <https://ogtic.gob.do/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	694-09).
CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DOMINICANA	En el artículo 47 se establece que la finalidad de los servicios públicos están destinados a satisfacer las necesidades de interés colectivo, el Estado garantiza el acceso a servicios públicos de calidad; el artículo señala además, que los servicios públicos prestados por el Estado o por los particulares deben responder a los principios de universalidad, accesibilidad, eficiencia, transparencia, responsabilidad, continuidad, calidad, razonabilidad y equidad tarifaria.
LEY 01-12 (Estrategia Nacional de Desarrollo)	Constituye una propuesta del Estado Dominicano que aspira lograr un Desarrollo Sostenible del País en un periodo de tiempo que va desde la promulgación de la presente ley hasta el año 2030. Es decir, la vigencia de la presente ley es temporal.
LEY 107-13	Instituye un catálogo de principios (como el de ética, celeridad, facilitación y servicio objetivo a las personas) y los derechos y deberes de las personas en su relación con la Administración Pública.
DECRETO 134-14	El presente reglamento surge para la implementación de la Estrategia Nacional de Desarrollo de la República Dominicana al año 2030.
LEY 310-14	Esta Ley tiene como objeto regular el envío de comunicaciones comerciales, publicitarias o promocionales no solicitadas, realizadas por vía correos electrónicos, sin perjuicio de las disposiciones vigentes en materia comercial sobre publicidad y protección al consumidor (SPAM).
DECRETO 453-18	Declara al año 2019 como el año de la innovación y la competitividad en la cual resalta la importancia de la colaboración entre instituciones públicas y privadas a colaborar para la generación de iniciativas y programas que fomenten la innovación y competitividad.

Fuente: Elaboración en base al Portal Oficial del Estado Dominicano

Además del marco regulatorio, se establecen iniciativas gubernamentales. Es el caso del Consejo Nacional de Competitividad (CNC), que mediante la iniciativa RD+simple, busca la simplificación de procesos burocráticos establecidos por el estado para que haya una mejora regulatoria enfocada en disminución de costos en los procesos. Con este mecanismo de consulta pública en línea, los ciudadanos y las empresas pueden informar sobre las regulaciones, trámites y servicios que puedan estar interfiriendo con sus derechos económicos y sociales¹⁸².

Proyectos gubernamentales se han venido dando de la misma manera. Se resaltan a continuación:

- Municipios conectados: El presente proyecto se relaciona con llevar a cabo la digitalización de los gobiernos de los municipios del país, mediante la creación de portales Webs a la medida, a través de los cuales puedan ofrecerse servicios digitales, favoreciendo a la comunidad y optimizando los procesos.
- Servicios públicos en línea: Se da a consecuencia del decreto 229-18, que permitió la digitalización de los portales web de las municipalidades.
- Puesta en operación de la data center del Estado Dominicano: Este Data Center ofrecerá la oportunidad integrar los distintos servicios que se brindan a los ciudadanos, fortaleciendo las alianzas con las instituciones y almacenando de manera muy segura toda la información relacionada con el gobierno y sus entes, todo esto tiene la capacidad de afectar positivamente a la transparencia de la gestión.
- Estandarización del TIC y gobierno abierto: Este Data Center ofrecerá la oportunidad integrar los distintos servicios que se brindan a los ciudadanos, fortaleciendo las alianzas con las instituciones y almacenando de manera muy segura toda la información relacionada con el gobierno y sus entes, todo esto tiene la capacidad de afectar positivamente a la transparencia de la gestión.

¹⁸² Ministerio de Industria, Comercio y Mipymes (2020). El monitor de industria y comercio. Disponible en: https://micm.gob.do/images/pdf/publicaciones/libros/libros/Monitor_4_MICM.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- Ampliación de los puntos GOB: mediante este proyecto se busca aumentar de manera considerable el sistema presencial de “Servicio al Ciudadano”, con lo cual se pretende ofrecer un servicio público más óptimo y eficiente.

Iniciativas de enseñanza se dan a través del Instituto Nacional de Formación Técnica Profesional (INFOTEP) el cual busca promover la participación de la sociedad dominicana como un todo, en la definición del rumbo futuro de la Formación Técnico Profesional, especialmente de los sectores empresarial, laboral y gubernamental, de los participantes y egresados de la FTP, del personal de INFOTEP, así como de los sectores académico y técnico, social, productivo, político y de los medios de comunicación¹⁸³. Este señala que el gran reto de la educación y el mercado laboral en el país es contar con la experiencia de alrededor de 10 000 técnicos en áreas relacionadas a las ciencias, matemáticas y tecnologías¹⁸⁴.

6.4.2 Nivel de preparación

En esta sección se analizan los indicadores que permiten establecer la potencialidad del desarrollo de la industria 4.0 en República Dominicana. Los diversos indicadores señalan que en términos generales, el país Ante esto, una de las fortalezas para los buenos números señalados es la cantidad de pasos importantes que RD ha realizado para fortalecer el manejo de la deuda y contener los déficits desde el año 2013, teniendo como meta mantener la relación deuda/PBI dentro de niveles sostenibles¹⁸⁵.

DIMENSIÓN 1 - “Entorno habitante”:

A continuación, se explican y detallan los cuatro pilares de esta dimensión para República Dominicana (**entorno político, reglamentario, de normalización y empresarial**); los cuales, en conjunto, podrán

¹⁸³ INFOTEP (2021). INFOTEP realiza taller sobre la Industria 4.0. Disponible en: <http://www.infotep.gob.do/index.php/noticias/item/1483-infotep-realiza-taller-sobre-la-industria-4-0>

¹⁸⁴ Listin Diario (2022). Reto del país es producir empleos para impulsar la Industria 4.0. Disponible en: <https://listindiario.com/la-republica/2021/07/30/681760/reto-del-pais-es-producir-empleos-para-impulsar-la-industria-4-0>

¹⁸⁵ Medium (2016). Desarrollo Económico en República Dominicana: Un análisis por Modos de Crecimiento y Modelos Productivos. Disponible en: <https://medium.com/ini-326-evoluci%C3%B3n-del-desarrollo-industrial-feb/desarrollo-econ%C3%B3mico-en-rep%C3%BAblica-dominicana-217ecabf776e>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

determinar cuánto el país puede atraer a las industrias para su estabilización y desarrollo por medio de incentivos para la innovación.

- El primer pilar fue evaluado a través del indicador **Estabilidad Política y Operacional (Political and operational stability)**. Este

indicador ha ido creciendo a lo largo de los años. Según datos de **The world bank**¹⁸⁶, este indicador va desde -2.5 hasta 2.5, siendo -2.5 débil y 2.5 fuerte. Para República Dominicana el indicador poseía un valor promedio de -0.01 del año 1996 al 2020. Los mínimos y máximos se dieron en -0.42 en 2003 y 0.25 en 2012, respectivamente. Este indicador mide las percepciones de la probabilidad de que el gobierno sea desestabilizado o

Dimensión 1	Entorno favorable	
Pilar 1.1	Entorno político favorable	
	Valor	Ranking
	Estabilidad política y operacional	69.9 60
	Efectividad gubernamental	42.7 91
Orientación futura del gobierno	47.7 101	
Pilar 1.2	Regulaciones ambientales	
	Valor	Ranking
	Independencia judicial	2.5 123
Protección de propiedad intelectual	4.3 64	
Pilar 1.3	Entorno empresarial	
	Valor	Ranking
	Facilidad para iniciar un negocio	85.4 112
	Facilidad para hacer negocio	- 102
	Disponibilidad de capital riesgo	3.2 65
Índice de densidad de registro de nuevas empresas	1.5 -	

derrocado por medios inconstitucionales o violentos, incluida la Unidad de Inteligencia de *The Economist*, el Foro Económico Mundial y los Servicios de Riesgo violencia y el terrorismo por motivos políticos. El índice es un promedio de varios otros índices de la Político, entre otros. Este indicador también puede ser medido en base a otra escala, que va del 1 al 100. Para este caso, República Dominicana se ubicaría en la posición 60 a nivel mundial con un puntaje de 69.9. La metodología para este caso es a través de la probabilidad y la gravedad de los riesgos políticos, legales, operativos o de seguridad que afectan las operaciones comerciales¹⁸⁷.

- El segundo indicador corresponde a la **Efectividad Gubernamental (Government effectiveness)**. Para este indicador se utilizó el *compendium del Índice Global de Innovación*, el cual establece un puntaje de 42.7 en un rango que va de 1 al 100, ubicándolo en la posición 91 a nivel mundial. El presente índice fue utilizado y definido en los otros países de análisis. Adicionalmente, según el índice global de competitividad, República Dominicana es considerada una economía conducida por la eficiencia de sus instituciones¹⁸⁸.

- El tercer indicador corresponde a la **orientación futura del gobierno (Future orientation of government)** el cual se calcula en función a diversos sub-indicadores¹⁸⁹, entre ellos están:

¹⁸⁶ The World Bank (2020). Dominican Republic: Political Stability. Disponible en: https://www.theglobaleconomy.com/Dominican-Republic/wb_political_stability/

¹⁸⁷ Economics and Country Risks (2020). Disponible en: <https://ihsmarkit.com/industry/economics-country-risk.html>

¹⁸⁸ División de información estratégica (2017). Desempeño de República Dominicana en el Índice Global de Competitividad. Disponible en: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/09/Desempe%C3%B1o-de-Rep%C3%BAblica-Dominicana-en-el-Indice-Global-de-Competitividad.pdf>

¹⁸⁹ World Economic Forum (2019). The Global Competitiveness Report. Disponible en: https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

visión de largo plazo del gobierno, regulación de energías renovables, tratados ambientales vigentes, capacidad de respuesta del gobierno al cambio, etc. En general, RD obtiene un valor de 47.7 y ocupa el lugar 101 de 141 países.

El segundo pilar corresponde a **Regulaciones Ambientales Favorables**:

- El primer indicador es el de **calidad regulatoria (Regulatory quality)** del cual no se tiene información para República Dominicana.
- El primer indicador es la **independencia judicial (Judicial independence)**. Según el Índice de competitividad Global⁵ para República Dominicana, este indicador va del 1 al 7 donde 7 es el mejor y 1 el peor. RD obtiene un valor de 2.5 ocupando la posición 123 de 141 países en total.
- El segundo indicador es el de la protección de la **propiedad intelectual (Intellectual property protection)**, cuyo valor va del 1 al 7 según la misma fuente citada anteriormente⁵, y que RD obtiene un valor 4.3 ocupando la posición 64 de 141 países en total.

El tercer pilar corresponde al **entorno empresarial** con 4 indicadores: facilidad para iniciar un negocio, facilidad para hacer negocio, disponibilidad de capital de riesgo, y el índice de densidad de registro de nuevas empresas.

- La **facilidad para iniciar un negocio (Ease of starting a business)**. Para este indicador, el desempeño de RD en el índice global de competitividad indica que el efecto de los impuestos en los incentivos al trabajo aumentó un 5% y las prácticas de contratación y despido disminuyó en un 11%⁴. Para este indicador, RD obtiene un puntaje de 85.4 y se encuentra en el puesto 112 de 190 países en total. Este último valor se obtuvo a partir de la medición de la cantidad de procedimientos, el tiempo, el costo y el requisito de capital mínimo pagado para que una pequeña o mediana empresa de responsabilidad limitada se inicie y opere formalmente en la ciudad comercial más grande de cada economía.
- Con respecto a la **Facilidad para hacer negocios (Ease of Doing Business)**, RD se encuentra en el puesto 102 de un total de 190 países según el indicador “Doing Business”, el cual clasifica a los países según la facilidad que presentan para poder hacer negocios. En el último año RD cayó 3 puestos indicando que a lo largo de los años se ha vuelto complicado hacer negocios en este país¹⁹⁰.
- Con respecto a la **disponibilidad de capital de riesgo (o venture capital availability)** cuyo valor va del 1 al 7, siendo el 7 clasificado como el mejor. RD obtuvo un valor de 3.2 y ocupa el puesto 65 de 141 países en total⁴. Este indicador responde a la pregunta evalúa qué tan fácil es para los emprendedores de un país obtener financiación de capital para la creación de nuevos proyectos innovadores pero arriesgados.
- El último indicador que es **Índice de densidad de registro de nuevas empresas (New business density)**, se refiere a la cantidad de nuevas corporaciones de responsabilidad limitada

¹⁹⁰ World Bank Group (2020). Doing business 2020. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32436/9781464814402.pdf>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

registradas en el año calendario¹⁹¹. Para el 2018, el índice tenía un valor de 1.5 y en los últimos años, ha ido aumentando con ciertos periodos constantes.

El último pilar corresponde al de la estandarización (**Gestión de la calidad, Sistemas de gestión de la seguridad en la cadena de suministro, y Requisitos de gestión de servicios TIC**).

- Trabajos de investigación como el de Romero¹⁹². Quien menciona que actualmente, son pocas las PYMES en la República Dominicana (RD) que optan por eficientizar sus procesos certificándose en las normas ISO 9001 (2019).
- Información para los indicadores de Sistemas de gestión de la seguridad de la cadena de suministro, y requisitos de gestión de servicios TIC no se encuentran disponibles para el país.

DIMENSIÓN 2 - “Recursos humanos”:

Esta dimensión se subdivide en 3 pilares: educación básica, educación superior, y empleabilidad. El primer pilar, de educación básica, tiene como indicadores al presupuesto gubernamental en educación, años de vida escolar, media de años de escolaridad y la proporción de alumnos/profesor.

En cuanto al pilar del **nivel de educación básica** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- En República Dominicana, el **gasto gubernamental en educación** creció en un 7% en el año 2019 llegando hasta 3218.4 millones de euros y representando un 22.34% del gasto público total. Esta cifra supone que el gasto público en educación alcanzó un 4.04% del PBI en el año 2019¹⁹³. Con respecto a los años de vida escolar,
- El segundo indicador corresponde a la **esperanza de vida escolar (School life expectancy)**, correspondiente al número total de años de escolaridad (primaria a terciaria) que un niño puede esperar recibir, suponiendo que la probabilidad de que esté matriculado en la escuela a cualquier edad futura en particular es igual a la tasa de matriculación actual a esa edad⁵. Este valor para el año 2017 fue de 13.75 y para el año 2019 creció a 14.22. Lo cual coincide con que la tasa de abandono promedio de estudiantes ha ido disminuyendo a través del tiempo¹⁹⁴.
- El tercer indicador es el de los **años promedio de escolaridad años medios de escolarización (Mean years of schooling)**. Este indicador corresponde al promedio de años de educación recibidos por personas de 25 años o más, convertidos a partir de los niveles de educación alcanzados utilizando las duraciones oficiales de cada nivel. República Dominicana se ha ido desempeñando positivamente con respecto a este indicador, ya que su valor de 5 ha ido aumentando desde 1990 cuando se empezó a tener datos disponibles hasta 8.1 en el año

¹⁹¹ Banco Mundial (2020). Base de datos y encuesta del Banco Mundial sobre capacidad empresarial. Disponible en: econ.worldbank.org/research/entrepreneurship

¹⁹² Romero, Raynee (2019). Propuesta para la implementación de un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2015 en ALMATIL S.R.L para el periodo mayo-agosto 2019. Universidad de APEC. Trabajo final por optar por el título de máster en gerencia y productividad.

¹⁹³ Expansión (2020). Gasto Público en Educación. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/estado/gasto/educacion>

¹⁹⁴ Oficina Nacional de Estadística (2021). REPÚBLICA DOMINICANA: Porcentaje de promoción, reprobación y abandono en media por año lectivo, según región y provincia. Disponible en: <https://www.one.gob.do/datos-y-estadisticas/temas/estadisticas-sociales/educacion/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

2019¹⁹⁵. Por otro lado, al mediar la década de 2010, el 53,9% de las personas de entre 25 y 35 años había completado la secundaria superior. Además, la proporción de jóvenes que completó el tramo de escolarización obligatorio creció alrededor del 33,1% durante el período 2007- 2016¹⁹⁶.

- El cuarto indicador es la **proporción de alumnos por profesor (Pupil-teacher ratio)**. Este indicador se define como el número promedio de alumnos por maestro en la escuela primaria. Para República Dominicana, el último valor disponible es de 18.92¹⁹⁷ y según gráficos de la UNESCO, este valor ha ido disminuyendo constantemente a lo largo de los años.

En cuanto al pilar de la **educación terciaria** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **número de matriculados en educación terciaria (Tertiary Enrolment)**. Este indicador mide la matrícula total en un determinado nivel de educación (terciaria), independientemente de la edad, expresada como porcentaje de la población en edad escolar oficial para el mismo nivel de educación. El último registro de la UNESCO señala que para el año 2017, este valor fue de 59.916 además que ha ido aumentando desde el 2014¹⁹⁸. Así también, el número de egresados en educación superior ha ido aumentando de 37 671 egresados en el 2010 hasta 58691 en el 2019¹⁹⁹.
- El segundo indicador corresponde al **número de inscritos (enrolled students)**. En el cual, las academias del país tenían 580,981 estudiantes hasta abril del 2016; y 1,600,000 dominicanos tienen estudios superiores. Por otro lado, la matrícula en nivel superior universitaria alcanzó un valor de 600000 estudiantes²⁰⁰. Además, desde el año 1950 la cantidad de matrícula universitaria ha ido en aumento.
- El tercero es el **número de matriculados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)** y el **tercero el número de graduados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)**, de los cuales no se dispone de información para el país, por lo que se prescinde del uso de estos.

En cuanto al pilar de **empleabilidad** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **grado de formación de los empleados (Extent of staff training)**. Este indicador mide en qué medida invierten las empresas en formación y desarrollo de los

¹⁹⁵ Human Development Report (2020). Mean years of schooling (years). Disponible en: <https://hdr.undp.org/en/indicators/103006>

¹⁹⁶ Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura e Instituto Internacional de planeamiento de la Educación (2019). Perfil República Dominicana. Disponible en: https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_informe_pdfs/dpe_r_dominicana_25_09_19_0.pdf

¹⁹⁷ UNESCO Institute for Statistics (2020). Pupil-teacher ratio, primary. Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/SE.PRM.ENRL.TC.ZS?locations=DO>

¹⁹⁸ UNESCO Institute for Statistics (2020). School enrollment, tertiary (% gross) - Dominican Republic. Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/SE.TER.ENRR?locations=DO>

¹⁹⁹ MESCYT (2016). INFORME GENERAL SOBRE ESTADÍSTICAS DE EDUCACIÓN SUPERIOR 2016 Y RESUMEN HISTÓRICO 2005-2016. Disponible en: https://mescyt.gob.do/transparencia/wp-content/uploads/2017/10/MESCYT_INFORME_DE_ESTAD_STICA_2016.pdf

²⁰⁰ Listin Diario (2016). Matrícula universitaria se aproxima a 600,000. Disponible en: <https://listindiario.com/la-republica/2016/10/24/440324/matricula-universitaria-se-aproxima-a-600000>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

empleados y va de un valor de 1 (para nada) al 7 (en gran medida). RD obtiene un valor de 4.2 y ocupa el lugar 52 de 141 países en total⁵.

- El segundo es el **nivel de empleo en servicios intensivos en conocimiento (Knowledge-intensive employment)**. Este indicador es la suma de personas de las categorías 1 a 3 como porcentaje del total de personas ocupadas, según la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (ISCO). Para el caso de República Dominicana, obtiene un valor de 24.9, siendo el último año de registro disponible el 2018²⁰¹. En general, Antes de la pandemia, la tasa de empleo rondaba cerca del 72 % en la República Dominicana y que en la actualidad ronda cerca del 65 %²⁰²
- El último indicador de este pilar y de la dimensión es el **número de expertos en servicios de TIC (ICT service experts)**, para el cual no se dispone de información en el país, por lo cual se prescindió del uso de este indicador. Sin embargo, se considera que República Dominicana se convirtió en 2020 en uno de los ejemplos a seguir en materia de consulta pública sobre diversos temas vinculados con las telecomunicaciones, como también con el proceso para avanzar hacia 5G²⁰³.

DIMENSIÓN 3 - “Infraestructura”:

Esta dimensión mide a través de dos pilares: **infraestructura física y digital**, si el país cuenta con la infraestructura necesaria para la industria 4.0:

En el pilar de **infraestructura física** se evalúan tres indicadores:

- El primero es la **disponibilidad de infraestructura vial (Availability of transport infrastructure)**, que emplea como fuente el **Enabling Trade Index (ETI) 2016**, Este indicador se forma a partir de la disponibilidad y calidad de infraestructura para el transporte aéreo, terrestre, portuario y de carreteras. De acuerdo a esta, El Salvador posee un **puntaje de 3.8 (de 7 posibles) obteniendo el puesto 54 entre 136 economías evaluadas**. Por otro lado, a nivel de análisis detenido, la infraestructura que menos avance tiene es el de la distribución eléctrica, mientras que la distribución de puertos y la infraestructura de aeropuertos y puertos presentaron mejoras en su desempeño.
- El segundo es el **Índice de rendimiento logístico (Logistics Performance Index: LPI)**, que tiene como fuente el **Banco Mundial**. Para el cálculo del Índice de Desempeño Logístico se realizan encuestas a empresas y usuarios de servicios de logística. Se utiliza un cuestionario estandarizado que consta de dos partes: (1) Logística Internacional (2) Logística Doméstica. Para la edición 2018, las encuestas fueron levantadas entre septiembre 2017 y febrero 2018. Para la aplicación de la encuesta los países se clasifican en 5 categorías según su nivel de

²⁰¹ The World Bank (2020). Employment in knowledge-intensive services. Disponible en: https://todata360.worldbank.org/indicators/97be8845?indicator=40465&viz=line_chart&years=2013,2020

²⁰² Diario Libre (2021). Tasa de empleo en República Dominicana sigue por debajo de niveles prepandemia. Disponible en: <https://www.diariolibre.com/economia/tasa-de-empleo-en-rd-sigue-por-debajo-de-niveles-prepandemia-NA30215923>

²⁰³ TeleSemana (2020). Panorama de Mercado- República Dominicana. Disponible en: <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/republica-dominicana/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

ingreso y su ubicación geográfica. En esta edición del LPI, República Dominicana mejoró su puntaje en el índice en 1.31% (2016-2018). Para el año 2018, presentó una puntuación de 2.66 y se ubicó en el puesto 87 de 160 países. El mejor desempeño del país estuvo evidenciado en el indicador Seguimiento y Rastreo²⁰⁴.

- El tercer indicador es la **densidad de robots (Density of robots)**, que mide la capacidad de automatización e incorporación de robots colaborativos en la industria. Este indicador no cuenta con información en el país, por lo que se prescindió de su uso. Sin embargo, se sabe que la calificación del mercado laboral con personas preparadas en robótica e inteligencia artificial es baja²⁰⁵.

Para evaluar la **infraestructura digital** se evaluaron tres indicadores:

- El primero es la **disponibilidad de infraestructura de TIC (Telecommunication Infrastructure Index)**, que emplea como fuente el **E-Government Knowledgebase** de las Naciones Unidas. Este es un indicador compuesto de seis índices primarios basados en indicadores básicos de infraestructura, que definen la capacidad de infraestructura de TIC de un país. Estos son: PC's/1000 personas; internautas/1000 personas; Líneas Telefónicas/1000 personas; Población en línea; Teléfonos móviles/1000 personas; y TV's/1000 personas que mide la preparación de la infraestructura de telecomunicaciones de los países para aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación para mejorar su competitividad. **República Dominicana obtiene un puntaje normalizado para este indicador de 0.5279 (valores entre 0 a 1) en 2020**²⁰⁶. Por otro lado, el indicador de uso de Internet de Banda Ancha aumentó un 45% respecto al año anterior (análisis 2016-2017)
- El segundo es la **Participación electrónica e Índice de servicios en línea (E-Participation Index)**, este indicador tiene como fuente el **E-Government Knowledgebase** de las Naciones Unidas²². Este indicador evalúa, en una **escala de 0 a 1 (mejor valor)**, la calidad, la relevancia y la utilidad de los sitios web gubernamentales para proporcionar información en línea y herramientas y servicios participativos a sus ciudadanos. República Dominicana obtiene un **puntaje normalizado de 0.7738 (valores del 0 al 1) en 2020**.
- El último indicador de este pilar y dimensión es el **cloud computing score**, del cual no se cuenta con información para el país. por lo que se ha prescindido del uso de este. Sin embargo, se conoce que el desarrollo de las empresas cloud computing ha ido emergiendo a lo largo de los años. La nube ha tenido un uso consolidado en los últimos cinco años y un crecimiento vertiginoso en el año 2014, lo que ha llevado a Microsoft a la conclusión de que el conocimiento

²⁰⁴ Consejo Nacional de Competitividad (2018). Índice de Desempeño Logístico 2018. Disponible en: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2018/07/%C3%8Dndice-de-Desempe%C3%B1o-Log%C3%ADstico-2018-Final.pdf>

²⁰⁵ Blogspot (2020). La robótica en República Dominicana. Disponible en: <https://inteligenciaderobots.blogspot.com/p/la-robotica-en-republica-dominicana.html>

²⁰⁶ United Nations (2020). E-Government Survey 2020. Digital Government in the Decade of Action for Sustainable Development. Available at: [https://publicadministration.un.org/egovkb/Portals/egovkb/Documents/un/2020-Survey/2020%20UN%20E-Government%20Survey%20\(Full%20Report\).pdf](https://publicadministration.un.org/egovkb/Portals/egovkb/Documents/un/2020-Survey/2020%20UN%20E-Government%20Survey%20(Full%20Report).pdf)

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

de las organizaciones dominicanas de los beneficios del servicio de almacenamiento virtual es avanzado²⁰⁷.

En resumen, según el estudio de uso de TIC y Gobierno electrónico de República Dominicana²⁰⁸ que evalúa el país en base a los pilares anteriormente descritos, el país ha avanzado de manera general y en la implementación de los cuatro ejes medidos por el iTICg. Haciendo un análisis por separado, cada uno de los indicadores exhibe un crecimiento significativo. Por un lado, el uso de las TIC se encuentra en un 72.44%, la implementación de e-Gobierno en un 53.11%, en el caso de Gobierno Abierto y e-Participación que se mide por primera en esta versión del estudio, alcanzó un 60.08% y finalmente Desarrollo de e-Servicios con un 57.12% para el 2018.

DIMENSIÓN 4 – “Sostenibilidad ecológica”

La dimensión de sostenibilidad ecológica cuenta con un único pilar del mismo nombre y sus indicadores son los siguientes:

- El primero es el **índice de protección del medio ambiente - EPI (Environmental Performance Index)**. Este indicador emplea un método para cuantificar y clasificar numéricamente el desempeño ambiental de las políticas de un país mediante 32 indicadores en 10 categorías (calidad del aire, agua, metales pesados, biodiversidad y hábitats, bosques, pesca, energía y clima, contaminación de aire, recursos hídricos, y agricultura). República Dominicana tiene una puntuación de 46.3 (rango de puntajes de 0 a 100), y se encuentra en el puesto 68 de 180 países²⁰⁹.
- El segundo indicador es el **número de certificados ISO 14001 emitidos en el país (ISO 14001 certification)**. En este caso, el indicador se reporta por mil millones de PBI PPA (\$) [Paridad de poder adquisitivo]. RD tiene un puntaje normalizado de 0.2 (del 1 al 100), ubicándose en la posición 121 a nivel mundial. En consecuencia, hasta el año 2021, se emitieron 30 certificados internacionales iso 14001 a 95 lugares /empresas²¹⁰.
- El tercer indicador es la **producción de energía renovable en el país (Renewable energy)**, la cual, en el perfil energético de República Dominicana para el 2018, reporta que **19.1%** del consumo total final de energía en el país es a partir de fuentes renovables²¹¹. La oferta de la energía limpia es denominada por la bioenergía, seguida por energía hidráulica, eólica y solar.

²⁰⁷ Acento (2014). El negocio de la “nube” en República Dominicana. Disponible en: <https://acento.com.do/economia/el-negocio-de-la-nube-en-republica-dominicana-8190227.html>

²⁰⁸ iTICge (2018). Índice de Uso de TIC y Gobierno Electrónico en el Estado Dominicano. Disponible en: <https://sisticge.dominicana.gob.do/documentos/estudios/iTICge2018.pdf>

²⁰⁹ Environmental Performance Index (2020). Country Profile. Dominican Republic. Disponible en: https://epi.yale.edu/sites/default/files/files/DOM_EPI2020_CP.pdf

²¹⁰ OpenText (2020). ISO Survey of certification to management systems standards. Disponible en: <https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18808772&objAction=browse&viewType=1>

²¹¹ IRENA (2021). Energy Profile. Dominican Republic. Disponible en: https://www.irena.org/IRENADocuments/Statistical_Profiles/Central%20America%20and%20the%20Caribbean/Dominican%20Republic_Central%20America%20and%20the%20Caribbean_RE_SP.pdf

DIMENSIÓN 5 – “Capacidad de innovación”

Esta dimensión mide, a través de cuatro pilares: **investigación, la innovación industrial, la tecnología y los activos de propiedad intelectual.**

El pilar de **investigación** tiene cuatro indicadores:

- El primer indicador es el **número de investigadores por millón de habitantes (Researchers per million)**, definido como el número de profesionales dedicados a la concepción o creación de nuevos conocimientos (que realizan investigaciones y mejoran o desarrollan conceptos, teorías, modelos, técnicas, instrumentación, software o métodos operativos) durante un año determinado expresado como proporción de una población de un millón²¹². No se tiene información para República Dominicana.
- El segundo es el **gasto bruto en investigación y desarrollo (GRED) como % del PIB (GERD as % of PIB)**. El cual mide los gastos internos brutos en investigación y desarrollo (I+D), expresados como porcentaje del PIB. Aunque para República Dominicana no se conoce tal indicador, según fuentes locales ²¹³iete millones de dólares o alrededor de RD\$315 millones, equivalentes a un 0.01 de su Producto Interno Bruto (PIB), es lo que invierte la República Dominicana anualmente en las áreas de investigación y desarrollo.
- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **calidad de las instituciones de investigación científica (Quality of scientific research institutions)**. República Dominicana bajó 6 en la clasificación de Calidad de las instituciones de investigación científica de 2007 a 2017. Su última clasificación es 128 de 137 países para 2017²¹⁴. Aunque a nivel mundial no se encuentra en gran posición, la investigación e innovación científico-tecnológica en las universidades y centros de investigación legalmente reconocidos y calificados se ha disparado de forma exponencial en los últimos 12 años, al punto que en el 2005 en el país se contaba con 40 investigadores y 42 documentos publicados en revistas indexadas, y para el 2016 los investigadores sumaban 768 y las publicaciones 99²¹⁵.
- El cuarto es la **colaboración de la investigación universidad-industria (University-industry research collaboration)**, que se refiere a las relaciones entre organizaciones en las que las universidades y la industria colaboran para emprender investigación y desarrollo, y lograr objetivos compartidos. República Dominicana obtuvo un puntaje de 33 y en escala de 1 a 7, un puntaje de 2.8 (2017), 2,91 (2018) y 3.11 (2019) encontrándose en el puesto 133 de un total de 137 países²¹⁶ para el año 2019.

²¹² UNESCO (2022). Researchers per million inhabitants. Disponible en: <http://uis.unesco.org/en/glossary-term/researchers-million-inhabitants>

²¹³ El Financiero (2015). Inversión de República Dominicana en investigación: 0.01% del PIB. Disponible en: <https://acento.com.do/economia/inversion-de-republica-dominicana-en-investigacion-y-desarrollo-0-01-del-pib-8270642.html>

²¹⁴ The World Bank (2017). Quality of scientific research institutions. Disponible en: https://tcdata360.worldbank.org/indicators/h391a0f13?country=DOM&indicator=600&viz=line_chart&years=2007,2017

²¹⁵ En segundos (2017). La investigación científica ha mejorado en República Dominicana. Disponible en: <https://ensegundos.do/2017/10/30/la-investigacion-cientifica-ha-mejorado-en-republica-dominicana/>

²¹⁶ The world data (2019). GCI 4.0: University-industry colLabouration in R&D. Disponible en: https://govdata360.worldbank.org/indicators/h87bf6709?country=DOM&indicator=41464&viz=line_chart&years=2017,2019

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Los indicadores para evaluar el pilar de **innovación industrial** son:

- El primer indicador es el **porcentaje de empresas innovadoras (Percent of innovative firms in manufacturing)**. Según el Global Competitiveness Index del año 2019²¹⁷, RD obtiene un valor de 4 (el valor obtenido es a partir de una clasificación que va del 0 al 7, donde 7 representa lo mejor) y ocupa el lugar 72 de 141 países en total.
- Con respecto al **porcentaje de innovación de productos (Percent of product innovation in manufacturing)** no se han considerado este indicador para el análisis puesto que no se cuenta con data disponible para el país.
- Como tercer indicador de este pilar se tienen las **co-inventiones internacionales (International Co-Inventions)**, que se ha extraído del **Global Competitiveness Index**. Este indicador mide el número de familias de patentes por millón de habitantes con co-inventores ubicados en el extranjero presentadas en al menos dos de las 5 principales oficinas (IP5) del mundo: la Oficina Europea de Patentes (EPO), la Oficina de Patentes de Japón (JPO), la Oficina de Propiedad Intelectual de Corea (KIPO), la Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de la República Popular China (SIPO) y la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos (USPTO). República Dominicana presenta un **valor de 0.09 en 2019**, y ocupa el lugar 85 de 114 países en total.
- El cuarto indicador es la **capacidad de innovación (Capacity for innovation)**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas tienen capacidad de innovar?, respondiendo del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). RD ha obtenido un **puntaje de 3.73 en 2016**²¹⁸. Por otro lado, según el global innovation index, RD se encuentra en el lugar 75 de 132 economías en el año 2021²¹⁹.

El uso de **tecnología avanzada** se mide a partir de los siguientes indicadores:

- El primer indicador es la **cuota de valor añadido de la fabricación de media y alta tecnología (Medium- and High-Tech Manufacturing Value Added)**. Sin embargo, para RD no se tienen datos disponibles.
- El segundo es la **disponibilidad de las últimas tecnologías (Availability of latest technologies)**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida se dispone de las últimas tecnologías?, respondiendo del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). República Dominicana presentó un valor de 5.22 para el 2014 y disminuyó a 2.9 en 2019²²⁰.
- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **adquisición de tecnologías avanzadas por parte del gobierno (Government procurement of advanced technology)**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las decisiones de compra del gobierno fomentan la

²¹⁷ World Economic Forum (2019). The Global competitiveness report. Disponible en: https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

²¹⁸ The world bank (2019). Capacity for innovation. Disponible en: https://todata360.worldbank.org/indicators/cpcty.inn?country=DOM&indicator=3439&viz=line_chart&years=2012,2016

²¹⁹ World Intellectual property organization (2021). Global innovation index. Disponible en: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf

²²⁰ World Economic Forum (2016). The global information technology report. Disponible en: <https://www.weforum.org/reports/the-global-information-technology-report-2016/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

innovación?, respondiendo del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). República Dominicana presenta un valor de 3.23 y experimentó una tasa de crecimiento promedio interanual de -0.56% para el período de 2012 a 2016³⁶.

- El cuarto es la **absorción de tecnología por parte de las empresas (Firm level technology absorption)**. En su país, ¿en qué medida las empresas adoptan nuevas tecnologías? respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). República Dominicana experimentó una tasa de crecimiento promedio anual de -2.29% para el período de 2012 a 2016³⁶. Para este último año presentó un valor de 4.52.

Los **activos de PI** miden la propiedad intelectual de un país a partir de los siguientes indicadores:

- El primer indicador es el **número de solicitudes de patentes por origen (Patent application by origin)**, que tiene como fuente **The Global Innovation Index**. República Dominicana alcanza un **valor de 110 para 2018**, el puntaje ya se encuentra normalizado y evalúa el número de solicitudes de patentes de residentes presentadas en una oficina de patentes nacional o regional determinada. También se tiene el indicador de solicitudes de patentes por residente, que son presentadas en todo el mundo a través del procedimiento del Tratado de Cooperación en materia de Patentes o en una oficina nacional de patentes por los derechos exclusivos sobre un invento: un producto o proceso que presenta una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema. RD tenía 23 solicitudes para el año 2019²²¹. Calvo, Rosalía (2018)²²² Analiza que con un peso del 11% de las patentes nacionales, frente a las internacionales para el año 2018, todavía resta un largo recorrido en el campo de la innovación en el país, a pesar de haberse incrementado considerablemente el número de patentes nacionales en 43.9% (entre 2001 y 2010).
- Como segundo indicador se tiene el **número de publicaciones científicas y técnicas (Scientific and technical publications)**. Este indicador mide el número de artículos científicos y de ingeniería publicados en los siguientes campos: física, biología, química, matemáticas, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología, y ciencias de la tierra y el espacio. La NSF considera el número de artículos de un conjunto de revistas cubiertas por Science Citation Index (SCI) y Social Sciences Citation Index (SSCI). RD alcanza un valor de 49.26 en 2018²²³.
- El tercer indicador es el **número de solicitudes de marcas por origen (Trademark applications per million pop)**. Este indicador mide el número de solicitudes de marcas comerciales presentadas para registrar una marca comercial en una oficina de propiedad intelectual (PI) nacional o regional. República Dominicana registra un valor de 749.77 y ocupa el lugar 57 de 141 países a nivel global²²⁴.

²²¹ Banco Mundial (2019). Solicitudes de patentes, residentes. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/IP.PAT.RESD>

²²² Calvo, R (2020). La política tecnológica y los niveles tecnológicos de las exportaciones en la República Dominicana, 2002-2018. Ministerio de economía, Planificación y Desarrollo.

²²³ National Science Foundation (2018). Science and Engineering Indicators. Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicador/IP.JRN.ARTC.SC?locations=DO>

²²⁴ World Economic Forum (2019). The global competitiveness report. Disponible en: https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- El cuarto son los **diseños industriales por origen (Industrial design by origin)**, que se ha extraído del **Global Innovation Index**. Este indicador hace referencia al número de diseños contenidos en solicitudes de diseño industrial presentadas en una oficina nacional o regional determinada. República Dominicana alcanzó un **puntaje 98 (de 0 a 100 puntos posibles) en 2019**²²⁵.
- El quinto son los **cargos por uso de recepción de PI (Charges for using IP receipt)**. Aunque no hay datos disponibles para este indicador se puede usar la definición de los cargos por el uso de la propiedad intelectual los cuales son pagos y recibos entre residentes y no residentes por el uso autorizado de los derechos de propiedad. En 2020, este valor llegó a 49,700.00. Aunque la tendencia no ha sido clara, en los últimos tres años este valor ha ido en aumento²²⁶.

DIMENSIÓN 6 – “Ciberseguridad”:

Esta dimensión contiene un único pilar del mismo nombre, Ciberseguridad. Y comprende los siguientes indicadores:

- El primer indicador es la **gestión de la seguridad de la información (Information Security Management)**, que tiene como fuente la International Organization for Standardization. No se encuentra indicador disponible para RD. Pero se sabe que la industria de la seguridad y la protección como un sector formal y regulado en la República Dominicana tuvo su inicio a principios de la década de 1970. Hoy en día, existen más de 250 empresas que brindan servicios de seguridad, incluyendo guardias, monitoreo de alarmas, protección (guardaespaldas), ciberseguridad, entre otros servicios²²⁷.
- El segundo son los **servidores de Internet seguros (Secure internet servers)**. Este indicador mide el **número de certificados TLS/SSL** distintos y de confianza pública encontrados en la encuesta de servidor seguro de Netcraft **por millón de personas**, estos certificados acreditan servidores seguros. Los servidores seguros son servidores que usan tecnología de encriptación en las transacciones a través de Internet. A través del tiempo, se ha visto que el indicador ha ido aumentando presentando un valor de 1375 para el año 2020²²⁸.
- Como tercer de esta dimensión se presenta el **índice de ciberseguridad (Security assesment index)**. Este indicador muestra el esfuerzo de los países en promulgar leyes de ciberseguridad para abordar áreas como la privacidad. República Dominicana del lugar 125 que ocupaba en el 2017 ha pasado a ocupar la posición 92 en el ranking mundial de ciberseguridad, dentro de 175 países que participaron en el mismo. Asimismo, el país alcanzó el lugar 10 de 33 países de latinoamérica²²⁹.

²²⁵ The World Bank (2019). Industrial designs by origin. Disponible en: https://tcdata360.worldbank.org/indicadores/0b034dd1?country=DOM&indicator=40635&viz=line_chart&years=2016,2019

²²⁶ International Monetary Fund (2019). Balance of Payments Statistics Yearbook and data files. Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/BM.GSR.ROYL.CD>

²²⁷ Privacy Shield Framework (2021). Dominican Republic - Safety and Security Equipment. Disponible en: <https://www.privacyshield.gov/article?id=Dominican-Republic-Safety-and-Security-Equipment>

²²⁸ The World Bank (2020). Secure Internet servers - Dominican Republic. Disponible en: https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.SECR?locations=DO&year_high_desc=false

²²⁹ Centro Nacional de Ciberseguridad (2020). REPÚBLICA DOMINICANA AVANZA EN MATERIA DE CIBERSEGURIDAD. Disponible en: <https://cncc.gob.do/republica-dominicana-avanza-en-materia-de-ciberseguridad/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- Como cuarto y último indicador se presenta la **tasa de piratería de software (Software piracy rate)**, que ha sido extraído del **Global Information Technology Report**. Este indicador mide las unidades de software sin licencia como porcentaje del total de unidades de software instaladas. República Dominicana registra un porcentaje de 75%, y ocupa el lugar 76 de 139 países en el ranking²³⁰.

DIMENSIÓN 7 – “Consumidores”

La dimensión del consumidor está integrada por dos pilares: **Necesidades básicas** y **sensibilización digital**. El pilar de **necesidades básicas** comprende los siguientes indicadores:

- La **esperanza de vida (Life expectancy)**- República Dominicana presentó un valor de **74.25 años de esperanza de vida en 2020**²³¹. Se proyecta que para el año 2025 este valor llegue a 75.31 años.
- El segundo indicador es el **acceso al agua (Access to water)**. En República Dominicana hay un total de 95% que cuentan con un acceso sostenible a recursos de agua potable²³².
- El **acceso al saneamiento (Access to sanitation)**. Esto indica que República Dominicana cuenta con un 79% de población con acceso a saneamiento. Ante estos dos indicadores, la República Dominicana ha logrado incrementos impresionantes en el acceso al suministro de agua y al saneamiento durante las últimas dos décadas. Sin embargo, la calidad del suministro de agua y saneamiento servicios sigue siendo pobre, a pesar del alto crecimiento económico del país durante la década de 1990²³³.
- El **acceso a la electricidad (Access to electricity)**, el cual registra que República Dominicana alcanzó un valor de 100% de cobertura de electricidad para su población en 2019. Además, ha ido aumentando a lo largo de los años²³⁴.
- La **tasa de alfabetización de adultos (Adult literacy rate)**. Para calcular este indicador se divide el número de personas alfabetizadas mayores de 15 años por la población del correspondiente grupo etáreo y se multiplica por 100. República Dominicana ha ido aumentando este indicador desde el año 1980 cuando se empezó a registrar, teniendo para el año 2015 un promedio de 93.8%, tanto para hombres como para mujeres²³⁵.

El pilar de **conciencia digital** comprende los siguientes indicadores:

- El **uso de Internet B2C (Business to consumer internet use)**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas utilizan Internet para vender sus bienes y

²³⁰ World Economic Forum (2016). The global information technology report. Innovating in the digital economy. Disponible en: https://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf

²³¹ Oficina Nacional de Estadística (2020). Dominicana en cifras. Disponible en: <https://web.one.gob.do/publicaciones/2020/dominicana-en-cifras-2020?altTemplate=publicacionOnline>

²³² World Health Organization (2021). Access to clean water. Disponible en: <https://www.theguardian.com/news/datablog/2009/mar/03/access-water>

²³³ Gaz (2020). Abastecimiento de agua y saneamiento en República Dominicana. Disponible en: https://gaz.wiki/wiki/es/Water_supply_and_sanitation_in_the_Dominican_Republic

²³⁴ The World Bank (2020). Acceso a la electricidad, sector urbano. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.UR.ZS?locations=DO>

²³⁵ UNESCO (2022). Dominican Republic country profile. Disponible en: <http://uis.unesco.org/en/country/do>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

servicios a los consumidores?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). República Dominicana experimentó una tasa de crecimiento promedio interanual de -4.36% para el período de 2013 a 2016. Para el año 2016 este valor fue de 4.22, debajo del promedio mundial²³⁶.

- El **uso individual (Individual usage)**. El indicador se refiere a los usuarios que han utilizado Internet (desde cualquier lugar) en los últimos 3 meses. Internet se puede utilizar a través de una computadora, teléfono móvil, asistente digital personal, máquina de juegos, TV digital, etc. RD registra un porcentaje de 74.515% de personas con acceso a internet para uso individual en el año 2020²³⁷.
- El tercer indicador es el **acceso a Internet en las escuelas (Internet access in schools)**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida se utiliza Internet en las escuelas con fines de aprendizaje?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). República Dominicana bajó 20 en la clasificación de acceso a Internet en las escuelas de 2007 a 2017. Su última clasificación es 107 de 137 países para 2017. Ante esto, la información que recibió el ministerio fue que un 70 por ciento de los estudiantes se estaba comunicando con sus maestros por diferentes vías tecnológicas, sin embargo, el 30 por ciento no se había podido hacerlo porque no tenía acceso a internet²³⁸.
- Como último indicador se presentan las **habilidades digitales entre la población activa (Digital skills among active population)**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida la población activa posee suficientes habilidades digitales (por ejemplo, habilidades informáticas, codificación básica, lectura digital) ?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). Este indicador para el caso de República Dominicana obtiene el valor de 3.6 para el año 2019²³⁹.

²³⁶ The World Bank (2022). Business-to-consumers Internet Use. 1-7 (best). Disponible en: https://tcdata360.worldbank.org/indicators/h2257deee?country=DOM&indicator=3445&viz=line_chart&years=2013,2016

²³⁷ International Telecommunication Union (2020). World Telecommunication/ICT Indicators Database. Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS?locations=PY>

²³⁸ Diario Libre (2020). Un 30 % de los estudiantes de escuelas públicas no cuentan con acceso a internet. Disponible en: <https://www.diariolibre.com/actualidad/educacion/un-30-de-los-estudiantes-de-escuelas-publicas-no-cuentan-con-acceso-a-internet-CL18572374>

²³⁹ Global Competitiveness Index (2019). The Global Competitiveness Report 2017-2018. Disponible en: http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/?doing_wp_cron=1650129006.5647869110107421875000

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

6.4.3 Análisis de actores en la industria 4.0

Diagnóstico del beneficio potencial de aplicar la industria 4.0 (REPÚBLICA DOMINICANA)											
Actor	D1: Adopción de tecnologías 4.0		D2: Digitalización de procesos		D3: Integración de datos en la cadena de valor		D4: Trazabilidad de productos a lo largo de la cadena de valor/suministro		D5: Fabricación Lean o ajustada		Puntaje Final
	N° tecnologías implementadas	Punt	N° procesos digitalizados	Puntaje	Procesos en el que se integran	Pun	Trazabilidad cubierta	Puntaje	Alcance Lean	Puntaje	
	Ninguna	1	Ninguno	1	Ninguno	1	Ninguna	1	Ninguno	1	
	1-2	2	1	2	Planificación	2	1-2	2	Recursos o procesos	2	
	Más de 2	3	Más de 1	3	Producción	3	Todas	3	Ambos	3	
BEPENSA	Su portal de internet nos ofrece la posibilidad de leer reportes de sostenibilidad, que corresponde a la computación de la nube		Bepensa cuenta con una plataforma donde las tienditas (o bodegas) pueden tener información, saber cómo buscar ayuda, capacitación y permite a Coca-Cola y otros partners estar más conectados con las tienditas.		B Logistics trabaja con BEPENSA y ofrece soluciones integrales y flexibles en logística de distribución multimodal para el manejo, gestión y almacenamiento de carga nacional e internacional.		Codigo interno en cada botella		El actor implementa tecnología para utilizar fuentes de energía renovables y de bajo impacto ambiental, para realizar procesos de producción. Por otro lado, los laboratorios de prueba de Kimpen son reconocidos por utilizar tecnología de vanguardia y por asegurar la confiabilidad de los recursos obtenidos,		Actor Secundario
	2		2		2		2		3	48	

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

CERVECERÍA NACIONAL DOMINICANA S.A	Plataforma con los productos y servicios ofrecidos por Cervecería Nacional Dominicana. La plataforma también permite leer sobre las características de las mismas y están divididas en diversas categorías.	Emplean una plataforma para que los clientes puedan ordenar de manera más sencilla sus bebidas: Colmapp . Por otro lado, implementan como pilar de Protección del agua, una herramienta en línea "Saveh – AmBev", que les ayuda a identificar cómo usar el agua de manera más eficiente y sugiere mejoras de forma totalmente gratuita.	centro de datos, ERP SAP, base de datos Orable y redes-integración de datos	-	Desarrollan un empaque circular, que se logra a través de la disminución de generación de residuos, el reciclaje y el uso de empaques con mayor contenido reciclado. De esta forma reaprovechan más del 99% de los desechos y eliminan más de 14,000 toneladas de material- Impulsan el conocimiento compartido, la tecnología y el financiamiento de cultivos que puedan ser usados por la cervecería.	Actor secundario
	2	3	2	1	3	36
COCA COLA	Big data e inteligencia artificial: Para asegurarse de la calidad y el sabor óptimo de sus naranjas, la empresa combina una serie de algoritmos que recogen a través de sistemas de big data, datos meteorológicos recogidos por imágenes satelite, datos históricos que contienen tanto información sobre cosechas como de precios para mantener un control eficaz que les asegure que sus productos no sólo cumplen con las condiciones de crecimiento y maduración sino que además conservan un buen sabor.	Coca-Cola se reinventa y lanza máquinas Freestyle sin contacto 'Mobile Pour', con tecnología contactless que permitirá a los consumidores seleccionar y rellenar sus bebidas desde el móvil.	Coca cola creó hemos creó un enlace para distribuidores de la marca, que permite la comunicación e integración con la central de compras. El sistema permite la conexión automática con las diferentes bases de datos, obteniendo datos como: Importación de artículos. Importación de catálogos. Importación de ofertas. Enviar pedidos al proveedor.	Trazabilidad block chain: Gracias a esta solución incorporado, se conseguirá mayor seguridad y trazabilidad en su logística, ya que se mantiene un registro protegido criptográficamente y a prueba de manipulaciones.	Coca-Cola FEMSA busca la eficiencia energética y la integración de fuentes de energía limpia y renovable en sus operaciones. Entre 2010 y 2018 incrementó en 33% su eficiencia en uso de energía y desde 2014, ha logrado una reducción de 40% de las emisiones de CO2 (eq) en sus plantas de manufactura.	Actor terciario
	3	2	2	1	2	24
ECOSERVICIOS DOMINICANA	Tienen una plataforma dinámica que permite ver	Ofrecen herramientas de formación 100% prácticas y	Sistemas ERP (Enterprise Resources		Mediante el Proyecto Tortuga dentro de la Fundación Ecoturismo Responsable, se	Actor cuaternario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

(*)	los servicios que ofrecen así como conocer de qué trata cada uno. CLOUD COMPUTING	aplicables a la operación diaria a las empresas de la industria turística	Planning)		enfoca en la educación ambiental, principalmente en el manejo de plásticos. Se dedican a organizar y ejecutar acciones como la limpieza de playas, campañas de concientización y educación ambiental a través de innovadoras formas de recolección y procesos.	o
	2	2	2	1	2	12
INDUSTRIAS SAN MIGUEL	Cloud computing. Tienen un catálogo virtual en la que se aprecian las marcas que tienen.	Industrias San Miguel (ISM) está potenciando su canal de venta y ahora ha entrado al comercio electrónico de manera directa, implementando una tienda online para que más familias tengan acceso a las diversas bebidas de su marca sin la necesidad de salir de casa. Esta iniciativa se ha visto en Perú, pero no se conoce en República Dominicana. Sin embargo, tienen un aplicativo que envía con frecuencia información sobre las actividades en las que Industria San Miguel del Caribe participa en República Dominicana.			Industrias San Miguel implementó el proyecto Menos Plástico, Más Amigable el cual contempla la reducción del gramaje en las botellas de plástico para reducir el impacto en el medio ambiente (reducción de material en el proceso de producción).	Actor cuaternario
	2	2	1	1	1	4
TRAPO UPCYCLED GOODS		No cuenta con página web. Ofrecen un catálogo en Instagram.			TRAPO es una propuesta de moda sostenible que transforma textiles reutilizados en diversas prendas para que no terminen en un relleno sanitario.	Actor cuaternario
	1	1	1	1	2	1
INTERNERGY	-	La empresa dispone y opera la primera red de cargadores de vehículos eléctricos inteligentes bajo un mismo ecosistema llamado Evergo, que maximiza la experiencia de los usuarios a	La empresa ha desarrollado y patentado un software para la administración y distribución de energía. Esta herramienta facilita	-	El uso del software de la empresa puede favorecer la reducción en 10 % de las pérdidas de energía.	Actor terciario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		través de múltiples plataformas de interacción tales como: RFID, WhatsApp Bot, APP y PWA. El funcionamiento de estas estaciones de carga es bajo un modelo de autoservicio, a través de una aplicación, disponible en App Store y Google Play, mediante la cual el usuario puede consultar la estación de carga más cercana, planificar su ruta, reservar, pagar a través de una billetera virtual e iniciar la carga. Así, la empresa se adapta a las necesidades de los usuarios en cada momento y brinda un servicio diferenciado gracias a una tecnología de vanguardia.	la operación, medición, mantenimiento, eliminar brigadas, así como brinda soluciones a través de las aplicaciones digitales. De esta manera, se puede tener el control de todos los puntos de medición.			
	1	2	3	1	2	12
ALPLA	La plataforma contiene un catálogo donde se puede ver los diversos productos (envasados genéricos, botellas plásticas y tapas plásticas personalizados)	En su plataforma se puede realizar un contacto directo con ellos.			Mediante la aplicación de tecnología de moldeo por inyección, fabricaron cápsulas de café compostables (ahorro de materia y energía).	
	2	2	1	1	1	4
GRUPO SID (SOCIEDAD INDUSTRIAL DOMINICANA)	El Grupo SID llevó a cabo la firma del Acuerdo Marco Estratégico entre Grupo SID y Amazon Web Services (AWS), compañía de servicios de computación en la nube	Portal de empleados Podemos apreciar que hay formularios de proveedores y exportaciones. e-commerce			Las empresas de Grupo SID reciben estos reconocimientos por las mejoras continuas de sus procesos productivos, por fomentar una producción y un consumo responsable, además de implementar prácticas de ahorro de recursos y el buen manejo de residuos. También en la categoría de Energías, "por la eficiencia de Horno para empaque de Surtidos ahí obtuvo implementación exitosa de P+L"	Actor terciario
	2	2	1	1	3	12

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

PACKSOL	Almacenamiento de información en la nube. Es muy dinámico ya que permite realizar un filtro en función a diversas opciones que el cliente requiera y sugerir un buen producto.	Plataforma donde se puede apreciar que hay la posibilidad de realizar diversas cotizaciones de los productos ofrecidos.			Ahorro energético: Sus instalaciones están equipadas con paneles fotovoltaicos que genera grandes beneficios como la generación de energía limpia, disminución de consumo de energía eléctrica y un impacto positivo en el medio ambiente al reducir emisiones de CO2	Actor cuaternario
	2	2	1	1	2	6
Brugal & CO S.A		En la página web de Casa Brugal podemos visualizar diversos productos. Sin embargo, no da la apreciación de costos ni cotizaciones. Por otro lado, podemos ver que cuentan con Programas computacionales: CRM - para el manejo de las órdenes, clientes, timings, etc			Consciente de la importancia de los manglares, Brugal ha invertido en el establecimiento de un vivero que ha sido clave para reforestar áreas de la cuenca del río Higuamo. Campañas de recurso forestal	Actor cuaternario
	1	3	1	1	2	6
UNILEVER	Construidas en la plataforma Salesforce, las soluciones Accenture Cloud combinan la experiencia en la industria de bienes de consumo de front-office de Accenture y la solución de CRM N° 1 de Salesforce con capacidades incorporadas de tecnología cloud, móviles, sociales, de ciencia de datos y de inteligencia artificial. Al pasar a la solución en la nube, Unilever podrá integrar sus aplicaciones móviles, unificar su información de front-			Unilever incorporó tecnología blockchain de SAP para mejorar la trazabilidad del aceite de palma. La solución GreenToken le posibilita a Unilever rastrear, verificar e informar casi en tiempo real sobre los orígenes y el viaje que realiza el aceite de palma a lo largo de su larga y compleja cadena de suministro.	Los plásticos reciclados post-consumo (PCR) actualmente constituyen más del 10% de la huella de plásticos de Unilever. Esto representa un aumento significativo desde 2019 y es un firme avance hacia nuestro objetivo de utilizar, como mínimo, un 25% de PCR para el año 2025. Además, desde 2017, han recuperado, en alianza con ECOCE , más de 17,600 toneladas de aluminio, PET y HDPE.	Actor terciario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	office y back office y ampliar sus actividades de comercio y ventas.					
	3	1	1	2	2	12
GILDAN	En 2009, el Departamento de Comunicaciones en Centroamérica identificó la necesidad de una mejor y más eficaz manera de comunicarnos con nuestros empleados, así crearon Gilda TV. en Gildan TV abarcaron los siguientes temas: seguridad personal; Tour Rosa, testimonios de personas que han sobrevivido al cáncer, sugerencias de los empleados para mejorar el medio ambiente, la salud y la seguridad, la producción y la calidad; ergonomía, video corporativo de Gildan y mecanismos de comunicación.	La empresa cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos. Además, permite ver los distribuidores autorizados aunque solo está disponible para México.			En el año 2018, Gildan lanza nuevos sistemas de eficiencia energética en sus instalaciones textiles para conservar el agua y reducir el consumo de energía.	Actor cuaternario
	2	2	1	1	2	6
GRUPO CORRIPIO	-	En su plataforma web se puede realizar la compra de productos (electrodomésticos, televisores, tablets, etc.). Por otro lado, Adobe se suscribió como nuevo partner tecnológico de Grupo Corripio en República Dominicana. Con la tecnología de Adobe buscan mejorar aspectos	-	-		Actor cuaternario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		como e-commerce, b2b, entre otros avances e innovaciones				
	1	3	1	1		3
CARIBBEAN PULP & PAPER	-	No cuentan con página web	-	-	Reúnen desperdicios de papel para reciclarlos y convertirlos en hormas de zapatos, portavasos y separadores de huevos.	Actor cuaternario
		1			2	2
GREEN DEPOT	-	-	•	-	Green Depot fabrica el primer envase desechable biodegradable de República Dominicana y el Caribe, utilizando desechos naturales como materia prima e integrando a las comunidades en nuestro modelo de desarrollo sostenible	Actor cuaternario
					2	2
MARAT INDUSTRIAL	Cloud computing o computación en la nube. Se muestran los productos con los que cuentan.	Aunque su plataforma web no es tan sofisticada, permite realizar algún contacto con los clientes interesados. Además, se puede realizar compras.			Forman parte del proyecto gubernamental en el que se busca la construcción de la planta de reciclaje (proyecto del AIRD)	Actor terciario
	2	3	-	-	2	12
LATAM BIOENERGY	Dentro de las soluciones que ofrece, se encuentran plantas de cogeneración alimentadas por inteligencia artificial.	-	-	-	-	Actor cuaternario
	2	1	1	1	1	2
CLARO DOMINICANA	La empresa centraliza sus datos en más de 10 países en una nube federada. Adicionalmente, se encuentra Claro Cloud Empresarial, servicio de	En su página, la empresa cuenta con un chat en línea que brinda asistencia al usuario. Además, se puede realizar la compra de celulares a través de esta. Cabe mencionar que la empresa	-	-	La empresa ha reemplazado el equipo tradicional de aire acondicionado por equipos de alta eficiencia y eliminado el refrigerante freón R-22. Así, del 2013 al 2018, logró reducir en un 13.59% su consumo energético. Además, está	Actor terciario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>almacenamiento en la nube que la empresa ofrece a sus clientes bajo planes bajo demanda y tarifas mensuales. Cabe mencionar que la empresa cuenta con una alianza con Microsoft, de manera que sus clientes se conecten directamente a los servicios y aplicaciones de la nube de este último.</p> <p>Asimismo, ofrece equipos basados en IoT como el Kit Smartfix o el Kit PCD Smart Home que brindan seguridad mediante la vigilancia de espacios y envíos de alerta, permiten sincronizar dispositivos desde la app, etc.</p>	también ofrece servicios de integración de plataformas de venta online para negocios.			<p>evaluando la instalación de una solución con cabinas de energía para el encendido del generador, reduciendo así el consumo del combustible utilizado para generar electricidad en plantas de emergencia en sitios móviles.</p> <p>Adicionalmente, los equipos que ofrece como el Kit PCD Smart Home permiten ahorrar energía al programar horarios de encendido y apagado de aparatos domésticos.</p>	
	2	3	1	1	2	12
CORPORACIÓN MINERA DOMINICANA (CORMIDOM)	-	-	<p>Cada minero lleva un localizador que indica su ubicación en tiempo real, lo cual permite saber dónde está cada minero y así poder socorrerlos en caso de una eventualidad. Además, este localizador brinda información del estado de los gases donde se encuentra el personal y el flujo de aire, lo que les permite analizar el tipo de riesgo en que se encuentran los mineros</p>		-	<p>Actor cuaternario</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

			y los equipos.			
	1	1	2	1	1	2
Empresa Generadora de Electricidad Haina	-	-	-	-	La empresa tiene como filosofía ambiental el reducir a su mínima expresión la generación de residuos, trabajando así para reducir, reciclar o reutilizar todos los recursos posibles.	Actor cuaternario
	1	1	1	1	2	2
Grupo CCN / Jumbo - Supermercados Nacional	La empresa ha virtualizado sus servidores, logrando disminuir la cantidad de equipos necesarios y resultando esto en un moderno Data Center de Alta Densidad.	La empresa cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos.		La empresa ha implementado un sistema de posicionamiento satelital (GPS) y programas de certificación de manejo y reconocimiento a sus choferes a fin de regular las rutas, el rendimiento de combustible de la flotilla de vehículos y una reducción significativa de emisiones de CO2.	A nivel de tiendas, la empresa ha implementado la masificación del uso de las fundas reusables en diferentes tamaños y formatos, la eliminación de empaques de plásticos del 95% de la exhibición de frutas y vegetales a favor de exhibiciones a granel, entre otras acciones. De manera interna, la empresa cuenta con un programa de reutilización de canastos plásticos en las áreas de Cárnicos, Panificadora y Frutas y Vegetales, lo que ha permitido eliminar el uso de cajas de cartón para empacar, almacenar y transportar la mercancía que estas unidades productivas generan. Este esfuerzo se ha extendido hacia proveedores de frutas y vegetales, desarrollando un programa de intercambio de canastos con el que se eliminan los tradicionales canastos de madera y las cajas de cartón. En materia de energía, destaca que más del 90% de sus tiendas trabajan con iluminación LED o fluorescente de bajo consumo, lo que permite hasta un 50% de ahorro en el consumo eléctrico de iluminación. Asimismo, se han sustituido los equipos de climatización por sistemas de alta eficiencia, sistema de agua fría,	Actor terciario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

					<p>sustitución de los refrigerantes que afectan la capa de ozono, iluminación en LED y motores electrónicos, logrando entre un 15% y un 20% de ahorro, lo que equivale a unos 525,000 KWh al año y la reducción de 370 toneladas de emisión de CO2.</p> <p>Los equipos tecnológicos de la empresa poseen características de administración de energía integradas y reducen el consumo de energía cuando el procesador está inactivo. Asimismo, emplea servidores que consumen menos que el equivalente de servidores Standard, gracias a que estos comparten fuentes de poder, ventiladores para enfriamiento y otros componentes.</p>	
	2	2	1	2	2	16
Cero Plast	-	La empresa cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos.	-	-	-	Actor terciario
	1	2	1	1	1	2
RDP REPRESENTACIONES SRL.	-	La empresa ha desarrollado una plataforma analógica y digital sobre el consumo responsable y economía circular llamada Quisquedom. Esta es una propuesta de gestión y tecnología que aporta trazabilidad de la gestión de residuos. Así, la tecnología apoya tanto a los recolectores (app) como a las marcas que auspician (reportes de recolección), aplicando para ello integración e innovación con alto impacto social y ambiental.	-	-	-	Actor

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	1	2	1	1	1	2
Tinglar Eco store	-	La empresa cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos.	-	-	Emplea el Sistema Swap Fill, a través del cual se puede comprar a granel y pagar solo por lo que se consume. De esta manera, en la primera compra se puede adquirir el envase y a partir de la segunda ya no se paga por él, sino solo por el llenado. También es posible reutilizar los envases que ya se tengan.	Actor cuaternario
	1	2	1	1	2	4
Una vaina Verde (*)	- Utilizamos espacios digitales para bases de datos y para uso administrativo y operativo de nuestro modelo de negocio.	La empresa cuenta con una página web donde se puede realizar la compra de sus productos.	Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning)	-	- Sí utilizan la filosofía LEAN, realizan la línea base de todos sus procesos para productos y Servicios y plantean objetivos para recibir el consumo de recursos requeridos.	Actor cuaternario
	2	2	2	1	2	8
Green Love (*)	Uso de computación en la nube a través de la colocación de maquina recetora de reciclables, conteo, emisión de incentivos	-	-	En alianza con Tetra Pak y la Oficina para el Reordenamiento del Transporte (OPRET), Green Love instaló máquinas recolectoras de material reciclable en cinco estaciones del Metro de Santo Domingo. Estas máquinas son del modelo reverse vending que emplea tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) para el reconocimiento del	-	Actor cuaternario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

				objeto introducido y la entrega del incentivo. Así, con esta iniciativa se busca promover la entrega de envases de Tetra Pak, botellas de plástico PET y latas de aluminio entre los usuarios del subterráneo a cambio de la recarga en el pasaje del Metro.		
	2	1	1	2	1	4
Rizek Vidal Recicladores	-	Rizek Vidal Recicladores no cuenta con página web. El gerente lanzó un programa de recolección de residuos reciclables mediante la utilización de un número "809-REC-ICLE" las personas interesadas podrán suscribirse por el WhatsApp y por esta vía le será enviado un instructivo de cómo manejar la basura inorgánica y se coordinarán los días en que se pasará por la casa a recogerla.	-	-	Ahorro de materiales como servicio de reciclaje.	Actor cuaternario
	1	2	1	1	2	4
Yeyo Ochoa Group (dueño de diferentes empresas)	Catálogo de productos en la web.		-	-	Una de las ventajas de Recicladora del Cibao, es su oferta diversificada de procesamiento. En ese sentido, cuenta con dos líneas para la recuperación de HDPE (polietileno de alta densidad); una para HDPE soplado (galones) y otra para HDPE inyección (huacales y cubetas), que también se utiliza para el procesamiento de PP (polipropileno), ambas líneas Trituran, lavan en frío, secan y empaican en sacos de	Actor cuaternario

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

					1 Tn. Además, también realizan reciclaje de cartón. Es importante destacar que el agua utilizada en el proceso de lavado es recuperada en una planta de tratamiento con capacidad de 2 M3/h.	
	2	1	1	1	2	4
RESIDUOS CLASIFICADOS DIVERSOS S.R.L	La empresa hace uso de herramientas web que permitan a los clientes visualizar sus registros de reciclaje y aportes a la huella ecológica	Se utiliza plataformas digitales en el registro de volúmenes de los reciclables	-	-	-	Actor cuaternario
	2	2	1	1	1	4
(*) Empresas que contestaron la encuesta						

6.5 Análisis de Industria 4.0 en Cuba

6.5.1 Análisis gubernamental

El nivel de dependencia de las actividades productivas en la economía de Cuba exige una transición hacia mejorar la infraestructura tecnológica de los procesos de producción y, en general, del nivel de acceso a la tecnología de la población. En el marco de promover la implementación del Plan Nacional de Desarrollo Social y Económico hacia el 2030, concretamente el Macroprograma 2 referido a la “Transformación productiva e inserción internacional”, se establece como principal lineamiento buscar el fomento de los encadenamientos vinculados a la transformación de los sectores prioritarios y de las actividades de soporte e infraestructuras clave para su competitividad, especialmente para la introducción de las tecnologías digitales y las TIC’s y para su integración con los llamados servicios modernos. En este ámbito, las TIC cumplen un papel fundamental y es por ello que la digitalización de la producción, comercialización y consumo es el **primer paso** hacia una economía digital.

En síntesis, la ciencia es un punto cardinal del Programa Nacional de Desarrollo 2030. En este sentido, las Empresas de Alta Tecnología (EAT) son aquellas organizaciones que se caracterizan por mostrar una actividad intensiva en investigación, desarrollo e innovación, así como elevados estándares tecnológicos. En la actualidad, Cuba cuenta con una gran cantidad de empresas de alta tecnología que son el motor de la transición tecnológica en las industrias y actividades en general del país. Entre ellas se tiene a Empresa de Tecnologías de la Información y Servicios Telemáticos Avanzados (CITMATEL), Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Centro Nacional de Biopreparados (BioCen), Centro de Inmunología Molecular (CIM), entre otras. Sus principales actividades se enfocan en explorar diversos campos como la inteligencia artificial, la robótica, la nanotecnología, telecomunicaciones, informática y energías renovables que pueden ser aplicables en una infinidad de contextos dentro de los desarrollos productivos. El motor que representa las actividades de los actores mencionados son claves para promover la transición tecnológica en el país. Además, Cuba cuenta con un ministerio que se enfoca a la ciencia, tecnología y el medio ambiente (CITMA) que tiene un rol fundamental en las políticas y normativas que promueven el desarrollo tecnológico en el país. El **segundo paso** es la transformación digital de las empresas y requiere de un cambio en los procesos de negocios que incluya la adopción de tecnologías emergentes, con el fin de aprovechar sus beneficios y fomentar su uso en: gobierno, industria, academia y ciudadanía.

En términos generales, Cuba ha tenido grandes avances tecnológicos y ha establecido cimientos de instituciones que promueven la introducción de nuevas tecnologías en los procesos productivos. CITMA, MINDUS, CITMATEL entre otros actores claves han iniciado un proceso de transición en el sector industrial para promover la transición tecnológica a corto y mediano plazo. Por ende, el compromiso de actores gubernamentales, el sector empresarial, la academia y la población permitirá acelerar la transición que conlleva a, inherentemente, acelerar la transición hacia una economía circular. A continuación, se resume las normativas que se han implementado para acelerar y/o establecer los lineamientos de transición tecnológica en Cuba:

Tabla 4. Regulaciones en Cuba relacionadas a la industria 4.0

Normativa	Fecha de aprobación - implementación	Extracto
Resolución 165 de 2014 de Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	2014	El Consejo Científico es un órgano consultivo de los centros de investigación y de servicios científicos y tecnológicos, en lo adelante entidades. Pueden constituirse consejos científicos en las unidades de desarrollo e innovación cuando cumplan los requisitos que se establecen en la presente Resolución. Por ende, la normativa tiene como finalidad actualizar las disposiciones relativas a los consejos científicos y en consecuencia, derogar la Resolución No. 63, de 26 de abril de 2006 del Ministro de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, que aprueba el

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		"Reglamento para los Consejos Científicos en las Entidades de Ciencia e Innovación Tecnológica".
Resolución 434 de 2019 de Ministerio de Finanzas y Precios	2019	Establece eximir del pago del Impuesto sobre Utilidades a las utilidades que generen la unidad organizativa que se cree en la sociedad mercantil Centro Internacional de La Habana S.A.; las empresas de Ciencia y Tecnología creadas en las universidades Central "Marta Abreu" de las Villas y la Tecnología creadas en las universidades Central "Marta Abreu" de las Villas y la Tecnología de La Habana, así como los parques científicos-tecnológicos creados en las universidades de las Ciencias Informáticas y en la de Matanzas; por los primeros cinco (5) años de constituidas.
Resolución 132 de 2019 de Ministerio de Comunicaciones	2019	La normativa actualiza la relación de equipos y dispositivos de telecomunicaciones y de Tecnologías de la Información y la Comunicación y establece el Reglamento sobre evaluación de la conformidad y homologación de equipos de telecomunicaciones y de Tecnologías de la Información y la Comunicación que emite el Ministerio de Comunicaciones.
Decreto Ley 323 de 2014 de Consejo de Estado	2014	<p>El principal objetivo de la normativa es establecer las disposiciones para la organización y funcionamiento de las entidades de ciencia, tecnología e innovación, y asegurar una gestión más integral, económicamente sostenible, estable y permanente de estas. Las entidades de ciencia, tecnología e innovación se clasifican en: Centros de Investigación y Centros de Servicios Científicos y tecnológicos. Los centros de investigación tienen como misión fundamental la investigación científica y la innovación. Pueden, además, prestar servicios científicos y tecnológicos con valor agregado, relacionados con la actividad de investigación-desarrollo, así como efectuar producciones especializadas.</p> <p>Tanto los servicios científicos y tecnológicos como las producciones especializadas pueden ser exportados, de acuerdo con los procedimientos establecidos. Los centros de investigación son autofinanciados, presupuestados con tratamiento especial, o de forma excepcional, totalmente presupuestados. Dentro de la forma de funcionamiento autofinanciado se reconoce la empresa de ciencia y tecnología.</p>
Decreto 363 de 2019 de Consejo de Ministros	2019	<p>Tiene por objeto regular lo relativo a los parques científicos y tecnológicos y a las empresas de Ciencia y Tecnología, que funcionan como interface entre las universidades y entidades de Ciencia, Tecnología e Innovación con las entidades productivas y de servicios. Este Decreto resulta aplicable a las personas naturales y jurídicas que se vinculan a la actividad de ciencia, tecnología e innovación, en correspondencia con su esfera de actuación.</p> <p>En términos generales, Los parques científicos y tecnológicos se definen como la organización gestionada por profesionales especializados, cuyo objetivo fundamental es incrementar la riqueza de su comunidad promoviendo la cultura de la innovación y la competitividad de las empresas e instituciones generadoras de saber instaladas en el Parque o asociadas a él; estimula y gestiona el flujo de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de investigación, empresas y mercados; impulsa la creación y el crecimiento de empresas innovadoras mediante mecanismos de incubación y de generación centrífuga; y proporciona otros servicios de valor añadido, así como espacio e instalaciones de gran calidad</p>
Decreto 359 de 2019 de Consejo de Ministros	2019	El Estado promueve el desarrollo y utilización de la Industria Cubana de Programas y Aplicaciones Informáticas, en lo adelante la Industria, con el objetivo de contribuir a respaldar las prioridades de la informatización en beneficio de la economía, la sociedad y la Seguridad y Defensa Nacional, para alcanzar un crecimiento sustancial de su ejecución y servicios asociados.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		<p>El presente Decreto tiene como objeto establecer el marco legal reglamentario que ordene y garantice el derecho al acceso y participación de las personas en el desarrollo de la Industria cubana de programas y aplicaciones informáticas, en correspondencia con lo establecido en la Constitución, las leyes y las restantes disposiciones legales relacionadas con el tema, así como los acuerdos internacionales en esta materia de los que la República de Cuba es Estado parte.</p>
Decreto 360 de 2019 de Consejo de Ministros	2019	<p>El Estado moviliza los recursos necesarios para lograr el empleo seguro y eficiente de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en función de las necesidades que requiere el desarrollo del país; además, en su papel rector de la sociedad, dirige la implementación de la estrategia aprobada en materia de Seguridad de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y controla su cumplimiento, así como promueve la investigación, el desarrollo, la aplicación, la innovación, la divulgación y la capacitación.</p> <p>El objeto del presente Decreto es establecer el marco legal que ordene el empleo seguro de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la informatización de la sociedad, la defensa del Ciberespacio Nacional en correspondencia con lo establecido en la Constitución, las leyes y las restantes disposiciones legales relacionadas con el tema, así como los tratados y demás instrumentos jurídicos internacionales de los que la República de Cuba es Estado parte.</p>
Resolución 124 de 2019 de Ministerio de Comunicaciones	2019	<p>En el proceso de reordenamiento de la industria nacional del software se requiere garantizar la calidad de los programas y aplicaciones informáticos que se desarrollan y comercializan en el país; para alcanzar estos objetivos, es necesario establecer el Reglamento con las acciones a realizar por las personas que desarrollan y comercializan programas y aplicaciones informáticas, disponer las reglas básicas que normen su producción y la evaluación de la calidad de estos procesos productivos y de sus productos resultantes.</p> <p>El objeto del presente Reglamento es establecer:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Las reglas básicas para la producción de programas y aplicaciones informáticas;b) la evaluación del proceso de desarrollo de la producción de programas y aplicaciones informáticas;c) el proceso para la evaluación de la calidad por un tercero de los programas y aplicaciones informáticas.
Acuerdo 8611 de 2019 de Consejo de Ministros	2019	<p>Aprueba la Estrategia de Desarrollo de la Infraestructura de Banda Ancha en Cuba en correspondencia con el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030.</p>
Decreto Ley 336 de 2016 de Consejo de Estado	2016	<p>Establece las normas relativas a las disposiciones contractuales de propiedad industrial que se deben incluir en los negocios jurídicos para la adquisición de tecnología y en los acuerdos de colaboración económica y científico-técnica, e identifica las disposiciones contractuales restrictivas que impiden, limitan o distorsionan abusiva o injustificadamente el desempeño industrial y comercial.</p>
Resolución 224 de 2014 de Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	2014	<p>La presente normativa aprueba el procedimiento de los permisos requeridos en el proceso inversionista para la tecnología que se otorgan por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Resolución 228 de 2014 de Ministerio de Industrias	2014	La presente normativa aprueba el procedimiento de los permisos requeridos para el Proceso Inversionista que se otorgan por el Ministerio de Industrias.
Resolución 58 de 2016 de Ministerio de Finanzas y Precios	2016	A través de la normativa se establece el procedimiento financiero, presupuestario, contable y de precios a aplicar en las entidades del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación.
Resolución 579 de 2014 de Ministerio de Comunicaciones	2014	La normativa designa al Director General de Informática como autoridad facultada para emitir el certificado de inscripción del sistema de registro de productos de software y la certificación de aprobación y su renovación de los sistemas contables financieros soportados sobre las tecnologías de la información, cuando corresponda y el asiento en el Registro de Control de las certificaciones expedidas. Con esta normativa se busca promover la certificación de productos de software en el país.
Resolución 166 de 2017 de Ministerio de Comunicaciones	2017	A través de la presente normativa se aprueba el procedimiento para la obtención del certificado del grado de correspondencia de los sistemas contable-financieros soportados sobre las Tecnologías de la Información y la Comunicación con los requisitos informáticos que garantizan la seguridad y calidad en su utilización.
Decreto 338 de 2017 de Consejo de Ministros	2017	A través de la normativa se procede a crear la entidad de Ciencia, Tecnología e Innovación "Sierra Maestra", como unidad presupuestada con tratamiento especial, en forma abreviada ECTI "Sierra Maestra", con personalidad jurídica propia. La entidad "Sierra Maestra" se subordina al Consejo de Ministros y tiene carácter nacional a todos los fines previstos en la legislación vigente.
Resolución 434 de 2011 de Ministerio de la Construcción	2011	A través de la normativa se autoriza la Inscripción de la Empresa de Servicios a la Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en forma abreviada SERVICITMA, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en la provincia de La Habana, en el Registro Nacional de Constructores, Proyectistas y Consultores de la República de Cuba, adscrito a la Comisión Nacional de Contratación y Licitaciones de Obras, Proyectos y Otros Servicios de la Construcción.
Decreto Ley 313 de 2013 de Consejo de Estado	2013	La presente normativa aprueba la creación de la zona especial de desarrollo Mariel, con el objetivo de promover el incremento de infraestructuras y actividades que permitan un aumento de las exportaciones, sustitución de importaciones, realización de proyectos de alta tecnología, generar nuevas fuentes de empleo y contribuir al progreso nacional.
Resolución 397 de 2015 de Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	2015	La presente normativa aprueba las regulaciones para la realización del proceso de Evaluación Integral de la Tecnología en la Zona Especial de Desarrollo Mariel.
Resolución 67 de 2010 de Ministerio de la Informática y las Comunicaciones	2010	La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A., ETECSA, ha sometido a la aprobación del Órgano Regulador una propuesta de revisión de las condiciones de operación y régimen tarifario para la navegación por Internet y mensajería multimedia a través de redes con tecnología GPRS, que comparte la infraestructura de la red de telefonía móvil GSM, así como el acceso móvil a redes privadas de datos. En ese marco, la normativa tiene el objetivo de aprobar las condiciones de operación y el régimen tarifario que se establecen en la presente Resolución, para el acceso móvil a redes privadas de datos, así como la navegación por Internet y mensajería multimedia a través de redes con tecnología GPRS.
Resolución 41 de 2008 de Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	2018	La normativa tiene como objetivo el impartir cursos y ofrecer servicios de organización de conferencias, seminarios, talleres y encuentros en función de un mejor desempeño ambiental en pesos cubanos y a personas naturales y jurídicas extranjeras en pesos convertibles. Con la finalidad de generar mayores conocimientos, la implementación de seminarios, talleres, conferencias, entre otros eventos de difusión permitirá generar un

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		mayor alcance de las nuevas tecnologías implementadas en los sectores productivos.
Resolución 18 de 2008 del Ministerio de Economía y Planificación	2018	A través de la normativa que aprueba la ampliación del objeto social del Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, en su forma abreviada ECOVIDA, con sede en la provincia de Pinar del Río, subordinado a este Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente con la finalidad de ampliar el alcance de los avances tecnológicos de la institución a nivel local y regional.
Resolución 35 de 2022 de Ministerio del Transporte	2022	Tiene como objetivo establecer las reglas generales para obtener los permisos y autorizaciones para la adquisición o implementación de sistemas de telecomunicaciones, de tecnologías de la información y las comunicaciones, los sistemas de señalización, centralización, bloqueo y electrificación para los ferrocarriles del Sistema Ferroviario Nacional.

6.5.2 Nivel de preparación

En el caso de Cuba, no existen datos comparables desde las fuentes que emplea GRAMI4.0. Sólo algunos indicadores fueron extraídos de Informes del Banco Mundial, UNESCO y la OMPI (Organización Mundial de Propiedad Industrial). Tomando como base los datos publicados en el Informe nacional voluntario de Cuba de la Agenda 2030 (Grupo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030, 2021), el Plan Nacional de Desarrollo hasta el 2030, en particular el proyecto dirigido a las tecnologías de la Industria avanzada, dentro del macroprograma “Transformación productiva e inserción internacional”, así como, las políticas de desarrollo industrial y de automatización recientemente aprobadas en el país, y otras publicaciones recientes, se ofrece una panorámica sobre algunos factores que intervienen en el alistamiento de la Industria 4.0 para Cuba.

DIMENSIÓN 1- Entorno habilitante

Los pilares que contempla el entorno habilitante de un país para la Industria 4.0 incluye cuatro pilares fundamentales: entorno político, entorno regulatorio, entorno empresarial y entorno de normalización.

El **entorno político** en Cuba está fuertemente influenciado por su condición de Pequeño Estado Insular en Desarrollo (SIDS, por sus siglas en inglés), lo cual trae consigo varias limitaciones asociadas al tamaño de su economía, basada en recursos naturales y dependiente del comercio, el turismo y otros flujos externos; su condición geográfica con mayores niveles de exposición a los efectos del cambio climático y los peligros naturales, la fragilidad de los ecosistemas insulares y el insuficiente acceso a fuentes de financiamiento para el desarrollo. Por otra parte, como refiere el propio Informe voluntario de Cuba sobre la Agenda 2030 (Grupo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030, 2021), en los últimos cuatro años, se ha producido un incremento progresivo y sistemático en las medidas impuestas por el bloqueo económico, comercial y financiero estadounidense contra Cuba que alcanza a todos los Estados que mantienen o intenten establecer relaciones económicas, comerciales y financieras con este país.

A pesar de ello, el país muestra un **entorno regulatorio** favorable para impulsar la Industria 4.0, caracterizado por la reciente aprobación de un grupo de políticas que guardan una estrecha relación con ello, entre las que se encuentran:

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- Política de Desarrollo Industrial, cuyo objetivo es transformar y modernizar de forma gradual (por etapas) la industria, priorizando los productos de mayor impacto en los sectores estratégicos y combinando el desarrollo innovador, la sustitución de importaciones y la orientación a la exportación para lograr el aumento de la competitividad de productos y servicios.
- Política Integral para la Automatización en Cuba, que deberá conducir a la seguridad y soberanía técnica, a partir del crecimiento del nivel de automatización como parte del proceso de modernización del plantel industrial del país, los servicios y otras actividades económicas y sociales.

En el momento que se elabora este informe, se pudo conocer que bajo el liderazgo del Ministerio de Comunicaciones, el país se encontraba elaborando una nueva política para transformación digital que junto a su agenda digital, se debe convertir un marco habilitador para el desarrollo de la Industria 4.0 en la próxima década.

En el tema de la protección de la propiedad intelectual, la reorganización de la economía sobre los pilares definidos y actualizados en los Lineamientos de la Política Económica y Social, unidos al Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, establecen como eje estratégico: potencial humano, ciencia, tecnología e innovación. Reconociéndose la presencia de capacidades intelectuales instaladas y de alto valor en universidades, centros de ciencia y en el sector empresarial en general, direccionando significativos objetivos estratégicos hacia estos actores: generación de nuevos conocimientos en las universidades; diseño de programas de estudios avanzados para jóvenes talentos en correspondencia con las demandas del desarrollo económico y social; adecuar el marco jurídico y regulatorio de la ciencia, la tecnología e innovación a la actualización del modelo económico cubano; tener en primer plano el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en todas las instancias; asegurar la estabilidad, el completamiento y rejuvenecimiento del potencial científico-tecnológico de los sistemas de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente para retomar su crecimiento selectivo, escalonado, proporcionado y sostenible; perfeccionar los diferentes mecanismos de estimulación, entre otros recogidos en dicho Plan (Hernández-González, Morejón-Gross, Díaz Arrazola, Ávila-Árias, & Junco-Torres, 2021).

Por otra parte, **el entorno empresarial** en Cuba se ha potenciado en los últimos meses de forma significativa con la aprobación de las primeras MIPYMES en el país a partir de septiembre de 2021, con un ritmo de crecimiento acelerado. Es fácil empezar un negocio en Cuba desde que se implementó el Decreto de las MIPYMES en 2021. Al 10 de marzo de 2022, a sólo seis meses de aprobadas las primeras MIPYMES, se reportaban **2361 nuevos actores económicos, de los cuales 2276 son MYPIMES privadas y 49, estatales, mientras 36 son cooperativas**. En total se estima que estos actores económicos generen 38 836 nuevos puestos de trabajo en la economía, según reporte de Cubadebate²⁴⁰ a partir de la información del Ministerio de Economía y Planificación, y la tasa de incremento sigue subiendo.

²⁴⁰ <http://www.cubadebate.cu/noticias/2022/03/10/ministerio-de-economia-y-planificacion-aprueba-nuevas-mipymes-y-cooperativas-no-agropecuarias-pdf-4/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Como último pilar de esta dimensión se tiene el de **normalización**, la Oficina Nacional de Normalización es la entidad que rige este proceso en Cuba. No se encontró información sobre certificación ISO 9001 – sistema de gestión de la calidad, ni en de la seguridad de la cadena de suministro en el país.

DIMENSIÓN 2 - Recursos humanos.

Esta segunda dimensión analiza que existan los **recursos humanos** necesarios para la industria 4.0 en el país mediante el análisis de tres pilares, que evalúan el **nivel de educación básica, la educación terciaria en áreas relevantes y la empleabilidad**.

En cuanto al pilar del **nivel de educación básica** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **gasto gubernamental en educación (Expenditure on education)**, tomado de la fuente del Banco Mundial²⁴¹ en un informe sobre gasto público en educación (con datos 2010) informaba que Cuba tenía, hasta esa fecha en que fuera reportado, la mayor tasa de inversión en educación del mundo con el **12,8%** del presupuesto nacional. No se encontraron datos estadísticos más recientes.
- Por otra parte, la **tasa de escolaridad primaria** es del **99,8%**, mientras en la **secundaria** es 84,4%, según Informe nacional voluntario sobre los ODS 2021. El nivel de preparación general de nuestro pueblo es, en promedio, de 10,9 grados de enseñanza en 2005, según Informe sobre Formación profesional y empleo de los datos en Cuba²⁴².
- Otro indicador que incide en el nivel de educación básica es la **proporción de alumnos por profesor (Pupil-teacher ratio)**, según el Banco mundial²⁴³ **para Cuba es 9,16 en el 2018**.

En cuanto al pilar de la **educación terciaria** se cuenta con información de los siguientes indicadores:

- El primero es el **número de matriculados en educación terciaria (Tertiary Enrolment)**, que tiene como fuente el **Human Development Report de la UNDP**. Este indicador mide la matrícula total en un determinado nivel de educación (terciaria), independientemente de la edad, expresada como porcentaje de la población en edad escolar oficial para el mismo nivel de educación. Según el Banco Mundial, este indicador en Cuba era de **46,72 % para 2020**.
- El segundo indicador es el **número de matriculados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)**, que para Cuba se encontró el dato a partir del **Banco Mundial**²⁴⁴, el cual registra que en **2018 un 9,221% de estudiantes universitarios perteneció a estos programas**.
- El tercer indicador es el **número de graduados en ingeniería, manufactura, construcción y TIC (telecomunicaciones)**, que para Cuba se encontró el dato a partir del **Banco Mundial**, el cual registra que en **2016 el 5,18% de graduados para estas disciplinas**.

²⁴¹ <https://datos.bancomundial.org/indicador/SE.XPD.TOTL.GD.ZS?locations=CU>

²⁴² <https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/derecho-social/article/viewFile/9515/11548>

²⁴³ <https://data.worldbank.org/indicador/SE.PRM.ENRL.TC.ZS?locations=CU>

²⁴⁴ El indicador del banco mundial en este caso es descrito como “Percentage of students in tertiary education enrolled in Engineering, Manufacturing and Construction programmes, both sexes (%)”.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

En cuanto al pilar de **empleabilidad** no se cuenta con información de indicadores para Cuba.

DIMENSIÓN 3 - “Infraestructura”:

Esta dimensión mide a través de dos pilares: **infraestructura física y digital**, si el país cuenta con la infraestructura necesaria para la industria 4.0:

En el pilar de **infraestructura física** se evalúan tres indicadores:

- El primero es la **disponibilidad de infraestructura vial**. Este indicador se forma a partir de la disponibilidad y calidad de infraestructura para el transporte aéreo, terrestre, portuario y de carreteras. En el caso de las vías de transporte terrestre, de acuerdo a un estudio²⁴⁵ reciente, Cuba cuenta con una extensa infraestructura de carreteras que supera los 71 000 km, con un patrimonio aproximado de 100 mil millones de pesos para una densidad vial de 0,645 Km/Km² de superficie, ello indica ser un país con adecuada densidad vial según las características geográficas. Este indicador conduce a que en la actualidad se construyan muy pocas carreteras y que exista la necesidad de incrementar la gestión de conservación. **Los fondos que anualmente se dedican a esta actividad en Cuba son inferiores al 0,5% del Producto Interno Bruto (PIB)**, menores a los recomendados por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL).
- El segundo es el **Índice de rendimiento logístico (Logistics performance index)**, que tiene como fuente el **Banco Mundial**. Este indicador mide la percepción de los profesionales de la logística sobre la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte del país (por ejemplo, puertos, ferrocarriles, carreteras, tecnología de la información), en una calificación que va de 1 (muy baja) a 5 (muy alta). Cuba alcanzó un **puntaje de 2.2 de 5 posibles en 2018 (último dato registrado)**.
- El tercer indicador es la **densidad de robots (Density of robots)**, que mide la capacidad de automatización e incorporación de robots colaborativos en la industria. No se encontraron datos de este indicador para Cuba.

Para evaluar la **infraestructura digital** se contemplaron tres indicadores:

- El primero es la **disponibilidad de infraestructura de TIC (Telecommunication Infrastructure Index)**, que emplea como fuente el **E-Government Knowledgebase** de las Naciones Unidas. Este es un indicador compuesto que mide la preparación de la infraestructura de telecomunicaciones de los países para aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación para mejorar su competitividad. **Cuba tiene un puntaje de 0.25 (valores entre 0 a 1) en 2020.**
- El segundo es la **Participación electrónica e Índice de servicios en línea (E-Participation Index)**, este indicador tiene como fuente el **E-Government Knowledgebase** de las Naciones Unidas. Este indicador evalúa, en una **escala de 0 a 1 (mejor valor)**, la calidad, la relevancia y la utilidad de los sitios web gubernamentales para proporcionar información en línea y

²⁴⁵ <https://www.redalyc.org/journal/1939/193969257006/html/> “Indicaciones sobre la evaluación de la infraestructura de carreteras para Cuba”, EMPAI, 2021

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

herramientas y servicios participativos a sus ciudadanos. Cuba obtiene un **puntaje normalizado de 0.36 (valores del 0 al 1) en 2020.**

- El último indicador de este pilar y dimensión es el **cloud computing score**, del cual no se cuenta con información para el país. por lo que se ha prescindido del uso de este.

DIMENSIÓN 4 - “Sostenibilidad ecológica”

La dimensión de sostenibilidad ecológica cuenta con un único pilar del mismo nombre y sus indicadores son los siguientes:

- El primero es el **Índice de protección del medio ambiente - EPI (Environmental Performance Index)**. La fuente de este indicador es el **Environmental Performance Index desarrollado por la Universidad de Yale**²⁴⁶. Este indicador emplea un método para cuantificar y clasificar numéricamente el desempeño ambiental de las políticas de un país. Cuba tiene una **puntuación de 48.4 (rango de puntajes de 0 a 100), para el puesto 64 a nivel mundial.**
- El segundo indicador es el **número de certificados ISO 14001 emitidos en el país (ISO 14001 certification)**, que tiene como fuente el **Global Innovation Index**. En el caso de Cuba no se encontró una fuente alternativa para este indicador, dado que no está incluido en el Global Innovation Index. No obstante, se pudo conocer que **Cuba está desarrollando su propio indicador de Índice Global de Innovación, coordinado por el CIEM** (Centro de Investigación de la Economía Mundial) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente (CITMA) y cuyos resultados iniciales deben estar disponibles a finales del 2022.
- El tercer indicador es la **producción de energía renovable en el país (Renewable energy)**, que ha empleado como fuente la **International Renewable Energy Agency (IRENA)**. En el Informe voluntario ODS del 2021 se reporta que en el 2019 este indicador oscilaba en un 4%, sin embargo **Cuba aspira a alcanzar un incremento hasta alcanzar un rango de 24% (según IRENA) y 37% (de acuerdo al Informe voluntario de Cuba 2021) de energía renovable en 2030.**

DIMENSIÓN 5 – “Capacidad de innovación”

Esta dimensión comprende cuatro pilares: **investigación, la innovación industrial, la tecnología y los activos de propiedad intelectual.**

El pilar de **investigación** tiene cuatro indicadores:

- El primer indicador es el **número de investigadores por millón de habitantes (Researchers per million)**, que tiene como fuente la **UNESCO**. Cuba registró en 2019 un total de **1800 por cada millón de habitantes**, lo cual fue extraído del Informe voluntario de los ODS 2021.
- El segundo es el **gasto bruto en investigación y desarrollo (GRED) como % del PIB (GERD as % of PIB)**, que se ha extraído de la **UNESCO**. Este indicador mide los gastos internos brutos en investigación y desarrollo (I+D), expresados como porcentaje del PIB. **En el 2019, Cuba tuvo un gasto de 699 millones de pesos**²⁴⁷, lo que equivale a **0,68% del PIB.**

²⁴⁶ <https://epi.yale.edu/epi-results/2020/country/cub>

²⁴⁷ Ministra de CITMA en mesa redonda celebrada en 2021 y transmitida en la Televisión Nacional

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **calidad de las instituciones de investigación científica (Quality of scientific research institutions)**, que se ha encontrado en el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿cómo evalúa la calidad de las instituciones de investigación científica?, respondiéndose del 1 al 7, siendo 1: extremadamente pobre/entre los peores del mundo y 7: Extremadamente bueno/entre los mejores del mundo. No se cuentan con datos para este indicador en Cuba.
- El cuarto es la **colaboración de la investigación universidad-industria (University-industry research collaboration)**, que tiene como fuente el **Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas y las universidades colaboran en investigación y desarrollo (I+D) ?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). No se encontraron datos para Cuba en esta escala, aunque en los últimos años han estado floreciendo nuevas entidades aprobadas desde la legalidad cubana que funcionan para fortalecer el nexo universidad-empresa. Los Parques Científico-Tecnológicos (como el PCT de la Habana, adscrito a la Universidad de Ciencias Informáticas), las empresas interfaces de las Universidades cubanas y la Fundación de I+D (como la de la Universidad de La Habana) son los modelos por los que está apostando Cuba en este sentido.

Los indicadores para evaluar el pilar de **innovación industrial** son:

- El primer indicador y segundo indicador son el **porcentaje de empresas innovadoras (Percent of innovative firms in manufacturing)** y el **porcentaje de innovación de productos (Percent of product innovation in manufacturing)**, respectivamente. En el caso de Cuba, se pudieron obtener datos²⁴⁸ del 2015 sobre el **porcentaje de innovación de productos con 44%, 48,4% en innovación de procesos, y 64% en innovación organizacional en fabricación**.
- Como tercer indicador de este pilar se tienen las **co-inventiones internacionales (International Co-Inventions)**. Cuba no tiene estadísticas en el **Global Competitiveness Index** con lo que no se pudo obtener este indicador. Sin embargo, existen datos sectoriales en la industria biofarmacéutica, donde su grupo empresarial, **BioCubaFarma**, maneja una gran cartera de invenciones patentadas, con **2438 patentes registradas fuera de Cuba y más de 2640 solicitudes de registro de patentes en trámite en todo el mundo**²⁴⁹.
- El cuarto indicador es la **capacidad de innovación (Capacity for innovation)**, cuya información se ha obtenido del **Global Information Technology Report**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas tienen capacidad de innovar?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). No se encontró una fuente confiable para evaluar este indicador en el caso de Cuba. No obstante, se analizaron algunos datos que permiten hacer una valoración aproximada de este indicador. Según resultados de la 3ra Encuesta Nacional de Innovación de la República de Cuba solo **el 50% de las empresas encuestadas cuentan con proyección estratégica para la CTI**.

El uso de **tecnología avanzada** se mide a partir de los siguientes indicadores:

²⁴⁸ Summary report of the 2013 - UIS innovation data collection.

²⁴⁹ <https://www.nature.com/articles/d43747-020-00522-5>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

- El primer indicador es la **cuota de valor añadido de la fabricación de media y alta tecnología Medium- and High-Tech Manufacturing Value Added**), que tiene como fuente la base de datos de la **United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)**. Este indicador mide la proporción del valor agregado de la industria de tecnología media y alta en el valor agregado total de la manufactura. Al no disponerse de este valor de la base de datos de UNIDO, en el caso de **Cuba**, se tomó el valor de este indicador del Banco mundial para el 2019 donde se reportó un **16% de valor añadido de la fabricación de media y alta tecnología**.
- El segundo es la **disponibilidad de las últimas tecnologías (Availability of latest technologies)**, que tiene como fuente el **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida se dispone de las últimas tecnologías?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). No se reportan datos a nivel macro para Cuba.
- Como tercer indicador de este pilar se tiene la **adquisición de tecnologías avanzadas por parte del gobierno (Government procurement of advanced technology)**, que se ha extraído del **World Economic Forum Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las decisiones de compra del gobierno fomentan la innovación?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). No se reportan datos para Cuba.
- El cuarto es la **absorción de tecnología por parte de las empresas (Firm level technology absorption)**, cuya fuente es el **Global Information Technology Report**. En su país, ¿en qué medida las empresas adoptan nuevas tecnologías? respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). No se encontró este indicador de forma macro para Cuba. Sin embargo, a nivel micro se puede ilustrar este indicador en algunas industrias. Siguiendo el ejemplo de la industria biofarmacéutica cubana, la Empresa de Tecnología de Información (ETI) del Grupo Empresarial Biocubafarma viene trabajando en la tecnología HPC (Computación de alto rendimiento) y durante la pandemia, **la plataforma HPC** apoyó los estudios de modelado y simulación computacional de los productos y medicamentos anti-COVID de BioCubaFarma. Esta nueva plataforma posibilitará la automatización efectiva de procesos, lo cual conducirá a una mayor productividad y rendimiento; además, facilitará el cumplimiento del ámbito regulatorio y los estándares para los participantes de la cadena de suministros²⁵⁰. Existen otras industrias como la del Petróleo que a través también de su empresa especializada en software, **TECNOMÁTICA**, ha adoptado varias tecnologías emergentes como Internet de las Cosas, cadenas de bloque y gemelos digitales para digitalizar la cadena de valor de extremo a extremo. Inteligencia artificial y las analíticas Big data son dos tecnologías emergentes que están suponiendo mayores niveles de adopción en el sector industrial cubano, aunque aún se está lejos de aprovechar todo su potencial para incidir en mejores niveles de productividad industrial.

Los **activos de PI** miden la propiedad intelectual de un país a partir de los siguientes indicadores:

- El primer indicador es el **número de solicitudes de patentes por origen (Patent application by origin)**, que tiene como fuente **The Global Innovation Index**. , el puntaje ya se encuentra

²⁵⁰ <https://www.granma.cu/cuba/2022-03-24/nuevo-cluster-impulsara-industria-biofarmaceutica-cubana>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

normalizado y evalúa el número de solicitudes de patentes de residentes presentadas en una oficina de patentes nacional o regional determinada. En el caso de Cuba, se obtuvo el valor de **World Intellectual Property Organization** para **2018 con 7 solicitudes de patentes.**

- Como segundo indicador se tiene el **número de publicaciones científicas y técnicas (Scientific and technical publications)**, que tiene como fuente la **National Science Foundation (NSF)**. Este indicador mide el número de artículos científicos y de ingeniería publicados en los siguientes campos: física, biología, química, matemáticas, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología, y ciencias de la tierra y el espacio. La NSF considera el número de artículos de un conjunto de revistas cubiertas por Science Citation Index (SCI) y Social Sciences Citation Index (SSCI). En 2018, **Cuba tuvo 1597 publicaciones científicas y técnicas.**
- El tercer indicador es el **número de solicitudes de marcas por origen (Trademark applications)**, que tiene como fuente **World Intellectual Property Organization**. Este indicador mide el número de solicitudes de marcas comerciales presentadas para registrar una marca comercial en una oficina de propiedad intelectual (PI) nacional o regional, este indicador se basa en el recuento de clases: el número total de clases de bienes y servicios especificados en las solicitudes de marcas registradas de residentes. Los datos están expresados en número de solicitudes por PIB PPA (miles de millones). En el caso de **Cuba este indicador tomó en 2018 el valor de 11 marcas solicitadas.**
- El cuarto son los **diseños industriales por origen (Industrial design by origin)**, que se ha extraído del **WIPO**. Este indicador hace referencia al número de diseños contenidos en solicitudes de diseño industrial presentadas en una oficina nacional o regional determinada. **Para Cuba este indicador asciende a 12 aplicaciones de diseño industrial por origen para el 2018.**
- El quinto son los **cargos por uso de recepción de PI (Charges for using IP receipt)**, cuya fuente es el **IMF Balance of Payments Statistics Yearbook**. No hay datos para Cuba.

DIMENSIÓN 6 – “Ciberseguridad”

Esta dimensión contiene un único pilar del mismo nombre, Ciberseguridad. Y comprende los siguientes indicadores:

- El primer indicador es la **gestión de la seguridad de la información (Information Security Management)**, que tiene como fuente la **International Organization for Standardization**. Este indicador evalúa la percepción sobre la seguridad de la información mediante el número de certificaciones de la norma ISO/IEC 27000 que se han otorgado en el país. En Cuba desde 2016 se adoptó el estándar ISO/IEC 27000 (NC ISO IEC 27000, NC ISO IEC 27001 y NC ISO IEC 27002) aunque no se dispone de información sobre las certificaciones emitidas. No obstante, a mediados de 2021, entró en vigor el Decreto-Ley 35 y la Resolución 105, Reglamento sobre el modelo de actuación nacional para la respuesta a incidentes de ciberseguridad, que actualiza el aún vigente Decreto 360 del 2019 “Sobre la seguridad de las tecnologías de la información y la comunicación para la informatización de la sociedad y la defensa del ciberespacio nacional”.
- El segundo son los **servidores de Internet seguros (Secure internet servers)**. Este indicador mide el **número de certificados TLS/SSL** distintos y de confianza pública encontrados en la

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

encuesta de servidor seguro de Netcraft **por millón de personas**, estos certificados acreditan servidores seguros. Los servidores seguros son servidores que usan tecnología de encriptación en las transacciones a través de Internet. **En el 2020 según el Banco mundial, Cuba ostentaba un valor de 68 por millón de personas.** Es de significar que desde el 2021 se ha potenciado un amplio despliegue en el país a favor del uso masivo de los certificados digitales de llave pública para firmas digitales; así como, los certificados digitales de llave pública para la protección de canales y servicios de comunicaciones (SSL).

- Como tercer de esta dimensión se presenta el **índice de ciberseguridad (Security assesment index)**, que tiene como fuente el **Global Cybersecurity Index (GCI)**. En el Informe del GCI 2020²⁵¹, **Cuba alcanza el 10mo puesto en la región de América con un índice ascendente a 58,76.**
- Como cuarto y último indicador se presenta la **tasa de piratería de software (Software piracy rate)**, que ha sido extraído del **Global Information Technology Report**. Este indicador mide las unidades de software sin licencia como porcentaje del total de unidades de software instaladas. Este es un indicador que no puede ser evaluado en Cuba ya que debido al bloqueo de Estados Unidos de América, **el país no tiene posibilidades de adquirir licencias de software propietario desde ese mercado que es el principal proveedor.** Por otro lado, el país defiende la política de usar el software de código abierto por norma, por encima del software propietario.

DIMENSIÓN 7 – “Consumidor”:

La dimensión del consumidor está integrada por dos pilares: **Necesidades básicas y sensibilización digital.**

El pilar de **necesidades básicas** comprende los siguientes indicadores:

- La **esperanza de vida (Life expectancy)** es un indicador que ha empleado como fuente la **United Nations Population Division**. Cuba registra un valor de **78,8 años de esperanza de vida en 2019.**
- El segundo indicador es el **acceso al agua (Acces to water)**, el cual se ha obtenido de **Water and Sanitation Program**, donde Cuba cuenta con un **96.7% de cobertura en agua potable.**
- El **acceso al saneamiento (Access to sanitation)** el cual se ha obtenido del **Water and Sanitation Program**. Según el Informe voluntario de los ODS para Cuba, en 2019 Cuba reportaba un **98.5 % de población con acceso a saneamiento.**
- En cuanto al **acceso a la electricidad (Access to electricity)**, Cuba registra un **99.98% de nivel de electrificación para 2019**, según Informe voluntario de Cuba sobre los ODS del 2021.
- La **tasa de alfabetización de adultos (Adult literacy rate)** es un indicador que se ha obtenido de la **UNESCO**. Este indicador corresponde al porcentaje de la población mayor de 15 años que es capaz de leer y escribir, con entendimiento, una proposición simple y breve sobre su vida diaria. Para calcular este indicador se divide el número de personas alfabetizadas mayores de 15 años por la población del correspondiente grupo etáreo y se multiplica por 100. **La tasa**

²⁵¹ https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2021-PDF-E.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

de alfabetización de adultos en Cuba en 2012 era 99.8%, según el Banco mundial tomado del censo realizado en Cuba. No se encontró información más reciente.

El pilar de **conciencia digital** comprende los siguientes indicadores:

- El **uso de Internet B2C (Business to consumer internet use)**, es un indicador que se ha extraído del **Global Information Technology Report**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida las empresas utilizan Internet para vender sus bienes y servicios a los consumidores?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). No se encontraron datos para Cuba, aunque es un indicador que ha ido subiendo aceleradamente desde la pandemia Covid 2019.
- El **uso individual (Individual usage)**, es un indicador que tiene como fuente la **Unión Internacional de Telecomunicaciones**. El indicador se refiere a los usuarios de Internet como las personas que han utilizado Internet (desde cualquier lugar) en los últimos 3 meses y se expresa en porcentaje de la población. Para Cuba según reportó la Ministra de Comunicaciones el 18 de marzo de 2022 en la inauguración de la Convención INFORMATICA 2022, **este indicador asciende a 63,57%; es decir 7,2 millones de personas tienen acceso a Internet de un total de 11.3 millones de habitantes.**
- El tercer indicador es el **acceso a Internet en las escuelas (Internet access in schools)**, que se ha extraído del **Global Competitiveness Index**. Este indicador responde a la pregunta: En su país, ¿en qué medida se utiliza Internet en las escuelas con fines de aprendizaje?, respondiéndose del 1 al 7 (siendo 1: para nada y 7: en gran medida). No hay datos de este indicador para Cuba.
- Como último indicador se presentan las **habilidades digitales entre la población activa (Digital skills among active population)**, que tiene como fuente el **Global Competitiveness Index**. No hay datos para este indicador respecto a Cuba.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

6.5.3 Análisis de actores en la industria 4.0

Diagnóstico del beneficio potencial de aplicar la industria 4.0 (CUBA)											
Actor	D1: Adopción de tecnologías 4.0		D2: Digitalización de procesos		D3: Integración de datos en la cadena de valor		D4: Trazabilidad de productos a lo largo de la cadena de valor/suministro		D5: Fabricación Lean o ajustada		Puntaje Final
	N° tecnologías implementadas	Puntaje	N° procesos digitalizados	Puntaje	Procesos en el que se integran	Puntaje	Trazabilidad cubierta	Puntaje	Alcance Lean	Puntaje	
	Ninguna	1	Ninguno	1	Ninguno	1	Ninguna	1	Ninguno	1	
	1-2	2	1	2	Planificación	2	1-2	2	Recursos o procesos	2	
	Más de 2	3	Más de 1	3	Producción	3	Todas	3	Ambos	3	
Empresa Inversiones Gamma S.A.	-		La empresa participará en una plataforma online de servicios medioambientales (iniciativa de la Oficina Alemana de Promoción del Comercio y las Inversiones en Cuba y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba) para conectar a entidades empresariales y de ciencias cubanas y alemanas en temas de tecnología ambiental, promover el intercambio científico y académico, y aportar soluciones a las problemáticas ambientales.		-		-		-		Actor cuaternario
	1		2		1		1		1		2

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p>Empresa de Tecnologías de la Información y Servicios Telemáticos Avanzados (Citmatel)</p>	<p>La empresa ha empezado a promover la implementación de tecnologías disruptivas como el uso de la inteligencia artificial, Big Data, y “blockchain” para la transformación digital del país. Si bien se encuentra en la fase inicial con la difusión de nuevas alternativas, es un paso inicial importante para complementar la implementación de nuevas tecnologías.</p>	<p>Trabaja de manera integral en la implementación de plataformas virtuales en el sector empresarial en la búsqueda de promover el comercio electrónico. Uso de una plataforma para el comercio electrónico en la búsqueda de generar promoción y venta de productos y servicios a entidades cubanas para el mercado nacional.</p>	<p>RODAS XXI, software propietario desarrollado por la Empresa cubana de Tecnologías de la Información y Servicios Telemáticos Avanzados, CITMATEL. (Planificación)</p> <p>- Sistema de Contabilidad para Negocios Propios CUADRE, permite registrar contablemente las operaciones de la Actividad de Trabajo por Cuenta Propia, de acuerdo con la norma específica para esta actividad y presentar sus estados financieros. (Producción)</p>	<p>El centro comercial Súper Fácil comenzó a navegar en internet en diciembre de 2018 como una opción más de compra virtual en CUP. desarrollado y administrado por la empresa CITMATEL, según consta en su sitio web, el centro comercial cuenta con un servicio de atención al cliente las 24 horas.</p> <p>Citmatel ha apoyado en la ejecución del primer pago por QR ENZONA en las tiendas de MLC, cadena Caribe.</p>	<p>-</p>	<p>Actor secundario</p>
	3	3	3	2	1	54
<p>Grupo Azucarero (Azcuba)</p>	-	<p>El Grupo Azucarero AZCUBA presentó la experiencia de su plataforma digital de colaboración de vigilancia tecnológica con la finalidad de poder optimizar las tecnologías utilizadas en los procesos de producción..</p>	<p>VERSAT-Sarazola, un sistema integrado de gestión económica, diseñado por un grupo villaclareño de especialistas económicos e informáticos pertenecientes a la Empresa de Servicios Técnicos Industriales del Grupo Azucarero nacional (TEICO).</p>	-	-	<p>Actor cuaternario</p>
	1	2	2	1	1	4
<p>Grupo de Industrias Biotecnológicas y Farmacéuticas (Biocubafarma)</p>	<p>Con la formación del Clúster de Computación de Alto Rendimiento (HPC) en las instalaciones de BioCubaFarma se está iniciando la implementación de nuevas tecnologías como Big Data en la búsqueda de la automatización</p>	<p>BioCubaFarma se encuentra inmersa en el empleo de plataformas tecnológicas de la llamada cuarta generación de la revolución industrial. Entre los beneficios conseguidos por la implementación de plataformas tecnológicas se tiene la obtención</p>	<p>La Empresa de Tecnologías de la Información (ETI), desarrolla sistemas informáticos para BioCubaFarma, con esa misión ha desarrollado un sistema que permite planificar el consumo de materiales desde las áreas de la empresa y generar automáticamente solicitudes de compra, teniendo en</p>	<p>En la actualidad, se emplea el código de barras en la distribución de medicamentos para poder optimizar el stock de los mismos en el mercado y lograr la independencia de la importación.</p>	-	<p>Actor secundario</p>





P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	de procesos productivos.	de las vacunas Abdala y Soberanas, a partir de plataformas tecnológicas preexistentes. TrueConf se ha convertido en la plataforma de comunicaciones unificadas de BioCubaFarma. Ha permitido la comunicación estrecha entre proveedor-cliente y mayor colaboración en el plano científico investigativo entre expertos asociados al sector biotecnológico y farmacéutico.	cuenta el tiempo de gestión asociado y los niveles de seguridad calculados para los inventarios.	Empresas anexas a BioCubafarma (Empresa Laboratorios Aica) han implementado el uso de códigos QR para lograr acceder a información de los productos de BioCubaFarma para Cuba y otros países.		
	2	3	3	2	1	36
Empresa 'Addimensional S.R.L'	Se encuentra actualmente implementando la manufactura aditiva como principal línea de producción, lo que posiciona al emprendimiento como uno de los precursores en su implementación (En concreto, Impresiones 3D)	Establecer la impresión 3D como una plataforma de creación de nuevos insumos es una de las cualidades del emprendimiento circular cubano.	-	-	-	Actor cuaternario
	2	2	1	1	1	4

7. Diagnóstico del beneficio potencial de aplicar la industria 4.0 a iniciativas de los países estudiados

Para cada una de las iniciativas con beneficio potencial de aplicar la Industria 4.0 en cada país estudiado se han identificado el subsector en el cual se encuentra desarrollando sus actividades, el modelo de negocio circular al cual pertenece, los principios que aplican dentro del Marco ReSOLVE y qué actores son y/o podrían formar parte de la iniciativa. Los subsectores se diferencian entre: Plásticos, agroindustria, metalmecánica y recursos forestales y madera; los modelos de negocio circular se diferencia entre: suministros circulares, valoración de recursos/residuos, plataformas de intercambio, extensión de vida útil y producto como servicio; mientras que dentro del Marco ReSOLVE, desarrollado por la Fundación Ellen MacArthur y McKinsey, se diferencian entre los siguientes conceptos: Regenerate (regenerar), Share (compartir), Optimise (optimizar), Loop (bucle), Virtualise (virtualizar) y Exchange (intercambiar), estas definiciones se relacionan a las acciones que pueden adoptar las empresas y los gobiernos frente a la transición a una economía circular²⁵². Sin embargo, para mayor detalle sobre las definiciones que abordan el Marco ReSOLVE se presenta la siguiente tabla.



Descripción		
	Regenerar	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio a materias y energías renovables * Reclamar, retener y restablecer la salud de los ecosistemas * Devolver los recursos biológicos recuperados a la biosfera
	Compartir	<ul style="list-style-type: none"> * Compartir activos (p. ej., coches, habitaciones, aparatos) * Reutilizar/segunda mano * Prolongar la vida útil mediante el mantenimiento o diseño en favor de la durabilidad.
	Optimizar	<ul style="list-style-type: none"> * Incrementar el rendimiento/la eficiencia del producto * Eliminar los residuos de la producción y de la cadena de suministro. * Utilizar los macrodatos (big data), la automatización, la detección y dirección remotas.
	Bucle	<ul style="list-style-type: none"> * Refabricar productos o componentes * Reciclar materiales * Digerir anaeróbicamente * Extraer componentes bioquímicos de los residuos orgánicos
	Virtualizar	<ul style="list-style-type: none"> * Desmaterializar directamente (p. ej., libros, CD, DVD, viajes) * Desmaterializar indirectamente (p. ej., compras)

²⁵² Marco ReSOLVE Disponible:

https://www.researchgate.net/publication/335082619_Using_the_ReSOLVE_framework_for_circularity_in_the_building_and_construction_industry_in_emerging_markets

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

		por Internet)
	Intercambiar	<ul style="list-style-type: none"> * Sustituir materias viejas con materias avanzadas no renovables * Aplicar nuevas tecnologías (p. ej., impresión en 3D) * Elegir nuevos productos y servicios (p. ej., transporte multimodal)

7.1 Ecuador

Actividades económicas circulares en Ecuador	
Proyectos de impresión 3D	<p>Modelo de negocio</p> <p>Valoración de recursos/residuos</p>
Subsector	Plásticos
Tipo de actor: privado	<p>Marco RESOLVE:</p> <p>Intercambiar - Bucle</p>
Actores	PRENDHO, Grupo Mario Bravo, Tachapir
Descripción	<p>TACHAPIR un startup ecuatoriano²⁵³, creada en el 2020 con un enfoque en economía circular que tiene la iniciativa de adoptar tecnologías de I4.0. El emprendimiento plantea un nuevo concepto de impresión en 3D amigable con el medioambiente y desarrolla el proyecto KUTI, este se centra en dar un nuevo ciclo de vida al plástico, reutilizándolo y dándole tres funciones específicas: mobiliario, textil e impresión de objetos directamente con plástico reciclado. En este sentido, el proyecto tiene como objetivo disminuir radicalmente la contaminación generada por el plástico reutilizado creando productos de necesidad donde mezclan un 70% plástico reciclado y 20% material virgen dando como resultado un objeto con la misma calidad que uno impreso con 100% de material virgen, contribuyendo a la economía circular del país y se encuentra directamente alineado con los objetivos 9, 11 y 12 de la ODS²⁵⁴.</p> <p>Tachapir se encuentra en el proceso de aceleración de la incubadora</p>

²⁵³ PRENDHO (2020) Emprendimiento lojano imprime en 3D con material reciclado. Disponible en: <https://www.prendho.com/emprendimiento-lojano-imprime-en-3d-con-material-reciclado/>

²⁵⁴ Banco de ideas (s.f.) Tachapir 3D. Disponible en: <http://bancodeideas.gob.ec/proyecto/view?data=aWQ9MTA4NDQ%3D>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>PRENDHO en la ciudad de Loja; además, están perfeccionando sus prototipos y estos se desarrollan a partir de la metodología Lean Canvas, es por ello que se encuentran en proceso de investigación y desarrollo constante,²⁵⁵</p>
<p>Potencial de implementación de la industria 4.0</p>	<p>Para la fabricación de los productos es importante contar con una recolección selectiva de plástico, las botellas de plástico recuperadas pasan por controles que certifican que el material con el que las realizan se ha hecho exclusivamente para fines alimenticios, contener bebidas²⁵⁶. Para obtener una mayor seguridad sobre su calidad como materia prima secundaria, se propone aplicar la tecnología a los procesos de recogida, selección y reciclado de envases, tal es el caso de la plataforma 'SmartWaste' de la planta Ecoembes (España), que presenta una herramienta de gestión de información y análisis de datos para mejorar la eficiencia y calidad en la gestión de residuos urbanos. Esta tecnología puede ser desarrollada por la empresa tanto como por sus proveedores, como es el caso de Fibras Nacionales del grupo Mario Bravo que, a su vez, se une con recicladores de base para la recolección.</p> <p>Considerando la relevancia que la empresa ha obtenido en el país con la impresión 3D de elementos de protección personal para el uso de profesionales de la salud para mitigar el contagio del Covid-19, otro de los campos de mayor desarrollo de la Impresión 3D es la Medicina. En ciudades como Guayaquil, existen empresas como Innova 3D²⁵⁷ que fabrica prótesis estéticas y se encuentra investigando el campo de los biomateriales, esta tecnología permite reducir costos en quirófanos, en fármacos, en tratamientos, etc. Sin embargo, para que se tenga un desarrollo progresivo es necesaria una correcta formación académica y que el Estado-academia-empresa privada difundan, investiguen y logren financiamientos adecuados²⁵⁸. Es por ello que se plantea la adecuación e implementación de FabLabs²⁵⁹ dentro de los principales hospitales que están atendiendo y enfrentándose a esta pandemia, ya que no cuentan con laboratorios dedicados específicamente a esto. En post-pandemia se espera que sean espacios en el que puedan desarrollar nuevos prototipos y nuevas aplicaciones, donde se puedan apoyar de esta tecnología para ser aplicada en la fabricación de otros elementos como prótesis y hasta dispositivos médicos. Actualmente, Tachapir ha iniciado con la impresión de un corazón anatómicamente exacto con fines académicos.</p> <p>Por otro lado, Tachapir también encuentra potencial de aplicación en el sector</p>

²⁵⁵ Banco de ideas (s.f.) Tachapir 3D. Disponible en: <http://bancodeideas.gob.ec/proyecto/view?data=aWQ9MTA4NDQ%3D>

²⁵⁶ PRENDHO (2020) Emprendimiento lojano imprime en 3D con material reciclado. Disponible en: <https://www.prendho.com/emprendimiento-lojano-imprime-en-3d-con-material-reciclado/>

²⁵⁷ Ordoñez-Aleman, G. (2017) La contribución al emprendimiento ecuatoriano de una empresa de tecnología 3D. Disponible en: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Negocios_y_PyMES/vol3num7/Revista_de_Negocios_y_PYMES_V3_N7_4.pdf

²⁵⁸ Granasa (2017) Medicina, el campo fértil de la Impresión 3D. Sector Tecno. Disponible en: https://www.espol.edu.ec/sites/default/files/docs_escribe/El%20campo%20f%C3%A9rtil%20de%20la%20impresi%C3%B3n%203D.pdf

²⁵⁹ DEVPOST (2020) Tachapir: Think three dimensional. Disponible en : <https://devpost.com/software/tachapir>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	alimenticio, especialmente con prototipos de impresión de chocolate ya que en la actualidad trabaja junto a la empresa Craftbot de Hungría, líder en fabricación de impresoras 3D y prototipos de software en el mundo, lo que les permite mayor visibilidad internacional, sobre todo para desarrollar proyectos con enfoque social que beneficien a comunidades dedicadas a la agricultura. ²⁶⁰
<u>Tecnologías de la Industria 4.0</u>	Internet de las Cosas (plataformas de recolección selectiva de materia prima secundaria), Fabricación aditiva (Impresión en 3D)

Actividades económicas circulares en Ecuador	
Manufactura 4.0 en industria automotriz	Modelo de negocio Suministros circulares
Tipo de actor: privado	Marco RESOLVE Optimizar - Bucle - Compartir
Actores	GM-OBB
<u>Descripción</u>	Una de las empresas ensambladores de automóviles en Ecuador es GM-OBB y se encuentra desarrollando iniciativas de Manufactura 4.0 ²⁶¹ que brinden una mejora en la productividad y potencien la eficiencia de los procesos. La compañía, a través de la Big Data , genera una automatización de bajo costo, el uso de herramientas de alta calidad para mejorar la inspección de la línea de producción y la optimización de la información. Esta automatización apoya al funcionamiento de su metodología “Cero Basura” el cual busca mejorar la priorización de esquemas de manejo de residuos y desarrollar aún más en el proceso de recuperación y gestión de estos materiales.

²⁶⁰ PRENDHO (2021) “Tachapir” muestra el potencial de la impresión 3D en feria de alimentos. Disponible en: <https://www.prendho.com/tachapir-muestra-el-potencial-de-la-impresion-3d-en-feria-de-alimentos/>

²⁶¹ ITahora (2019) GM-OBB Ecuador desarrolla iniciativas de manufactura 4.0. Disponible en: <https://itahora.com/2019/04/01/gm-obb-ecuador-desarrolla-iniciativas-de-manufactura-4-0/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>Para mantener los estándares de la calidad en la fabricación de vehículos, utilizan aplicaciones como Tools net que conecta datos de más de 600 tipos de ajuste que se pueden dar durante el ensamblaje de los vehículos que se producen en la planta. Para el control global de costos, presentan un proyecto de Data Analytics el cual realiza comparaciones de costos de manufacturas entre plantas para hacer sinergias de eficiencia de costos con otras plantas similares en la región, de esta manera GM-OBB promueve una gestión integral de los recursos agua y energía empleados en sus procesos productivos, lo que ha generado una reducción del 25% y 20% respectivamente en los últimos años.</p> <p>Para el entrenamiento y capacitación de operarios, se realizaron proyectos piloto en el área de soldadura con realidad aumentada lo que facilita en la identificación de piezas metálicas y/o puntos de soldadura. Así mismo, para una mejora en la productividad en las áreas de distribución de materiales, se han desarrollado carros auto-guiados en la línea de vestidura y ensamblaje de vehículos. Por último, cuentan con un Centro de Ingeniería Experimental que utiliza un robot para una simulación sobre las distintas posiciones como una persona puede sentarse en el asiento del vehículo, así como para valorar la durabilidad de algunos productos.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>El sector automotriz tiene una tradición de adopción temprana de nuevas tecnologías y concentra el mayor stock del capital robótico a nivel mundial (robots colaborativos). Así mismo la automatización y el uso creciente de robots pueden conducir hacia la reversión parcial de las tendencias de deslocalización de procesos de manufactura y ensamblaje en sus cadenas de valor. Por otro lado, la producción se puede desarrollar de forma flexible para brindar exactamente lo que quiere el cliente y no fabricar para tener stocks de venta teniendo como resultado series de producción considerablemente más cortas lo que se traduce en la optimización de recursos.</p> <p>En el sector automotriz, donde la tendencia es lograr “vehículos conectados” y “vehículos autónomos”, se requerirán trabajadores con habilidades en software, sensores, seguridad y conectividad. Al mismo tiempo, la mayor oferta de autos eléctricos incide sobre la actividad de I+D de la industria de baterías, lo que demandará especialistas en el uso de energías renovables, electrónica, química y física. También se requerirán habilidades en el uso de impresión 3D y especialistas en el desarrollo de nuevos materiales²⁶² puesto que será más frecuente la necesidad de fabricar piezas de alta precisión a escala o termoplásticos resistentes que reproduzcan el plástico de producción de grado automotriz así mismo, esta aplicación generará reducciones en el tiempo que lleva producir piezas de días o semanas a horas²⁶³. Adicional a ello GM tiene el potencial de generar proyectos de desarrollo de industria 4.0 con la empresa Ecuatoriana KRUGER donde se generan soluciones tecnológicas y cuya empresa ya están trabajando con clientes que se enfocan en desarrollar soluciones circulares.</p>

²⁶² Basco, A.; Beliz, G.; Coatz, D., Garnero, P.(2018) Industria 4.0: Fabricando el futuro. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Industria-40-Fabricando-el-Futuro.pdf>

²⁶³ 3D SYSTEMS (s.f.) Impresión 3D para el sector automotriz. Disponible en: <https://es.3dsystems.com/automotive>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Tecnologías de la Industria 4.0</u></p>	<p>Big Data (promueve la reducción de insumo para el ensamblaje de automóviles), fabricación aditiva (Impresiones 3D), realidad aumentada (capacitación al personal)</p>
---	--

<p>Actividades económicas circulares en Ecuador</p>	
<p>Tecnologías emergentes en la producción de alimentos</p>	<p>Modelo de negocio Suministros circulares</p>
<p>Subsector</p>	<p>Agroindustrial</p>
<p>Tipo de actor: Privado</p>	<p>Marco RESOLVE Regenerar - Optimizar – Bucle</p>
<p>Otros actores</p>	<p>PRONACA, El Ordeño, TETRAPAK, Cervecería Nacional, Nestlé,</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Una de las empresas más importantes del sector alimentario en Ecuador, PRONACA se encuentra invirtiendo en mejorar la eficiencia y eficacia en sus operaciones como el aprovechamiento al máximo de la capacidad productiva y uso de tecnologías eficientes de producción, para que puedan orientarse al cliente y consumidor, por ello está desarrollando una tecnología avanzada que mejore sus procesos de planeamiento y el desenvolvimiento de esta tecnología está a cargo de ToolsGroup, empresa que se encarga de cubrir los procesos de previsiones en la demanda, la planificación y optimización del binomio stock-servicio así como la generación de propuestas de reaprovisionamiento, todos estos son calculados con el máximo nivel de detalle. Esta transición empezó en el año 2017; sin embargo, un año antes su planta de embutidos automatizó su sistema de carga y empaque lo que resultó en importantes ahorros anuales por mejora de fórmulas, reducción de material de empaque y eficiencia de mano de obra, ello generó una reducción del 84,25% en la generación de desechos por uso de materiales con mayor resistencia.</p> <p>Así mismo, El Ordeño²⁶⁴, empresa ecuatoriana que promueve el desarrollo de su cadena de valor a través de alimentos sostenibles, mediante un modelo empresarial asociativo e incluyente, trabaja en acciones de economía circular, producción limpia y programas que garanticen el uso de recursos naturales a partir de la eficiencia de su consumo energético, consumo de materiales y emisiones a la atmósfera.</p>

264 El Ordeño (2020) Memoria de Sostenibilidad. Disponible en: https://elordeno.com/Docu/WEB/Memoria_Sostenibilidad/SOSTENIBILIDAD%202020.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>Si bien la empresa PRONACA se encuentra desarrollando tecnologías de la Industria 4.0 es esencial fomentar el uso de estas tecnologías en las otras empresas de su rubro. Durante la etapa de procesamiento y fabricación se puede aplicar la tecnología Computación en la nube, automatización, sistemas ciberfísicos, Internet de la Cosas y Big Data, durante la etapa de distribución/almacenamiento se hace uso de la identificación por radiofrecuencia esto implica una gestión óptima de los procesos productivos y en la etapa de la venta se utiliza la Computación de la nube, Internet de las cosas y Big data para un marketing más beneficioso. Por otro lado, El Ordeño ha tomado la iniciativa de impulsar el proyecto Blockchain para que sus consumidores puedan conocer con transparencia cómo ha sido elaborado su producto.</p> <p>Para un mejor desenvolvimiento de estas iniciativas con miras a la Industria 4.0, es importante la contratación de servicios que cuenten con experiencia en Tecnología emergentes, tal es el caso de la empresa BIOMETRIKA ECUADOR, quienes en el 2018 incursionaron en el concepto del “Internet de las cosas” desarrollando un prototipo de gestión de tiempo inteligente que brindan a sus clientes mediante la aplicación de diferentes componentes tecnológicos. Otro ejemplo es KRUGER donde brindan soluciones tecnológicas también enfocadas en desarrollar soluciones circulares.</p>
<p><u>Tecnologías de la Industria 4.0</u></p>	<p>Internet de las cosas (optimización del stock-servicio a partir de una base de datos), Gemelo digital (mejoras en los diseños de empaque), Blockchain (transparencia en la elaboración de un producto)</p>

<p>Actividades económicas circulares en Ecuador</p>	
<p>APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS (CAUCHO Y RAEE)</p>	<p>Modelo de negocio Valoración de recursos/residuos</p>
<p>Subsector</p>	<p>Plásticos</p>
<p>Tipo de actor: privado</p>	<p>Marco RESOLVE Bucle – Compartir</p>
<p><u>Otros actores</u></p>	<p>Corporación Ecuatoriana para la Responsabilidad Extendida del Productor (CEREP), PROYECCIÓN FUTURA, VERTMONDE</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Las empresas enfocadas en el reciclaje y cuyo fundamento es la economía circular se estructuran en la disminución de contaminación ambiental, desarrollo y capacitación social e investigación de nuevos productos. Se tiene</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>a la empresa RUBBERACTION que se encarga de la gestión de los neumáticos fuera de uso, los recibe para transformarlo en materia prima secundaria y utilizarlo como capa de amortiguamiento en campos de césped sintético. La empresa apoya estratégicamente la investigación académica en tesis y privada en pruebas de campo²⁶⁵ Esta iniciativa se sostiene bajo el cumplimiento del Acuerdo Ministerial 098 que dispone gestionar los neumáticos fuera de uso. Se emiten informes anuales a la autoridad ambiental de control (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica), garantizando la trazabilidad del desecho. Este grano que se coloca en las canchas es reutilizado al dar mantenimiento a las mismas o puede ser empleado para otros elementos de caucho o finalmente en el coprocesamiento como energía alternativa.</p> <p>Por otro lado, existen empresas como Vertmonde enfocada en la gestión técnica y responsable de residuos electrónicos, aportando directamente a alcanzar los ODS's y fomentando un Sistema Económico Circular. La empresa recolecta, almacena y recicla los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos desde diferentes generadores de residuos.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>Con la Industria 4.0 se pueden aplicar nuevas tecnologías durante el ciclo del reciclaje que permitan conocer las características del residuo para ajustar la configuración de la línea, diseñar estrategias de tratamiento y así desarrollar nuevos modelos de operación para optimizar la selección de materiales.</p> <p>Iniciativas como Rubberaction pueden aplicar la tecnología del big data para mejorar los protocolos de gestión de residuos, incrementar las tasas de reciclaje e incorporar la inteligencia artificial en sus procesos, haciendo que el reciclaje sea más seguro, más rápido y eficiente.</p> <p>Tecnologías como el gemelo digital²⁶⁶ ayudará a una mejor gestión a partir de proporcionar y pronosticar información como el daño y la predicción de vida útil a lo largo del ciclo de vida.</p> <p>Para empresas como Vertmonde, aplicando el Internet de las Cosas²⁶⁷ (IoT) se puede recolectar y clasificar productos usados, reconocerlos y clasificarlos automáticamente a partir de inteligencia artificial.</p> <p>A nivel global, empresas como Erema (Austria) apuestan por el desarrollo de la primera planta inteligente de reciclaje industrial llamada la</p>

²⁶⁵ Torresano, M. (2020) La economía circular en el entorno empresarial. UNACEM Ecuador. Disponible en http://unacem.com.ec/wp-content/uploads/2020/03/la-economia-circular-en-el-entorno-empresarial_unacem-ecuador.pdf

²⁶⁶ Blömeke, S., Rickert, J., Mennenga, M., Thiede, S., Spengler, T. S., & Herrmann, C. (2020). *Recycling 4.0 – Mapping smart manufacturing solutions to remanufacturing and recycling operations*. *Procedia CIRP*, 90, 600–605. doi:10.1016/j.procir.2020.02.045

²⁶⁷ Blömeke, S., Rickert, J., Mennenga, M., Thiede, S., Spengler, T. S., & Herrmann, C. (2020). *Recycling 4.0 – Mapping smart manufacturing solutions to remanufacturing and recycling operations*. *Procedia CIRP*, 90, 600–605. doi:10.1016/j.procir.2020.02.045

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>Careformance.²⁶⁸Esta tecnología permite la integración digital de procesos de reciclaje con el proceso de producción de curso, la interconexión global de todas las líneas de la planta y la documentación de calidad de las variables de los reciclados presionando solo un botón. La adaptación de este tipo de tecnologías en el reciclaje industrial de Ecuador significará un gran avance que se traduce en lograr estabilidad de los procesos, mantener flexibilidad con facilidad de operación y reducir considerablemente el consumo de energía.</p>
<p><u>Herramientas de uso para una potencial I4.0</u></p>	<p>Internet de las Cosas (clasificación), gemelo digital (ciclo de vida), big data recopilación de información)</p>

Actividades económicas circulares en Ecuador	
ADELCA (ACERÍA DEL ECUADOR)	Modelo de negocio Valorización de recursos/residuos, suministros circulares
Subsector	Metalmecánica
Tipo de actor: privado	Marco RESOLVE Bucle - regenerar
Otros actores	ReciclaMetal S.A.
<u>Descripción</u>	<p>ADELCA, es la siderúrgica número uno del Ecuador. La empresa recicla, fábrica y comercializa productos de acero con calidad, eficiencia y tecnología. En su estrategia de negocio ha articulado las prácticas de Responsabilidad Social en términos económico, social y ambiental, considerando a todos los grupos de interés, a los cuales la compañía integra y responde.²⁶⁹</p> <p>Adelca trabaja con la ISO 14001 así como los Objetivos del Desarrollo Sostenible, velando por un mejoramiento continuo en el uso de los recursos y el impacto generado al ambiente. Siguiendo este lineamiento, se construyó una planta en Milagro con tecnología de última generación que aporta a una disminución de los impactos ambientales logrando mayores eficiencias, por ejemplo, la planta de acería y laminados se encuentra unidas físicamente, lo</p>

²⁶⁸ Plastico (2016) Erema revoluciona la industria del plástico con el reciclaje 4.0. Diciembre, 2016. Disponible en: <https://www.plastico.com/temas/Erema-revoluciona-la-industria-del-plastico-con-el-Reciclaje-40+116710>

²⁶⁹ Torresano, M. (2020) La economía circular en el entorno empresarial. UNACEM Ecuador. Disponible en http://unacem.com.ec/wp-content/uploads/2020/03/la-economia-circular-en-el-entorno-empresarial_unacem-ecuador.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>que resulta en un ahorro energético y de combustible ya que la palanquilla no tiene que enfriarse para su transporte. Otro de los grandes aportes en el consumo responsable, es la recirculación del agua en su planta, esto reduce la captación del recurso. Además, se han implementado distintas actividades como el tratamiento y la recirculación del agua, para tener un ciclo cerrado y disminuir el consumo de este recurso.</p> <p>La empresa²⁷⁰ cuenta con un programa continuo de las 3R's (Reducir, Reusar y Reciclar) el cual permite gestionar en un 86% sus residuos y de esta manera ayudar a la sostenibilidad ambiental. Así mismo, la cadena de valor inicia con la adquisición de chatarra, la cual es previamente seleccionada en patios de acopio y posteriormente procesada en las instalaciones de Alóag. Esta chatarra es adquirida por proveedores denominados el Club de Recicladores, iniciativa de Adelsa para formalizar y fidelizar a sus recicladores que contribuye al cumplimiento de metas de las ODS 8 y 12.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>Considerando que los procesos actuales del sector metalmecánica requieren tecnificarse, en Ecuador, las prioridades en los actuales intereses de los clientes y entre los principales productos requeridos son²⁷¹: nuevo estándar de hierro modular EN1563, aplicaciones innovadoras de aluminio y magnesio en el coste de fundición de hierro, estructuras metálicas, artículos de ferretería y sistemas constructivos. Muchos de estos aspectos son únicamente posibles mediante el concepto y aplicación de la industria 4.0 en el sector metalmecánico, uno de los más importantes es la digitalización.</p> <p>Las tecnologías 3D permiten innovación en el diseño, esta tecnología brinda un nuevo ángulo para la fabricación de una pieza metálica. Por otro lado, la hiperconectividad ayuda a los fabricantes de metales a optimizar los procesos de múltiples formas. Por ejemplo, al eliminar la tarea de ingresar órdenes de los operadores, la I4.0 ha ayudado a mantener a los operadores de máquinas enfocados en fabricar piezas y no ingresar órdenes en la máquina. Otras innovaciones tecnológicas, como los códigos de barras y la identificación por radiofrecuencia (RFID), pueden ayudar a los fabricantes a rastrear el movimiento del material a lo largo del proceso de fabricación, lo que les brinda una mejor visión del uso y desecho de materiales. También pueden implementarse plataformas de inteligencia predictiva como la denominada SENTINEL® de la empresa IK4-AZTERLAN (España)²⁷² que predice la calidad final de las piezas fundidas y en caso de detectar alguna falla o desviación, envía las alarmas correspondientes y propuestas correctivas a los equipos clave y mano de obra involucrada en el proceso, esto ayuda a las fundiciones y cualquier otra industria de transformación de</p>

²⁷⁰ ADELCA (2017) Memoria de sostenibilidad Acería del Ecuador, Disponible en: <https://www.adelca.com/memoria-sostenibilidad.pdf>

²⁷¹ Jiménez-Cercado, M., Navarrete-Pilacuan, M. (2018) Perfil Ecuatoriano de las empresas metalmecánicas. Revista Dominio de las ciencias. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.1.enero.585-602>

²⁷² AZTERLAN (2018) IK4-AZTERLAN will present its most recent 4.0 solutions for the metal-mechanic industry at the BIEMH. Disponible en:

<http://www.azterlan.es/en/news/azterlan-will-present-most-recent-12094.html>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	metales a avanzar en el camino de una mayor productividad y cero defectos.
<u>Herramientas con potencial de I4.0</u>	Tecnología aditiva (fabricación de piezas con alta precisión), Ciberseguridad en la nube (rastreo de movimientos)

Iniciativas económicas circulares en Ecuador	
Producción colaborativa de cacao	Modelo de negocio Valorización de residuos
Subsector	Agroindustria
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE Optimizar
Otros actores	PACARI, La República del Cacao
<u>Descripción</u>	La producción colaborativa es una iniciativa de empresas como PACARI y La República del Cacao, dedicados a hacer chocolate de alta calidad, PACARI se caracteriza por fomentar el desarrollo sostenible y armónico junto a la naturaleza, compartiendo una cultura con prácticas sostenibles junto a productores de la comunidad Kechwa, así mismo, la empresa brinda certificaciones a agricultores de pequeña escala para que logren generar buenas prácticas en cuanto al manejo de cultivos. Mientras que La República del Cacao ²⁷³ también busca la reducción de materiales en la fabricación de sus empaques con un proyecto piloto donde evita el plástico.
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	En la actualidad, los fabricantes de alimentos y bebidas están utilizando robots para automatizar tareas, realidad virtual para el mantenimiento de máquinas, tecnología de seguimiento y rastreo para una mejor trazabilidad y transparencia. Con el uso de analítica de datos e inteligencia artificial permite que se realicen predicciones agrícolas y de mercado para facilitar la producción. El uso de este sistema permite anticiparse a condiciones climáticas cambiantes, a la variación de precios en los mercados, anticiparse a plagas y enfermedades. Esto permitirá que se obtengan mejores resultados en la producción de

²⁷³ República del Cacao (2020) Reporte COP 2019. Disponible en: https://s3-us-west-2.amazonaws.com/ungc-production/attachments/cop_2019/478597/original/Pacto_Global_REPUBLICA_DEL_CACAO_2019.pdf?1568761553

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>alimentos y en el mejoramiento de su calidad²⁷⁴.</p> <p>La implementación de nanotecnología, la incorporación de diversos tipos de sensores que recopilan un gran volumen de información y una buena precisión de datos (Big data) resultará en un buen desarrollo y obtención de mejores resultados tanto en la producción como en la comercialización. Este avance también se debe a que los consumidores, quieren obtener buenos alimentos y por esta razón quieren saber todo su proceso desde su siembra hasta que llega a la mesa; de esta manera se busca innovar el campo a partir de procesos tecnológicos que aumenten la producción y que a su vez hagan uso de menos recursos²⁷⁵.</p> <p>La aplicación del Internet de las Cosas en una fábrica de chocolate puede transformar el rendimiento de su línea de producción, Tecnologías como DoMiReCo 4.0²⁷⁶ de Bühler Group (Suiza) presenta cuatro servicios digitales para la dosificación, mezclado, refinado y conchado, esta tecnología presenta ventajas en el aumento de la eficiencia, control de calidad, transparencia total y ahorro en costos operativos.</p>
<p><u>Herramientas con potencial</u> <u>14.0</u></p>	<p>Internet de las cosas (servicios digitales en la producción), big data (precisión de datos para la comercialización)</p>

Iniciativas económicas circulares en Ecuador	
Optimización de recursos en la agroindustria	Modelo de negocio Valorización de residuos - Suministros circulares
Subsector	Agroindustria
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE Regenerar – Optimizar- Bucle

²⁷⁴ Cazes, R.; Pardo, L.; Maldonado, O. (2019) El cultivo del cacao. Su optimización empleando analítica de datos e inteligencia artificial para el mejoramiento de su producción y comercialización. Disponible en: <https://infometrica.org/index.php/syh/article/view/123>

²⁷⁵ Cazes, R.; Pardo, L.; Maldonado, O. (2019) El cultivo del cacao. Su optimización empleando analítica de datos e inteligencia artificial para el mejoramiento de su producción y comercialización. Disponible en: <https://infometrica.org/index.php/syh/article/view/123>

²⁷⁶ Bühler Group (s.f.) La fábrica inteligente de chocolate autooptimizada. Disponible en: <https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/services/Digital-services/domireco-4-0---automating-chocolate-production.html>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Otros actores	Nestlé, IBM Food Trust
<u>Descripción</u>	Nestlé es referente empresarial en Ecuador debido al enfoque de sustentabilidad con el que desarrollan sus actividades a lo largo de su cadena productiva, Su estructura operativa está compuesta por instalaciones donde se producen bebidas en polvo, chocolates, empaque de café, productos culinarios, bebidas UHT, una línea de galletería, centros de distribución, puntos de transbordo y fincas de investigación. En el año 2021, Nestlé Ecuador logró su neutralidad de Plástico recuperando más de 3200 toneladas del mercado. Así mismo, Nestlé apoya el uso de fuentes de energías alternativas y el uso de nuevas tecnologías para reducir los costos de energía en sus instalaciones a partir de la optimización de recursos. A su vez, la compañía trabaja metódicamente para utilizar de manera más eficiente los recursos, reduciendo los materiales que demandan sus operaciones.
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	<p>La compañía tiene el panorama de operaciones de TI más grande en la industria de bienes de consumo masivo e impulsa la transformación digital a escala. En su planta en Suiza, Nestlé abrirá nuevos caminos en la transparencia de la cadena de suministro²⁷⁷ (Blockchain) a través de una colaboración con OpenSC, una innovadora plataforma de cadena de bloques que permite a los consumidores rastrear sus alimentos hasta la granja. Dentro de Ecuador, esta tecnología puede ser implementada en unión con IBM Food Trust²⁷⁸, ecosistema de productores, proveedores, fabricantes, minoristas, etc. que forman parte de un sistema alimentario más inteligente, seguro y sustentable.</p> <p>Por otro lado, la aplicación de gemelo digital y las simulaciones en tercera dimensión permitirán que la producción y la logística se potencialicen, a partir de simular el estado del producto a lo largo de los procesos de fabricación²⁷⁹, y aumente la competitividad de las empresas de la Industria de Alimentos y Bebidas.</p>
<u>Herramientas con potencial I4.0</u>	Gemelo digital (potenciando la logística y producción), blockchain (rastreo de alimentos desde el primer eslabón)

²⁷⁷ Nestlé (2019) Nestlé breaks new ground with open blockchain pilot. Disponible en: <https://www.nestle.com/media/pressreleases/allpressreleases/nestle-open-blockchain-pilot>

²⁷⁸ IBM (s.f.) IBM Food Trust: Una nueva era en el suministro mundial de alimentos. Disponible en: <https://www.ibm.com/cos/blockchain/solutions/food-trust>

²⁷⁹ Lázaro, J. (2019) Gemelo Digital . AINIA. Disponible en: <https://www.ainia.es/ainia-news/gemelo-digital-prediccion-produccion-alimentaria/#:~:text=Se%20trata%20del%20desarrollo%20de,en%20el%20proceso%20de%20fabricaci%C3%B3n>.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Iniciativas económicas circulares enfocada al sector manufactura en general	
Plataformas de economía circular	Modelo de negocio Plataforma de intercambio
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE Virtualizar – Bucle
Otros actores	Simbiosis Industrial EC, CERES, B2RED, PROYECCIÓN FUTURA, ReciVeci, SICMA Ecuador
<u>Descripción</u>	Existen plataformas de intercambio como Simbiosis Industrial EC ²⁸⁰ que recopila información libre y voluntaria sobre residuos no peligrosos que generan las industrias para conseguir su aprovechamiento en otras cadenas productivas, B2RED que se encarga de conectar a generadores de residuos con gestores ambientales a partir de la georreferenciación estableciendo rutas de recolección inteligente de forma rápida y eficiente para que estos residuos lleguen a los centros de acopio indicados, donde recibirán un tratamiento adecuado para un proceso de reciclaje. ²⁸¹
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	Las iniciativas descritas aplican la tecnología de la Computación en la Nube, ofreciendo conectar todos los dispositivos inteligentes y automatizarlas en una única plataforma o infraestructura digital. Este tipo de plataformas permiten la interacción digital interempresa (B2B), automatizar ciertos procesos como la cadena de suministro y potenciar la innovación mediante el uso de modelos de innovación abierta o colaborativa ²⁸² . Esta tecnología tiene un mayor potencial para promover la sostenibilidad, dentro de un modelo híbrido, el cual es la unión del modelo público y privado, dos o más nubes al unirse facilitarán la portabilidad de datos y aplicaciones ²⁸³ . Lo que se obtendrá al aplicar esta tecnología son: costes laborales reducidos, mayor velocidad. Los impactos de B2RED ²⁸⁴ se pueden traducir en ahorro económico, de tiempo y de recursos para Proyección Futura y sus aliados. Estas iniciativas minimizan costos de operación y evitan el desperdicio de tiempo en la movilización de los camiones de transporte. Sin embargo la tecnología Blockchain también puede ser aplicada para mejorar los flujos de información, de esta manera mejorará la transparencia acerca del

²⁸⁰ Pacto Global Red Ecuador (2021) Simbiosis Industrial EC, la plataforma que fortalecerá la economía circular en Ecuador. Disponible en: <https://pactoglobal-ecuador.org/simbiosis-industrial-ec-la-plataforma-que-fortalecera-la-economia-circular-en-ecuador/>

²⁸¹ Proyección futura (s.f.) B2RED: ¿Cómo funciona? Disponible en: <https://proyeccionfutura.com/b2red/>

²⁸² IVACE (s.f.) Industria 4.0 : Tecnología habilitadoras. Disponible en: <https://www.ivace.es/index.php/es/financiacion-40/programas-convocados/430-industria-4-0/informacion-oculto-de-momento/industria-40?layout=>

²⁸³ Mesa Sectorial (2010) Cloud computing: Una perspectiva para Colombia. Disponible en: https://cintel.co/wp-content/uploads/2013/05/16.clud_computing_Cloud-Computing-Mesa-sectorial.pdf

²⁸⁴ Pacto Global Ecuador (2020) II Edición del Reconocimiento a las Buenas Prácticas de Desarrollo Sostenible: Proyección Futura. Disponible en: <https://pactoglobal-ecuador.org/wp-content/uploads/2020/09/31.-Gestion-Ambiental-Proyeccion-Futura-Cia.-Ltda.-GRIN.pdf>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	transporte de residuos y su origen ya que la información que ingresa a la plataforma proviene de empresas externas, es decir, redes descentralizadas.
<u>Herramientas con potencial I4.0</u>	Computación en la nube (plataformas virtuales), Blockchain (flujos de información en la cadena de suministro)

Actividades económicas circulares enfocadas al subsector de Recursos forestales y madera	
Valorización de residuos maderables	Modelo de negocio Valorización de residuos
Tipo de actor: privado	Marco RESOLVE Optimizar- Compartir
<u>Otros actores</u>	REYBANPAC, Aglomerados COTOPAXI, ECOMADERA
<u>Descripción</u>	<p>Dentro del subsector de Recursos Forestales y Madera se presentan empresas con líneas de negocios potencialmente circulares. Una de ellas es la Unidad Forestal de REYBANPAC que viene trabajando en el manejo sustentable de plantaciones forestales. Por medio de la forestación contribuyen al uso de productos maderables de las plantaciones, con la finalidad de reducir la presión sobre los recursos provenientes de bosques naturales. La Unidad Forestal de Reybanpac establece sus plantaciones y consolida, a la actualidad, un patrimonio forestal de más de 6,000 hectáreas en plantaciones de gmelina y teca.</p> <p>Tienen como misión producir y comercializar la madera y productos maderables de calidad con un manejo sostenible, es por ello que desde la unidad producen pallets, chips (con buen poder calorífico) y efectúan la venta local e internacional de madera.</p>
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	La empresa REYBANPAC es una de las pioneras en Ecuador con el sistema CTL el cual es un sistema digital de corte a medida para la industria forestal, por lo tanto, esta tecnología es una de las que tienen el potencial para ser implementadas para el desarrollo del rubro ²⁸⁵ por lo que se considera esencial su difusión en las otras empresas.

²⁸⁵ REYBANPAC (s.f.) Línea de negocio. Disponible en: <https://reybanpac.com/linea-de-negocio/forestal>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>La aplicación de la tecnología del análisis de big data aporta para procesar datos masivos procedentes de sensores de fabricación y de la cadena de suministro, monitores, medios sociales y otras fuentes de recogida de datos en información significativa con el objetivo de establecer un sistema moderno de cadena de suministro forestal que sea eficiente, ágil y rentable para satisfacer la demanda de los de los clientes con mayor rapidez y capacidad de respuesta. Sin embargo, es necesaria la integración de la cadena de suministro y una buena coordinación a través de soluciones de interoperabilidad adecuadas. Esto requiere un Sistema de Soporte a la Decisión (DSS) mejorado que ayude a integrar la red de la cadena de suministro forestal vertical y horizontalmente.²⁸⁶</p>
<p><u>Herramientas de uso para una potencial I4.0</u></p>	<p>Sistemas Ciber-físicos (Sistema CTL), big data (recopilación de datos de la fabricación y cadena de suministro).</p>

7.2 Paraguay

Alimentos y bebidas

Actividades económicas circulares en Paraguay	
<p>Nutrihuevos</p>	<p>Modelo de negocio</p> <p>-</p>
<p>Tipo de actor: Empresa</p>	<p>Marco RESOLVE</p> <p>Regenerar – Optimizar – Bucle</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Empresa de producción y comercialización de huevos.</p> <p>Es una empresa B certificada y miembro del Pacto Global. Realizan el tratamiento de sus efluentes, para ello han ampliado la inversión en su planta de tratamiento de efluentes con el fin de disminuir su huella hídrica gris.</p> <p>Además, calculan su huella hídrica con relación a la producción de huevos; así como su huella de carbono, para ello se aplican las metodologías propuestas por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y la Norma UNE ISO 14.064-1:2006.</p>

²⁸⁶ Feng, Y., & Audy, J.-F. (2020). Forestry 4.0: a framework for the forest supply chain toward Industry 4.0. *Gestão & Produção*, 27(4), e5677. <https://doi.org/10.1590/0104-530X5677-20>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>Poseen algunos proyectos internos como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Biogás generado de desechos alimenticios para el control de plagas: Usa los desechos alimenticios de la cocina producidos diariamente para generar gas mediante un biodigestor, el gas se utiliza para la preparación de la trampa de moscas y mosquitos (control de plagas) y son retirados por una empresa de control de plagas contratada. 2. Fertilizante a partir de gallinaza: La empresa se asoció con SUSTENTAP para la conformación de ORGANITEC S.A., empresa dedicada a la elaboración de fertilizante orgánico-mineral compuesto, granulado y en polvo a partir del estiércol de las gallinas. 3. Nutriclaje: Considerando el concepto de logística inversa, implementaron eco puntos en sus centros de distribución con el fin de que los clientes tengan una alternativa de gestión para los envases de cartón. 4. Fábrica de envases de cartón: Ampliando la Fábrica de Envases de Cartón con la totalidad de su materia prima reciclada (papeles, cartones, etc.) y manteniendo siempre la línea de la economía circular en el proceso de producción de sus mapas (bandejas de cartón).
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - La empresa puede mejorar su producción, alineándola a la EC a través del desarrollo de Fábricas inteligentes con IoT, de tal manera que se optimicen procesos mediante automatización, generando un esquema de eficiencia energética, reducción de desperdicios y minimización de consumo de recursos. - La empresa puede implementar IoT y Cloud Computing para realizar un monitoreo en tiempo real de sus ecopuntos, de tal manera que se pueda efectuar el recojo de cartón de forma mucho más eficiente, siguiendo como criterio para el recojo que el ecopunto se encuentre al tope de su capacidad, evitando así dos problemas: Recoger cuando aún queda mucho espacio en el ecopunto, consumiendo más combustible del necesario o cuando no vale la pena hacer el recojo; y recoger el material cuando ya se ha excedido la capacidad del ecopunto. - Se puede emplear Big Data de los flujos de generación de envases de cartón para selección de lugares de ecopuntos para envases de cartón, de tal manera que se ubiquen en lugares estratégicos y óptimos, facilitando el reciclaje.

Actividades económicas circulares en Paraguay	
<p>Merencena</p>	<p>Modelo de negocio Valoración de Residuos</p>
<p>Tipo de actor: Empresa</p>	<p>Marco RESOLVE</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	Regenerar – Intercambiar
<u>Descripción</u>	<p>Merencena es una empresa de la industria alimentaria que utiliza el bagazo de cebada de la producción industrial de cervezas que realiza CERVEPAR para producir barras de cereales. Este bagazo se utiliza en la producción de barras de cereales para alimento de las personas.</p> <p>Además, reutilizan subproductos de otras industrias, como cáscaras de frutas y verduras, para convertirlos en bioplástico, que se emplea para los empaques de las barras de cereal que producen.</p>
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	<ul style="list-style-type: none"> - En línea a mejorar las ventas, la empresa puede emplear elementos de la Industria 4.0, como la computación en la nube, Internet de las cosas (IoT) y Big Data, para mejorar el marketing y las ventas de productos a los consumidores finales. Al ser un modelo de negocio circular, mejorar y extender el alcance de este producto reemplazando otros no circulares, mejora la EC en el país, propiciando el consumo responsable. - La empresa puede mejorar su producción, desarrollando Fábricas inteligentes con IoT, mejorando la eficiencia de sus procesos a través de la automatización. - La empresa puede hacer uso de Big Data para identificar otras potenciales empresas cerveceras que puedan proveerlos de bagazo para la producción de sus barras de cereales en otras localidades. - Finalmente, para la obtención de cáscaras de frutas y verduras, se puede implementar puntos de acopio en mercados, fábricas o puntos de generación, que con el uso de IoT puedan monitorearse, de tal manera que se optimice la obtención de estos insumos para su aprovechamiento en el desarrollo de bioplásticos.

Actividades económicas circulares en Paraguay	
AV S.A – Grupo Vierci	Modelo de negocio -
Tipo de actor: Empresa	Marco RESOLVE Optimizar - Bucle
<u>Descripción</u>	<p>AV S.A. es la empresa embotelladora y distribuidora de alimentos y bebidas de las marcas de la Corporación PEPSICO, de forma exclusiva para el Paraguay.</p> <p>La empresa desarrolla sus actividades en la industria de bebidas siguiendo 5</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>iniciativas destacadas en materia de desempeño ambiental:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Promueven la eliminación y el destino correcto de residuos a favor del reciclaje y del ambiente. 2. Meta por no enviar los desperdicios de operaciones directas a relleno de tierra. 3. Buscan reducir a la mitad el desperdicio de comida. 4. Diseñar envases para que puedan ser reutilizados o reciclados y apoyar a las tasas de reciclaje. 5. Mejoran la eficiencia del uso del agua entre los productores y en sus operaciones.
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden incorporar la I4.0 en su abastecimiento, facilitando el seguimiento, la trazabilidad y el control de calidad de los insumos desde la producción primaria hasta que llegan a la fábrica principal para su completo refinado y envasado. - Fábricas inteligentes con IoT para minimizar la merma, y aprovechar mediante procesos automáticos la mayor cantidad de insumos posible, optimizando la producción y minimizando residuos. - Pueden implementar almacenes que utilicen componentes de Industria 4.0 (como RFID) para las operaciones y para comunicarse con la manufactura (Línea de producción) para el control de stock, de esta manera se abastece como respuesta a la necesidad y no a una periodicidad, ahorrando recursos en el transporte. - También se puede usar la tecnología RFID para empezar a elaborar una base de datos (Big Data) que permita identificar en qué puntos de venta (socios del sector retail) y con qué intensidad se consumen los productos para poder elaborar una estrategia óptima de acopio y recolección de residuos para su aprovechamiento, implementando así un modelo de REP.

Actividades económicas circulares en Paraguay	
<p>VMA Siderúrgica Paraguaya – Vermacorp S.A</p>	<p>Modelo de negocio Valoración de residuos</p>
<p>Tipo de actor: Empresa</p>	<p>Marco RESOLVE Regenerar – Bucle – Intercambiar</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Empresa siderúrgica paraguaya que fabrica productos de acero laminados en caliente, a partir del reciclaje de más de 110.000 toneladas de chatarra</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>ferrosa por año.</p> <p>Han sacado de las calles unas 110.000 toneladas de chatarra por año para incorporarlas en su proceso productivo. Además, utilizan biodiesel de origen nacional para el horno de recalentamiento de palanquillas, que forma parte de su proceso productivo.</p> <p>Por último, es importante mencionar que emplean hornos eléctricos, practican un proceso de recirculación de agua y alimentan parte del proceso productivo con energía limpia y renovable.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - La empresa, en línea con mejorar su proceso productivo puede emplear tecnologías como big data, computación en la nube e inteligencia artificial para reducir los tiempos de producción y un incremento de la rentabilidad, así como un ahorro de recursos. - Se puede aplicar blockchain para mejorar la trazabilidad de los productos a lo largo de toda la cadena de valor, garantizando su calidad y seguridad; esto podría permitir que, se mejore la obtención de la chatarra mediante proveedores. - Por último se pueden emplear gemelos digitales para ahorrar costos y reducir riesgos en la producción de varillas, pero también podría permitir implementar nuevas líneas de producción, abrir plantas o iniciar la fabricación de nuevos productos, empezando así a producir nuevos productos a partir de chatarra.

Actividades económicas circulares en Paraguay	
Brassur S.A.	<p>Modelo de negocio</p> <p>Valoración de residuos</p>
6A S.A.C.E.I.	
Metalpar S.A.	
<p>Tipo de actor: Empresa</p>	<p>Marco RESOLVE</p> <p>Bucle – Intercambiar</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Brassur S.A. es una empresa dedicada a la compra, clasificación y compactación de metales para posterior exportación (reciclaje de material ferroso y no ferroso). Cuentan con una certificación del Sistema de Gestión de Calidad bajo la norma ISO 9001. Tienen un plan de gestión de residuos sólidos Ferrosos y No Ferrosos. Los materiales reciclados por tipos/derivados, son prensados, enfardados y embalados, permitiendo así un máximo reaprovechamiento de la fusión.</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>METALPAR S.A. es una empresa familiar que se enfoca en la compra y exportación de metales no ferrosos; así también, a la venta de los mismos al mercado local. Siguen un proceso de recepción, limpieza y clasificación de la chatarra; luego limpieza; posteriormente prensado y compactación; se sigue con el almacenamiento; y finalmente, logística y operativas de exportación del material.</p> <p>6A S.A.C.E.I. es una empresa dedicada al reciclaje de materiales de chatarra ferrosa y no ferrosa. Siguen un proceso de compra, selección y preparación de materiales para asegurar la mejor calidad de materia prima para las industrias a nivel nacional e internacional que requieran de material ferroso y no ferroso.</p> <p>Las tres empresas siguen un modelo de negocio similar, se dedican a la recolección de material ferroso y no ferroso que es considerado previamente como chatarra, para prepararlo como materia prima que pueda ser empleado en nuevos procesos productivos, ya sea en empresas locales o internacionales.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se puede aplicar industria 4.0 como tecnología Blockchain para poder mejorar la cadena de suministro a través de la trazabilidad, pudiendo obtener nuevos proveedores y aumentan la cantidad de chatarra reciclada en el país. Además, se puede emplear RFID para poder mejorar los procesos de almacenaje, optimizando la logística necesaria para la salida del material hacia nuevas industrias. - Por último, se puede aplicar IoT para desarrollar fábricas inteligentes, que optimicen los procesos de clasificación y limpieza a través de una automatización del proceso, ahorrando recursos.

Textil y cuero

Actividades económicas circulares en Paraguay	
<p>Texciclo</p>	<p>Modelo de negocio Valoración de residuos</p>
<p>Tipo de actor: Emprendimiento</p>	<p>Marco RESOLVE Optimizar – Bucle</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Texciclo es un emprendimiento que surgió como solución a la generación de desechos textiles a través del rescate y la reutilización de sobrantes de tela, con esta idea la empresa no solo busca reducir el impacto ambiental de la industria sino promover la circularidad en el sector.</p> <p>Posee un centro de acopio para la separación de retazos y residuos textiles. A partir de ello se realizan bolsos reutilizables del 100% de retazos</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>forrados y libretas hechas de retazo textiles y papel de residuos de caña de azúcar (en colaboración con JureTextil y Miss Orden). También se dedican a la comercialización de lienzos textiles, para que los compradores puedan confeccionar prendas a partir de estos.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - La empresa puede hacer uso de Big Data para la identificación de potenciales proveedores de retazos y residuos textiles que se acomoden a su proceso productivo, mejorando así su producción, a la vez que mejora el reciclaje textil en el país. - Mediante tecnología RFID la empresa podría incorporar información en barras que sea fácilmente leída por los clientes, donde se pueda observar los ahorros de agua, energía y recursos en general ahorrados por la compra de la prenda, fomentando el consumo responsable y aumentando las ventas y la rentabilidad del negocio. - Por último, mediante la aplicación de IoT se pueden automatizar procesos en la fábrica de procesamiento, para mejorar la eficiencia del proceso.

Actividades económicas circulares en Paraguay	
<p>Amaná</p>	<p>Modelo de negocio Valoración de residuos</p>
<p>Tipo de actor: Emprendimiento</p>	<p>Marco RESOLVE Optimizar – Bucle</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Amaná es una empresa que, como base principal de su modelo de negocio, elaboran productos a partir de un telar elaborado con restos de tela (poyvi), como por ejemplo colchas, individuales, almohadas, fundas, ponchos, etc.</p> <p>El poyvi es una palabra guaraní que significa 'hilo'. Es una técnica artesanal paraguaya que data de 1800, utilizando hilos gruesos y retazos sobrantes de la confección para crear colchas, hamacas, individuales, cartera, ponchos, etcétera.</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - La empresa puede emplear cloud computing para monitorear en tiempo real e identificar el mejor momento para realizar el transporte de los restos de tela desde los proveedores hacia el centro de producción. - Además, emplear tecnología de gemelos digitales para poder idear diseños que garanticen una gran durabilidad del producto, generando así diseños de gran calidad y alineados a la economía circular, optimizando el ciclo de vida del producto. - Se podría también emplear tecnología RFID para la gestión de almacenes. Así como para mejorar la trazabilidad del producto, con el fin de poder brindar un servicio de re confección o de recuperación de residuos de tela para nuevamente ser incluidos en el proceso productivo.
--	--

Actividades económicas circulares en el subsector de plástico y Caucho	
P&C Plásticos	Modelo de negocio
Megaplásticos	
Tipo de actor: Empresa	<p>Marco RESOLVE</p> <p>Bucle – Optimizar*</p> <p>*Considerando el potencial de iniciativas que podría proveer la I4.0, ya que actualmente no cuentan con iniciativas circulares.</p>
<u>Descripción</u>	<p>P&C Plásticos es una empresa dedicada a la fabricación de productos como films de plástico, envases, bolsas etc. De plástico, cuentan con una línea gastronómica, una línea rural, línea de embalaje, línea de bolsas y línea de otros productos variados de plástico. Dentro de sus iniciativas ambientales, la empresa menciona contar con un alto grado de industrialización ambientalmente responsable, y teniendo productos Oxibiodegradables y reciclables como opciones.</p> <p>Megaplásticos es una empresa dedicada a la fabricación una variada línea de productos plásticos, entre estos se destaca los non woven – tejidos no tejidos de polipropileno – (TNT) y de poliéster agujereado y cosido. También ocupan gran parte de la producción el proceso de laminados sintéticos (PVC y PU), tejidos no tejidos (Spunbond, Melt blown y Needle Punch), mallas circulares textiles, plástico burbuja (PE), stretch film (PE), tubos de carton, cintas, elásticos, tapabocas, gorras, cubrepies, sábana hospitalaria, blown film (PE) y master batch compuestos (PVC, PP y PE), entre otros productos.</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Para la inyección de plástico y caucho, se puede incrementar el grado de automatización y la transparencia en los procesos de fabricación, de tal manera que se optimice la producción ahorrando recursos. - Uso de la fabricación aditiva para acelerar los procesos de fabricación generativa, la reducción de costos y la obtención de procesos mejor controlados. Individualizar de la producción sin la necesidad de incurrir en altos costos al cambiar de maquinaria para obtener toda la gama de productos plásticos de la empresa. - Además, se pueden emplear gemelos digitales para acelerar el proceso de producción, así como para prevenir la fabricación de productos defectuosos en la industria, además, para probar la inclusión de un mayor porcentaje de material reciclado en los productos.
--	--

Actividades económicas circulares en Paraguay	
<p>EnerPy Ambiental</p>	<p>Modelo de negocio Valoración de recursos/residuos</p>
<p>Tipo de actor: Empresa</p>	<p>Marco RESOLVE Bucle</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>El servicio de la compañía consiste en la recolección y tratamiento adecuado de residuos industriales peligrosos y no peligrosos generados a partir de la actividad de las empresas. Estos desechos son sometidos a un proceso de segregación en el que los materiales reciclables se separan y adecuan a efectos de su comercialización, en tanto que los no reciclables pasan por un procedimiento de reconversión de diversas etapas dependiendo del tipo de material. Tiene un planta de procesamiento de residuos peligrosos y no peligrosos tales como, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos – RAEE (pilas y baterías, lámparas, etc), aceites usados, envases metálicos y/o plásticos de pinturas, residuos impregnados con lubricantes, neumáticos fuera de uso (NFU), entre otros. La transformación se lleva a cabo a través de una tecnología termoquímica denominada reactor de materia orgánica (RMO), basada en la radiólisis fotónica focalizada de baja frecuencia, que somete la materia orgánica a condiciones de temperatura y presión permitiendo romper las cadenas de macromoléculas reduciéndolas a estructuras más simples que pueden volver a ser utilizadas como combustible y materia prima para la industria química orgánica.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Para el proceso de segregación, el uso de big data e inteligencia artificial permitiría hacer de este uno más seguro, rápido y eficiente. ● Asimismo, los gemelos digitales permitirían detectar problemas en el proceso

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<u>industria 4.0</u>	de reciclaje en tiempo real, así como proponer soluciones para mejorar la eficiencia y reducir así las paradas de las cadenas y averías asociadas a la presencia de materiales no aptos para el tipo de maquinaria que se está empleando.
-----------------------------	---

Actividades económicas circulares en Paraguay	
Ecocur	Modelo de negocio Valoración de recursos/residuos
Tipo de actor: Empresa	Marco RESOLVE Bucle
<u>Descripción</u>	La empresa se dedica a la producción de baldosas hechas a partir de caucho 100 % reciclado, obtenido a partir de neumáticos fuera de uso (NFU) que se recolectan de talleres con los que Ecocur tiene alianzas.
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	<ul style="list-style-type: none"> ● El internet de las cosas (IoT) permitiría vincular las diferentes etapas del proceso de la empresa, así como a los diferentes actores que intervienen a lo largo de toda la cadena de valor, como proveedores y clientes. ● En el caso del caucho, el uso del blockchain permitiría la trazabilidad de los productos derivados de este, garantizando que la empresa no solo se abastezca de materia prima reciclada, sino también que se haya obtenido en un principio de manera sostenible.

Actividades económicas circulares en Paraguay	
Reciclo	Modelo de negocio Valoración de recursos/residuos
Tipo de actor: Empresa	Marco RESOLVE Bucle
<u>Descripción</u>	Emprendimiento argentino dedicado al aprovechamiento de envases de vidrio para su transformación en sustrato de silicio, materia prima que puede ser aprovechada en el sector industrial, construcción y agrícola —en este último caso como abono de plantas y recuperador de suelos degradados—, convirtiéndose en ganador

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>del concurso Accelerator 100+ de Cervepar. Se ha asociado con la firma paraguaya TecnoAmbiental y ha creado una app que sigue el flujo de los envases en el proceso de trazabilidad de retorno y transformación, para que empresas y usuarios generen menos residuos en el mercado y facilitar el proceso de transformación.</p>
<p>Potencial de implementación de la industria 4.0</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● El internet de las cosas (IoT) permitiría la interconexión en todos los procesos vinculados a la transformación del producto, así como de aquellos actores involucrados en la cadena de valor del vidrio. Asimismo, llevaría al emprendimiento a adoptar un mejor análisis de datos y toma de decisiones. ● En la app mencionada, se ve la inclusión del sistema blockchain, que permite la trazabilidad de los productos a lo largo de toda la cadena de valor y facilita los procesos de recuperación para su reaprovechamiento.

<p>Actividades económicas circulares en Paraguay</p>	
<p>Madre Mejores Empaques</p>	<p>Modelo de negocio Suministros circulares</p>
<p>Tipo de actor: Empresa</p>	<p>Marco RESOLVE Intercambiar</p>
<p>Descripción</p>	<p>Empresa B dedicada a la fabricación de productos con bioplástico de origen europeo, producido a partir de fuentes renovables tales como almidones y aceites vegetales. Dichos productos son biodegradables y compostables, y cuentan con certificación internacional. Además, la empresa asegura que estos tienen un impacto medioambiental de 80% menos que un producto de plástico común. Además, la empresa impulsa la separación de la basura y la correcta disposición de sus productos, pues su tecnología permite que los mismos puedan ser desechados junto con la basura orgánica y así biodegradarse y compostarse, reintegrándose a la tierra en 90-180 días.</p>
<p>Potencial de implementación de la industria 4.0</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● La empresa podría mejorar la trazabilidad del bioplástico que emplea a partir del sistema blockchain. Además, este sistema permite eliminar el riesgo al ofrecer una base de datos consistente y completa. ● Adicionalmente, la fabricación aditiva permitiría acelerar los procesos, reducir costos y obtener procesos mejor controlados, así como individualizar la producción sin necesidad de incurrir en costos elevados al cambiar de maquinaria. ● Por su parte, los gemelos digitales permitirían reducir riesgos al momento de implementar nuevas líneas de producción, abrir plantas o iniciar la fabricación de nuevo productos, logrando la anticipación a errores y una mejor toma de

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	decisiones.
--	-------------

7.3 República Dominicana

Iniciativas enfocadas en generación de envases - Sector Plásticos	
Caribbean pulp & paper ⁽¹⁾ , Green DepotRD ⁽²⁾	Modelo de negocio: Valoración de residuos ⁽¹⁾ , Suministros circulares ⁽²⁾
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE Bucle ⁽¹⁾ , Regenerar ⁽²⁾
Otros actores	No se aprecian otros actores involucrados
<u>Descripción</u>	La empresa Caribbean pulp & paper(a) reúne desperdicios de papel para reciclarlos y convertirlos en hormas de zapatos, portavasos y separadores de huevos. Su materia prima es recolectada de imprentas, escuelas, bancos comerciales y otras empresas de la provincia de Santiago de los Caballeros. Por otro lado, Green Depot RD es una empresa que hace hojas a partir de palmas caídas de forma natural, las cuales son recolectadas por comunidades.
<u>Tecnologías de la industria 4.0</u>	No se aprecian tecnologías desarrolladas para Caribbean pulp & paper. No se cuenta con página web que permite ver cómo se desenvuelve en las redes. Por otro lado, no contamos con información de cómo desarrollan el procedimiento de conversión en otros materiales a partir de los papeles. Lo mismo ocurre con Green Depot.
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	Una tecnología potencial en esta empresa podría ser la utilización de Blockchain o cadena en bloque. La implementación de esto puede darse a través de una plataforma que permita el contacto directo entre proveedores de residuos de papel para que estos puedan ser reciclados por la compañía. Como referencia podemos tomar el caso de Ecoembes ²⁸⁷ , quienes implementaron un sistema de optimización en la selección de envases para la realización de reciclado de manera sensorial. Sin necesidad de implementar una tecnología que puede ser cara, se puede sacar provecho de las plataformas digitales. Por ejemplo, "SmartWaste", herramienta de gestión de información y análisis de datos para mejorar la eficiencia y calidad de los servicios

²⁸⁷ Ecoembes. Página web: <https://www.ecoembes.com/es>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	municipales de gestión de residuos urbanos ²⁸⁸ .
--	---

Empresas enfocadas en el desarrollo de energías renovables	
<ul style="list-style-type: none"> • San Pedro BioEnergy ⁽¹⁾ • Moldeados Dominicanos S.A.⁽²⁾ • CEMEX dominicana 	<p>Modelo de negocio</p> <p>Suministros circulares⁽¹⁾⁽²⁾</p>
<p>Tipo de actor: privado</p>	<p>Marco RESOLVE</p> <p>Regenerar⁽¹⁾, Optimizar⁽¹⁾, y Bucle⁽²⁾.</p>
<p>Otros actores</p>	<p>Consortio Azucarero de Empresas Industriales (CAEI)⁽¹⁾</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Las iniciativas relacionadas a la producción de biomasa en República Dominicana son la San Pedro BioEnergy que implementaron la “Primera central de energía renovable con tecnología de generación a base de biomasa”, iniciativa que ganó el premio a la excelencia en Producción más Limpia en energía renovable. También está la empresa MOLDOSA quienes implementaron una “Caldera de biomasa para el secado de productos”, la cual reduce el impacto medio ambiental en la generación de gases además de que representa un gran aporte en la creación de empleos directos e indirectos en la comunidad de La Victoria y zonas aledañas de Santo Domingo Norte donde están ubicados. Con respecto a CEMEX dominicana, ellos implementaron energía solar en la planta, en donde mediante paneles solares dan energía a una parte de las actividades.</p>
<p><u>Tecnología implementada</u></p>	<p>La tecnología implementada para estas empresas incluye: La eficiencia de sus costos mediante el uso de paneles solares para el caso de CEMEX dominicana. Por parte de MOLDOSA, la implementación de calderas de biomasa permiten un ahorro considerable de energía, aunque se podría implementar nuevas calderas de condensación de biomasa que consiguen rendimientos de hasta un 100% permitiendo un ahorro de combustible de hasta un 12% en comparación con las</p>

²⁸⁸ Residuos profesionales (2017). Industria 4.0 en el sector del reciclaje. Disponible en: <https://www.residuosprofesional.com/industria-4-0-sector-reciclaje/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	antiguas.
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	Se han identificado que las siguientes tecnologías de la industria 4.0 pueden ser beneficiosas para estas empresas: Internet de las cosas, automatización de la climatización, cloud, virtualización, big data, y monitorización. Los avances tecnológicos en distintos sectores de las energías renovables deben permitir a la industria: Reducir el consumo de energía y su coste. Un ejemplo de cómo podrían incluir tecnologías estas empresas es a través de la introducción de sensores de registro de datos, algo que facilita la optimización del proceso de producción, además permitiría el desarrollo de nuevos modelos de negocio como ya hemos comentado anteriormente.

Empresas innovadoras en plataformas de República Dominicana	
RDP REPRESENTACIONES SRL..⁽¹⁾ MD store.⁽²⁾	Modelo de negocio Plataformas de intercambio. ⁽¹⁾ , Valoración de residuos.. ⁽²⁾
Tipo de actor: privado	Marco RESOLVE Bucle. ^{(1).} ⁽²⁾ , Virtualizar. ⁽¹⁾ , Compartir. ⁽²⁾
Otros actores	No se aprecian otros actores

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Descripción</u></p>	<p>RDP Representaciones creó Quisquedom que es una plataforma analógica y digital sobre el consumo responsable y economía circular. Por otro lado, MD store ofrece el servicio de restaurar tu ropa y darle «una, dos y hasta tres oportunidades», transformando la pieza en otra completamente nueva. De igual forma, su modelo de negocios opera con el suprareciclaje, que se basa en sacarle provecho a los retazos o residuos de telas que siempre quedan al armar un diseño. Tienen una plataforma de servicios para que los consumidores a través de su compra puedan reducir su huella que genera la industria textil. En RD hay iniciativas similares en el sector público. Este es un ejemplo de la campaña de gobierno “Campaña Ahorra es tu futuro”, que busca impulsar el uso de fuentes de energía renovables en las instituciones del gobierno para reducir la dependencia de combustibles fósiles. El “Programa de Reducción del 10% del Consumo Energético en las Instituciones Gubernamentales”, que busca propiciar el aprovechamiento sustentable de la energía mediante la divulgación de información sobre tecnologías y mejores prácticas, así como las Concesiones en Energías Renovables Definitivas y Provisionales.</p>
<p><u>Tecnología implementada</u></p>	<p>La tecnología que usa RDP apoya tanto a los recolectores (app) como a las marcas que auspician (reportes de recolección), aplicando para ello integración e innovación con alto impacto social y ambiental. A través de la app acercan los productos que tienen la esencia del consumo responsable y la propuesta económica, para con ello contagiar y activar el cambio de hábitos.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>Para este sector, podemos recalcar el potencial de los gemelos digitales. Con los gemelos digitales, los procesos de producción y fabricación pueden replicarse en una plataforma digital dentro de un entorno virtualizado. Los responsables de la fábrica pueden entonces utilizar este gemelo digital para experimentar y probar nuevas soluciones de proceso, sin los costosos gastos generales o el riesgo de la implementación en el mundo real²⁸⁹. Un ejemplo de aplicación en el caso de DLR (Centro Aeroespacial Alemán) que presentó tecnologías innovadoras para la producción digitalizada de componentes compuestos de fibra. El DLR demostró en detalle cómo mejoraron la cadena de procesos totalmente automatizada para la fabricación de componentes compuestos de fibra utilizando el moldeo por transferencia de resina (RTM) agregando un gemelo digital a un sistema ciber-físico para monitorear la producción en</p>

²⁸⁹ Expotextil.news (2022). Qué Significa La Industria 4.0 Para Los Fabricantes De Ropa, Moda Y Calzado. Disponible en: <https://www.expotextilnews.com.pe/destacado/que-significa-la-industria-4-0-para-los-fabricantes-de-ropa-moda-y-calzado/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	tiempo-real a través de medios virtuales ²⁹⁰
--	---

Empresas enfocadas en el desarrollo sostenible de República Dominicana	
<p>Ecoservices Dominicana⁽¹⁾</p> <p>Grupo universal⁽²⁾</p> <p>The good made⁽³⁾</p>	<p>Modelo de negocio</p> <p>Suministros circulares^{(1),(2)}</p> <p>Producto como servicios⁽³⁾</p>
<p>Tipo de actor: Privado</p>	<p>Marco RESOLVE</p> <p>Optimizar^{(1),(2)}, Regenerar⁽³⁾</p>
<p>Otros actores</p>	<p>MYPYMES como Green Love y Julieta⁽³⁾</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Ecoservices Dominicana creó un la Certificación Soy Verde que es un sello de calidad ambiental, y permite informar al usuario sobre aquellas empresas que tienen en cuenta al medio ambiente en sus procesos operacionales y en la prestación de sus servicios. Los criterios de gestión ambiental que utilizan son control de emisiones, uso de equipos de máxima eficiencia, control de consumos, uso de mecanismos de ahorro, reutilización del agua, uso de envases reutilizables, entre otros. Grupo universal por su parte, desarrolla sus edificaciones bajo un modelo de construcción que cumple con los estándares internacionales de Diseño para el Medio Ambiente y Diseño Universal. El ahorro de energía en las sucursales es de un 55% por el uso de paneles solares, y, además, del 25% de la factura del agua por los sistemas de recuperación de aguas de lluvia, protegiendo ese preciado e imprescindible recurso natural. En cuanto a The Good Made, se realizan experiencias sostenibles, gestión de proyectos, logrando que diferentes eventos sean sostenibles, esto en cooperación con otras Mipymes como Green Love, Julieta y más; además de colaborar con recibir el apoyo de Jóvenes y ODS, parte de la Comisión ODS, para la concientización de algunos eventos como el realizado por el PICNIC.</p>
<p><u>Tecnología aplicada</u></p>	<p>Ecoservices muestra mediante su plataforma web, una interfaz bastante sencilla pero con mucha información: medición de la huella de carbono de años anteriores, así como una posibilidad de talleres online. Esto permite a los usuarios poder conocer más sobre la iniciativa y a la vez, poder capacitarse en la temática.</p>

²⁹⁰ Textile.4u (2018). Gemelo digital. Disponible en: https://www.texdata.com/content/wsgg-texdata_magazine_issue_2018-4-esp.pdf

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>Todo lo que pasa en la ciudad se puede convertir en datos, filtrar y transformarse en información para tomar decisiones sobre los retos de sostenibilidad; y entregarse a los gobiernos para que hablen el mismo idioma y se conecten. Un ejemplo de implementación de la industria 4.0 para ciudades es MEData que es una estrategia de datos abiertos de la ciudad de Medellín que busca la apropiación, apertura y uso de los datos. Esta plataforma hace parte de una apuesta por construir una ciudad cada vez más inteligente, donde priman dos componentes; el Data Driven Economy o economía basada en datos que ayude a impulsar la innovación de la ciudad a través de los datos públicos y la construcción de un ecosistema de innovación en la ciudad lleno de “ciudadanos inteligentes e informados”²⁹¹. Este tipo de iniciativas puede permitir una mayor conexión entre diversas empresas al permitir que datos que puedan ser divulgados estén disponibles para diversos sectores que puedan interesarse en el intercambio de recursos.</p>
--	---

Empresas enfocadas en el desarrollo eficiente de la energía	
<p>Domicem S.A⁽¹⁾ ALPLA⁽²⁾ César Iglesias⁽³⁾</p>	<p>Modelo de negocio Suministros circulares^{(1),(2),(3)}</p>
<p>Tipo de actor: Privado</p>	<p>Marco RESOLVE Optimizar⁽¹⁾ Regenerar⁽²⁾</p>
<p>Otros actores</p>	<p>No se aprecian otros actores involucrados</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>En República Dominicana se tiene el Proyecto para el Consumo Sostenible de Energía Eléctrica propuesto por Domicem S.A, que busca la reducción del consumo de energía a través de la incorporación de tecnologías y procesos que mejoren la eficiencia del consumo de energía eléctrica en los procesos productivos; la iniciativa de Eficiencia energética y de materiales, por parte de la empresa ALPLA cuyo objetivo es el manejo eficiente y responsable de la energía caracteriza su producción, por último, mencionamos a la instalación de sistemas de aprovechamiento de gases exhaustos de la planta de detergente en polvo. Estos proyectos contribuyen al mejoramiento de la eficiencia en la electricidad.</p>

²⁹¹ LowCarconCity (2019). Foro industria 4.0 y sostenibilidad. Disponible: <https://lowcarbon.city/es/foro-industria-4-0-y-sostenibilidad/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Tecnología implementada</u></p>	<p>Percatarse de qué procesos necesitan una optimización energética conlleva a una serie de pasos. Primero se debe identificar cuáles son los principales sumideros de energía (detectando en qué equipos debe actuarse para conseguir un ahorro energético, y ajustar el tiempo de estos para evitar picos de potencia), evaluar patrones y estacionalidades; verificar de qué parámetros depende la intensidad del consumo energético; y optimizar el uso mediante una re-planificación que permita conseguir un ahorro energético, luego está el de identificación de la recuperación de energía térmica y clasificar las medidas y/o posibilidades. La realización de estos pasos se puede dar con un gran apoyo de las tecnologías y automatización de datos; se detalla a continuación:</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>El proyecto de CTIC Centro Tecnológico, promovido por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades fomenta el desarrollo de una industria 4.0 en eficiencia energética mediante la integración de una red sensorica y medición de parámetros claves en referencia al consumo energético. También, buscan la optimización de la eficiencia energética de las instalaciones, facilitando una herramienta de visualización, y explotación de datos utilizados como apoyo a la toma de decisiones. Por último, consideran que analizar los datos debe ser de manera sencilla a través de plataformas virtuales y almacenamiento de los mismos en la nube²⁹².</p>

Empresas enfocada al reciclaje en República Dominicana	
<p>Subsector de bebidas</p>	<p>Modelo de negocio Valorización de residuos</p>
<p>Tipo de actor: Privado</p>	<p>Marco RESOLVE Bucle</p>
<p>Actores</p>	<p>Cervecería Nacional Dominicana S A</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>La cervecería Nacional Dominicana S.A impulsó la iniciativa Recicla 100+, en la cual en Cervecería Nacional recuperan el equivalente al millón de libras de botellas plásticas que introducen al mercado cada mes. El objetivo del programa es poder recolectar 1 millón de libras de residuos PET mensualmente en todo el país, equivalentes a 20 millones de botellas de plástico, que es la cantidad de PET que</p>

²⁹² CTIC (2019). Eficiencia energética para la industria 4.0. Disponible en: <https://www.fundacionctic.org/es/actualidad/eficiencia-energetica-para-la-industria-40#:~:text=Una%20reducci%C3%B3n%20de%20emisiones%20del,el%2074%25%20en%20el%202030.>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	utilizan cada mes para el envasado de sus productos.
<u>Tecnología implementada</u>	Cervecería Nacional cuenta con una red actual de recolectores de botellas de vidrio, el cual ha operado exitosamente durante más de 30 años, con una red nacional de 550 centros de recolección.
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	<p>Con esta iniciativa, se podría impulsar e implementar una gran cantidad de datos de manera automatizada. Lo cual, se da a través de big data a través del internet de las cosas. Por otro lado, la recolección de los residuos se aprovecha de las bondades de la industria 4.0. Por ejemplo, DORLET WASTE desarrolló un sistema de gestión para controlar electrónicamente el acceso a los contenedores de residuos, adaptable a cualquier tipo de contenedor del mercado, de apertura mediante una tarjeta de proximidad.</p> <p>Esta iniciativa parte de la necesidad de las ciudades de asegurar la calidad y el cumplimiento de los servicios públicos. Y está destinado a optimizar la gestión local de los residuos urbanos, así como mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y permitir el ahorro de costes en la gestión de los mismos²⁹³.</p>

Empresas enfocadas en plataformas de intercambio de residuos	
NUVI MARKETPLACE⁽¹⁾	Modelo de negocio Plataforma de intercambio de residuos ⁽¹⁾
Tipo de actor: Gubernamental⁽¹⁾	Marco RESOLVE Optimizar, Bucle ⁽¹⁾
Otros actores	Laboratorio de innovación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y la Asociación de Industrias de la República Dominicana (AIRD).
<u>Descripción</u>	El BID lab creó NUVI marketplace como plataforma de intercambio de residuos que crea un ambiente automatizado para hacer transacciones de residuos y de esa forma promover cadenas de suministros circulares, expandir la reutilización de residuos, y

²⁹³ Dorlet Waste (2022). Disponible en: <https://www.dorlet.com/es/waste>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>extender su vida útil, convirtiéndolos en materia prima secundaria. Mediante esta iniciativa se crea un un medio de gestión de flujo de materiales de diferentes industrias.</p>
<p><u>Tecnología implementada</u></p>	<p>Nuvi cuenta con un programa de recolección de botellas para la posibilidad de la generación de la plataforma. Para lo cual, se pueden utilizar los sensores de Internet de las cosas (IoT) y los algoritmos de análisis de datos pueden ayudar a los servicios de residuos a abordar sus deficiencias al proporcionar más información. Los sensores de IoT en contenedores de basura y camiones pueden monitorear los tipos de desechos que generan diferentes áreas. Los sistemas de aprendizaje automático pueden analizar estos datos para generar información sobre patrones recurrentes, revelando qué productos son los que más derrochan o dónde cometen errores los centros de reciclaje. Los centros de recolección y procesamiento de desechos pueden entonces ajustar sus operaciones en consecuencia para ser más eficientes²⁹⁴.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>Un claro ejemplo de una plataforma de intercambio (no necesariamente de residuos) es el de Tragsa Grupo la cual desarrolló la plataforma Emercato 2 que se trata de un conjunto de servicios web que permiten el intercambio de información de recursos creados desde múltiples plataformas, mediante un conjunto de algoritmos que gestionan la información y la sitúan a disposición de todos los usuarios, en función de sus roles de participación. Emercato2 está formado por</p> <ul style="list-style-type: none">• Un visor cartográfico disponible en la mayoría de los navegadores actuales (Chrome, Edge, FireFox...), donde se representan los recursos intervinientes.• Sensores de toma de datos situados en medios móviles, distribuidos por todo el territorio que geoposicionan los mismos de forma constante.• Sistemas de telecomunicación que permiten el intercambio de información con cada uno de los recursos participantes.• Una base de datos, capaz de almacenar datos históricos de todas las posiciones grabadas de los recursos, que se pueden consultar cuando sea necesario²⁹⁵.

Iniciativa enfocada en la reutilización de plásticos

²⁹⁴ Newton (2021). How Is Industry 4.0 Optimizing the Waste Industry?. Disponible en:<https://theiotmagazine.com/how-is-industry-4-0-optimizing-the-waste-industry-bfd4d35770f4>

²⁹⁵ Tragsatec (2022). Disponible en: <http://visores.tragsatec.es/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p>Alpha inversiones⁽¹⁾ Fundación Ecoturismo Responsable (Ecoservicios Dominicana)⁽²⁾</p>	<p>Modelo de negocio Valoración de residuos⁽¹⁾⁽²⁾</p>
<p>Tipo de actor: Sector privado⁽¹⁾⁽²⁾</p>	<p>Marco RESOLVE Bucle⁽¹⁾ Valoración de residuos ⁽²⁾</p>
<p>Otros actores</p>	<p>Empresas que entregan sus sub productos⁽¹⁾</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Plataforma Valla reusable es una iniciativa del sector privado para colaborar con la protección del medio ambiente por medio de la reutilización de recursos publicitarios, convirtiéndolos en bolsas, mochilas, estuches y otros productos. Se encontró un acuerdo con Domino's para que puedan utilizar las vallas publicitarias de dicha empresa. Asimismo, Valla reusable firmó acuerdos con PRM con ese mismo fin, y otras 15 marcas. Por otro lado, la fundación de Ecoturismo Responsable fabrica bolsas hechas a partir de banners de vallas publicitarias desechadas, con el dinero recaudado se financia los programas de la fundación.</p>
<p><u>Tecnología implementada</u></p>	<p>Aunque para estas iniciativas no haya una tecnología definida y específica clara, se sabe que para el reciclaje de los productos se realiza una serie de procedimientos que involucran tecnologías de diferentes tipos. Por ejemplo, la extrusión reactiva para la mejora de propiedades, deslaminación de envases multicapa, extrusión con fluidos supercríticos y la descontaminación para la eliminación de contaminantes y su posible nuevo uso en packaging alimentario. Para este caso, se trata de reutilización de diversos subproductos que pueden utilizarse para la creación de otros productos como bolsas y espacios publicitarios²⁹⁶.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>La reutilización es una de las estrategias para la extensión de vida de un producto. Ante esto, la implementación de la impresión en 3D es un ejemplo muy interesante. La fabricación aditiva o impresión 3D para la producción bajo demanda de repuestos mejora la mantenibilidad y alarga el ciclo de vida de productos y equipos. También afecta el diseño del producto en el sentido de que el futuro mantenimiento de</p>

²⁹⁶ The Food Fetch (2021). La tecnología es clave para el reciclaje. Disponible en: <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/la-tecnologia-es-clave-para-el-reciclaje/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	piezas en 3D puede integrarse en el proceso (PWC). ²⁹⁷
--	---

Iniciativa enfocada en reciclaje industrial	
Plastifar ⁽¹⁾	Modelo de negocio Valoración de residuos
Tipo de actor:	Marco RESOLVE Bucle
Otros actores	No se aprecian otros actores involucrados
<u>Descripción</u>	El propósito de este proyecto es crear una red de Separación-Acopio-Entrega del FOAM entre las empresas que lo generan y PLASTIFAR. Las características del material es que debe ser poliestireno, no puede estar mojado, el material debe ser de color blanco y debe de estar limpio, no puede estar contaminado con partículas como madera, hierro, piedras, tierra, etc.
<u>Tecnología implementada</u>	
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	El reciclaje industrial se podría beneficiar mediante la implementación del internet de las cosas. Por ejemplo, Big Data identifica las variables que puedan afectar el rendimiento, sin coste adicional, guiando a los fabricantes en identificar el problema. Además, colabora con predecir una demanda determinada con avisos más precisos y significativos gracias a la visualización de actividad a través de análisis interno (preferencias de clientes) y externo (tendencias y eventos externos) más allá de datos históricos. Esto permite a la empresa modificar/optimizar su cartera de productos.

Iniciativa basada en la agricultura

²⁹⁷ PWC (2017). Industry 4.0 as an enabler of the Circular Economy: preventing the waste of value and permitting the recovery of value from waste. Disponible en: <https://pwc.blogs.com/sustainability/2017/06/industry-40-as-an-enabler-of-the-circular-economy.html>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal ⁽¹⁾ Agropecuario y Forestal (CEDAF) ⁽²⁾	Modelo de negocio Ninguno
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE Optimización ⁽¹⁾ , Regeneración ⁽²⁾
Otros actores	Unión Europea y ONU Ambiente ⁽¹⁾ Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), Earthworm Foundation (EF), Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) ⁽²⁾
<u>Descripción</u>	El ServD2 ⁽¹⁾ busca implementar y fortalecer este sistema que busca mejorar los niveles de competitividad de las exportaciones dominicanas a través de la creación de un proceso eficiente y rápido que posibilite la identificación y monitoreo electrónico de productos entre los miembros de las cadenas productivas. Este proyecto es realizado dentro del marco del programa Exporta Calidad para incrementar la productividad y producir frutas y vegetales de alta calidad en el mercado local e internacional. Por otro lado, el CEDAF creó las escuelas de campo agricultores, la cual es una herramienta de aprendizaje vivencial y participativo que contribuya a la adopción de tecnologías para el incremento de la producción y productividad, asimismo, tienen un enfoque innovador de aprendizaje interactivo que enfatiza hacia la solución de los problemas y el aprendizaje basado en el descubrimiento.
<u>Tecnología implementada</u>	El Fortalecimiento del Sistema de Trazabilidad (SERv2) se ha podido realizar gracias a las funciones de sistematización, administración, monitoreo y mantenimiento de las tecnologías de información dentro de la institución las cuales han sido llevadas a cabo por la Unidad de Informática del CEDAF.
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	Para la comercialización y avance tecnológico en compras y ventas de productos en el mercado nacional e internacional conviene la robotización o automatización de procesos. El primer objetivo de la robotización son los procesos repetitivos de menor valor laboral, que pueden ser incluso causa de frustración a trabajadores humanos.- Algunos beneficios de esto es una disponibilidad 24x7 en la que el robot trabaja ininterrumpidamente por lo que el aumento de rendimiento es sensible. Esto es especialmente útil en monitorización de procesos críticos o en tareas de gran volumen. Por segundo es la escalabilidad ágil que permite aumentar el número de robots disponibles es casi instantáneo permitiendo una gestión más

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>ágil de períodos de trabajo de mayor intensidad. Y por último, la ausencia de errores ya que una vez adaptados los procesos, definidas las reglas y aisladas las excepciones, la ejecución es realizada sin errores de manera continua. Además, debido a que RD cuenta con un gran desarrollo de la agroindustria, conviene que el enfoque sea en la creación de empresas y/o proyectos sostenibles. Esto es un ejemplo de lo que realiza GreeMKo, con una automatización de procesos digitaliza los aspectos relacionados con el medio ambiente. Captura toda la información relevante de la factura de los proveedores para calcular su impacto. Posteriormente calculan automáticamente las emisiones de CO2 asociadas²⁹⁸.</p>
--	---

7.4 El Salvador

Actividades económicas circulares en El Salvador	
Maquiplastic	Modelo de negocio circular: Valoración de recursos/residuos Plataformas de intercambio-Producto como servicio-Extensión de la vida útil del producto-Valoración de recursos/residuos-Suministros circulares
Subsector	Plásticos
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE: Bucle, optimizar, intercambiar Regenerar-Compartir-Optimizar-Bucle-Virtualizar-Intercambiar
Otros actores	Iberplastic
Descripción	La empresa compra residuos plásticos post-consumo y post-industrial y, luego del tratamiento respectivo, los ofertan en volúmenes convertidos en materias primas. Además, desde 2018, están reduciendo sus desperdicios al convertirlos en madera plástica para incorporarlos en la construcción a través de un proceso innovador..
Potencial de implementación de la industria 4.0	La industria 4.0 tiene un gran potencial para aumentar la eficiencia de la producción en este sector. Así, actividades como el diseño de las propiedades de los materiales pueden coordinarse mejor debido a la gestión de procesos y control de la temperatura. Dado que la empresa recupera el plástico para su transformación y tomando en cuenta que los sistemas de reciclaje no siempre son los más eficientes, el internet de las cosas (IoT) podría lograr una mejor interconexión con el resto de actores de la cadena de valor del plástico.

²⁹⁸ <https://greemko.com/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	Finalmente, la aplicación de gemelos digitales en el proceso de reciclaje permitirá detectar problemas en tiempo real, evitando las paradas de las cadenas y averías asociadas a la presencia de materiales no aptos para la maquinaria que se está empleando.
Herramientas con potencial de uso	Internet de las cosas (IoT), gemelos digitales

Actividades económicas circulares en El Salvador	
CHEP	Modelo de negocio circular: Producto como servicio Plataformas de intercambio-Producto como servicio-Extensión de la vida útil del producto-Valoración de recursos/residuos-Suministros circulares
Subsector	
Tipo de actor:	Marco RESOLVE: Regenerar, optimizar, compartir Regenerar-Compartir-Optimizar-Bucle-Virtualizar-Intercambiar
Otros actores	-
Descripción	Unilever y CHP son compañías que trabajan juntas desde 2018 en países como Costa Rica, El Salvador, Honduras, Guatemala y Nicaragua, en una relación que se basa en el modelo de economía circular a través de la cual CHP hace posible que sus clientes utilicen pallets sin necesidad de adquirirlos, compartiéndolos una y otra vez en un ciclo de eficiencia conocido como pooling, que reduce tanto costos como uso de recursos. Al estar hechos de madera proveniente de fuentes 100% sostenibles y utilizar el modelo de economía circular, el uso de pallets CHP permitió a Unilever reportar en la región de Centroamérica un ahorro de 6 millones 534 mil 412 decímetros cúbicos de madera, equivalentes a 6 mil 313 árboles salvados de la tala. Por ser reutilizables, su uso generó el ahorro de 1 millón 861 mil 25 kilos de desperdicios el año pasado, algo así como los desechos diarios generados por 1 millón 430 mil 51 personas.
Potencial de implementación de la industria 4.0	La inteligencia artificial puede impulsar la competitividad de este tipo de modelos de negocio al combinar datos históricos y en tiempo real de productos y usuarios, ayudando a incrementar la circulación de productos mediante la predicción de precios y demanda, el mantenimiento predictivo y la gestión inteligente de inventario. Adicionalmente, el sistema blockchain permitirá mejorar los flujos de información a lo largo de la cadena de valor, así como la trazabilidad de los productos,

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>facilitando su recuperación.</p> <p>Por último, los gemelos digitales también pueden ser útiles en el seguimiento y la gestión de devoluciones de productos, ya que permitirá que estos sean mejor rastreados, así como anticipar los retornos. De esta manera, se podrán emplear para mejorar la estructuras logísticas y técnicas de los sistemas de devolución.</p>
Herramientas con potencial de uso	Inteligencia artificial, blockchain, gemelos digitales

Actividades económicas circulares en El Salvador	
Alma Weaving Souls	<p>Modelo de negocio circular: Suministros circulares</p> <p>Plataformas de intercambio-Producto como servicio-Extensión de la vida útil del producto-Valoración de recursos/residuos-Suministros circulares</p>
Subsector	Plástico
Tipo de actor: Privado	<p>Marco RESOLVE: Bucle</p> <p>Regenerar-Compartir-Optimizar-Bucle-Virtualizar-Intercambiar</p>
Otros actores	Masshi, Re plástico SV
Descripción	<p>Los productos se elaboran a partir de técnicas artesanales e hilos plásticos reciclados (tanto PCR como PIR). Los accesorios son 100% reciclables y el 80% de sus materias primas provienen de fuentes sostenibles contribuyendo a reciclar el equivalente a aproximadamente 45.000 tapas de botellas al año. Con este modelo circular, han logrado tejer oportunidades para los estudiantes y brindar oportunidades para los estudiantes y una producción constante para los artesanos.</p>
Potencial de implementación de la industria 4.0	<p>Dado que la empresa trabaja con materia prima recuperada, el uso de big data podría ser de utilidad al momento de mejorar el sistema de gestión de residuos e incrementar las tasas de reciclaje. Así mismo, la incorporación de inteligencia artificial en estos procesos dará origen a un reciclaje mucho más eficiente.</p> <p>Otra tecnología que podría optimizar los procesos comprendidos en el modelo de negocio de Alma Weaving Souls es el internet de las cosas (IoT), ya que permitirá conectar los diferentes procesos y actores vinculados a la cadena de valor del plástico.</p> <p>El uso del blockchain también tendría impactos positivos para la empresa, puesto que permitiría la trazabilidad de los productos, de manera que los consumidores puedan reconocer el componente circular que caracteriza a Alma Weaving Souls.</p>
Herramientas con	Big data, Inteligencia artificial, Internet de las cosas (IoT), Blockchain

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

potencial de uso	
------------------	--

Actividades económicas circulares en El Salvador	
Pettenati	Modelo de negocio circular: - Plataformas de intercambio-Producto como servicio-Extensión de la vida útil del producto-Valoración de recursos/residuos-Suministros circulares
Subsector	Textil y confecciones
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE: Regenerar, optimizar, intercambiar Regenerar-Compartir-Optimizar-Bucle-Virtualizar-Intercambiar
Otros actores	Fibertext
Descripción	<p>Las materias primas y procesos de la empresa son atendidos en un sistema de gestión de flujo de materiales para que no entren sustancias insostenibles en el ciclo productivo, siendo este un proceso limpio, ambientalmente saludable que utiliza los recursos de manera eficiente y todo el potencial de la sustentabilidad como factor decisivo para obtener un producto final de alta calidad y valor. Todo el proceso productivo de la empresa utiliza electricidad de fuente limpia y renovable, con el objetivo de obtener una matriz energética ambientalmente sostenible. Así mismo, la reducción del consumo de agua, combinada con el tratamiento de efluentes, son factores importantes a considerar en el proceso textil sostenible. Solo de 2006 a 2017, se consiguió reducir el consumo de agua en un 53% y el consumo de energía en un 30% en la producción de tejidos.</p> <p>En cuanto a los materiales empleados, Pettenati cuenta con un minucioso estudio de la gestión de residuos, llevando a cabo un proyecto de aprovechamiento de la merma de su proceso productivo para la elaboración de otras prendas. Además, cada año transforma más de 10 millones de botellas PET en tejidos de poliéster reciclado y usa plástico 100% reciclado en los embalajes de sus productos, obteniéndose anualmente más de 26 toneladas de plásticos reciclados.</p>
Potencial de implementación de la industria 4.0	<p>La industria 4.0 tiene un gran potencial para adaptarse a las necesidades del sector textil. Por ejemplo, el uso de big data permitirá la integración de sistemas analíticos con tecnologías avanzadas para la toma de decisiones de la empresa, mientras que la inteligencia artificial, la automatización de procesos y por consiguiente, la reducción de costos.</p> <p>Adicionalmente, el internet de las cosas (IoT) facilitará la interconexión de las máquinas, lo que permitirá realizar el seguimiento de los equipos durante la producción. Además, esta tecnología permitirá coordinar información en tiempo real para la visibilidad de todo el proceso productivo y la cadena de suministro de textiles y prendas de vestir.</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>Asimismo, la computación en la nube permitirá monitorear desde cualquier lugar las plantas de fabricación, conduciendo a una mayor producción, así como menores costos y plazos de entrega.</p> <p>Garantizar que los productos textiles tengan un origen ético es también un desafío que puede abordarse a través de las tecnologías 4.0. Por ejemplo, el uso de blockchain permitirá la trazabilidad del producto, garantizando al consumidor que este ha sido producido de manera sostenible y socialmente responsable.</p> <p>Finalmente, se puede mencionar que los gemelos digitales están comenzando a ser implementados en esta industria a fin de que los consumidores accedan a una demostración virtual de colecciones de ropa, vestidos y puntos de venta virtuales.</p>
Herramientas con potencial de uso	Big data, Inteligencia artificial, Internet de las cosas, computación en la nube, blockchain, gemelos digitales

Actividades económicas circulares en El Salvador	
Alas Doradas	<p>Modelo de negocio circular: Valoración de recursos/residuos</p> <p>Plataformas de intercambio-Producto como servicio-Extensión de la vida útil del producto-Valoración de recursos/residuos-Suministros circulares</p>
Subsector	Papel, cartón y artes gráficas
Tipo de actor: Privado	<p>Marco RESOLVE: Bucle, intercambiar</p> <p>Regenerar-Compartir-Optimizar-Bucle-Virtualizar-Intercambiar</p>
Otros actores	ECOSALVA
Descripción	Alas Doradas emplea tecnología de última generación y uso de materia prima 100% reciclada, generando anualmente más de 30 000 toneladas de productos derivados del papel, siendo los principales, papel higiénico, papel toalla y servilletas. Promueven de esa manera el reciclaje de papel y cartón dentro de la empresa.
Potencial de implementación de la industria 4.0	<p>El uso de big data puede traer grandes beneficios en el reciclaje de materiales que luego son usados como materia prima por la empresa. Así, esta tecnología permitirá mejorar la gestión de residuos e incrementar las tasas de reciclaje. Además, este proceso puede verse optimizado mediante la implementación de inteligencia artificial y gemelos digitales, que permitirían detectar problemas en tiempo real, disminuyendo el número de paradas de las cadenas y las averías asociadas a la presencia de materiales no aptos para la maquinaria que se está empleando.</p> <p>Por su parte, el internet de las cosas (IoT) permitiría integrar las diferentes etapas y actores vinculados a la cadena de valor del papel, lo que repercutiría positivamente en la calidad y accesibilidad de la materia prima.</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Herramientas con potencial de uso	Big data, Inteligencia artificial, Internet de las cosas, Gemelos digitales
--	---

Actividades económicas circulares en El Salvador	
3M	Modelo de negocio circular: - Plataformas de intercambio-Producto como servicio-Extensión de la vida útil del producto-Valoración de recursos/residuos-Suministros circulares
Subsector	Metalmecánica
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE: Regenerar, optimizar, compartir, bucle Regenerar-Compartir-Optimizar-Bucle-Virtualizar-Intercambiar
Otros actores	Enerwire
Descripción	3M anunció que, a partir de 2019, todos sus nuevos productos tendrán un compromiso de sostenibilidad como nuevo requisito, el cual incluye reciclabilidad, ahorro de energía y agua, abastecimiento responsable, materiales renovables y reutilización apropiada; esto desde el principio hasta el final de su ciclo de vida de cada producto. Este compromiso trae un impacto a nivel global a gran escala ya que la compañía lanza aproximadamente 1000 productos cada año.
Potencial de implementación de la industria 4.0	<p>Para este sector, la implementación de tecnologías 4.0 traería beneficios como la optimización de los recursos, innovación, incremento de la producción, así como de la calidad de los productos.</p> <p>Por ejemplo, la inteligencia artificial daría origen a máquinas autónomas, no solo para los procesos de producción, sino también para su venta.</p> <p>Además, la implementación del internet de las cosas (IoT) permitiría incorporar monitores de rendimiento, así como conectar las máquinas y plantas de producción, a fin de proporcionar información en tiempo real que sea de utilidad para la optimización de la cadena de valor.</p> <p>En el caso del blockchain, esta tecnología permitiría la trazabilidad del producto, siendo útil, por ejemplo, al momento de identificar productos que pudieran haberse visto afectados por alguna falla técnica. Adicionalmente, el blockchain facilitaría acciones de logística inversa para el reaprovechamiento de la chatarra.</p> <p>La fabricación aditiva también aportaría ventajas para este sector, ya que gracias a técnicas como la fabricación capa por capa se podrían obtener geometrías complejas que serían difíciles de obtener mediante tecnologías de fabricación convencionales.</p>
Herramientas con potencial de	Inteligencia artificial, Internet de las cosas, Blockchain, Fabricación aditiva

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

uso	
-----	--

Actividades económicas circulares en El Salvador	
Grupo Campestre	<p>Modelo de negocio circular: -</p> <p>Plataformas de intercambio-Producto como servicio-Extensión de la vida útil del producto-Valoración de recursos/residuos-Suministros circulares</p>
Subsector	Alimentos
Tipo de actor: Privado	<p>Marco RESOLVE: Regenerar, optimizar, bucle</p> <p>Regenerar-Compartir-Optimizar-Bucle-Virtualizar-Intercambiar</p>
Otros actores	La Constancia
Descripción	<p>La empresa ha instalado paneles solares sobre galpones y techos, que hoy generan 30% de la energía que consume la empresa (4.5 megavatios diarios). Además, realizan trabajos de aprovechamiento sostenible de diversos desechos orgánicos. Así, los restaurantes hacen llegar el aceite usado a la planta de concentrado para la elaboración de comida para pollos. En esta línea, llevan a cabo el proyecto de generación de energía eléctrica con biogás, así como la producción de bioabono como producto derivado del proceso. Ello para aprovechar desechos como las aguas residuales de la planta de faenado, los sobrantes de los restaurantes y de la nueva planta de alimentos procesados vegetales y cárnicos, la pollinaza de los galpones —el cual aporta el 60 % de este multisustrato—, los excrementos de los hatos ganaderos, etc. De esta manera, disminuyen los impactos negativos en el medio ambiente y el Grupo Campestre se inscribe en el grupo de las empresas implementadoras del modelo de trabajo de producción más limpia.</p>
Potencial de implementación de la industria 4.0	<p>Para este sector, la industria 4.0 puede aportar en la obtención de productos más seguros y de mejor calidad, así como sistemas de producción más eficientes y personalizados.</p> <p>Tecnologías como big data, inteligencia artificial, internet de las cosas y computación de la nube pueden ser usadas en el procesamiento y fabricación, de manera que las plantas estén conectadas y sincronizadas. Adicionalmente, estas pueden aplicarse para mejorar el marketing y las ventas a los consumidores finales, obteniendo información que permita mejorar la producción y obtener pronósticos de demanda.</p> <p>El sistema blockchain es otro que puede encontrar aplicación en este sector, permitiendo la trazabilidad de materias primas, el control de calidad, gestión de inventarios, etc. Adicionalmente, implementar blockchain en el sector de alimentos ayudaría a fomentar un consumo responsable, puesto que los consumidores podrían acceder a la cadena de valor del producto y tomar mejores decisiones de compra.</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Herramientas con potencial de uso	Big data, Inteligencia artificial, Computación en la nube, Blockchain
--	---

7.1 Cuba

Actividades económicas circulares en Cuba	
Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas (UERMP)	Modelo de negocio <i>Valoración de recursos/residuos</i>
Tipo de actor: Público	Marco RESOLVE <i>Bucle</i>
Otros actores	Grupo Empresarial de Reciclaje, CubaEnergía, CubaSolar, ERMP Villa Clara, ERMP Sancti Spiritus, ERMP Cienfuegos, entre otros.
<u>Descripción</u>	<p>La Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas (UERMP)²⁹⁹ es una unión empresarial estatal que se encarga de la recuperación, procesamiento y comercialización de los materiales y desechos reciclables que se generan en la industria, los servicios y la comunidad. La finalidad principal de la entidad es poder generar un valor agregado al volumen significativo de residuos que se generan en las ciudades de Cuba, enfatizando la ciudad de La Habana. Una de las metas de mayor ambición de la unión empresarial es poder establecer, al menos, una entidad de recuperación de materias primas en cada región del país. Fundado en 1968, la entidad se estableció para facilitar el proceso de recuperación de materias primas; por ello, los procesos de recuperación tienden a optimizarse en el tiempo. Además, en el contexto global se presentan nuevas oportunidades de implementación de tecnologías de mayor eficiencia que deben ser consideradas en el proceso de recuperación de la unión empresarial. En Cuba, el sistema de reciclaje presenta ciertas deficiencias en la recolección y recuperación que ha mejorado progresivamente en los últimos veinte años, y gran parte del logro es por las estrategias aplicadas por la UERMP y las entidades asociadas a su funcionamiento que contribuyen significativamente con el cumplimiento de las metas que comprenden las ODS 9, 11 y 12.</p> <p>Además, la unión empresarial busca replicar las prácticas sostenibles llevadas a cabo por los miembros que conforman la unión. Para tal finalidad, utilizan los medios de difusión masivos como redes sociales (Facebook, Twitter, entre otros) para difundir buenas prácticas de reciclaje. El potencial de desarrollo de la unión</p>

²⁹⁹ Disponible en: https://www.ecured.cu/Empresa_de_Recuperaci%C3%B3n_de_Materias_Primas

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>empresarial es prometedora y gran parte del éxito a futuro dependerá del compromiso de los actores que la conforman. Otro ítem clave de su progreso se fundamenta en las potenciales alianzas estratégicas que se pueden formar entre actores de recuperación de materias primas con actores de academia (desarrollo de proyectos piloto de nuevos sistemas de reciclaje) y emprendimientos circulares que generan valor agregado a diferentes tipos de residuos.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>La alternativa de implementación en la unión empresarial, en el marco de la transición a la industria 4.0, es el 'Blockchain o cadena de bloque'. En primera instancia, gran parte de la asimetría de información entre las empresas recuperadoras de materias primas y los generadores. Además, la escasa información sobre la caracterización de residuos sólidos generados limita, muchas veces, la eficiencia de recuperación. A través de la implementación del Blockchain se busca mejorar los flujos de información a lo largo de la cadena de valor, así como mejorar la transparencia y la trazabilidad para productores, consumidores y recicladores. En adición a ello, la transparencia del recorrido de los flujos residuales facilitará el proceso de recolección influyendo de manera positiva en el sistema nacional de reciclaje. En la actualidad, en Cuba se está proponiendo, a nivel de academia, implementar el uso del Blockchain para la creación de plataformas seguras de pago que permitan aliviar los impactos económicos del bloqueo comercial impuesto por el país estadounidense.³⁰⁰</p>
<p><u>Herramientas con potencial de I4.0</u></p>	<p>Blockchain (promueve la transparencia de información respecto a los flujos residuales de las empresas y facilita el intercambio de información entre empresas generadoras de residuos y empresas recuperadoras de materias primas).</p>

Actividades económicas circulares en Cuba	
<p>Grupo Empresarial de Reciclaje (GER)</p>	<p>Modelo de negocio <i>Valoración de recursos/residuos</i></p>
<p>Tipo de actor: Público</p>	<p>Marco RESOLVE <i>Bucle</i></p>
<p>Otros actores</p>	<p>Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, CubaEnergía, CubaSolar, ERMP Villa Clara, ERMP Sancti Spiritus, ERMP Cienfuegos, entre otros.</p>

³⁰⁰ Disponible en:

<https://www.bc.gob.cu/storage/investigaciones/October2019/TD9XXnCf2norjEWRvdaQ.pdf>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Descripción</u></p>	<p>El Grupo Empresarial de Reciclaje (GER) está conformado por 24 empresas en todo el territorio nacional, en las que predominan las Empresas de Recuperación de Materias Primas. En total son dieciséis empresas de recuperación de materias primas, así como dos Empresas especializadas en reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos, una Empresa de Desguace de Buques, una Empresa de Servicios Técnicos y Transporte, una Empresa de Comercio Exterior para la Importación y Exportación (DESEQUIP), una Empresa de Fundición y reciclaje de baterías de plomo-ácido, una Empresa de Ingeniería del Reciclaje, y una Empresa de Aseguramiento y Servicios. En la búsqueda de consolidar la industrialización con el uso de nuevas tecnologías y óptimas tasas de recuperación de desechos, el GER direcciona sus esfuerzos por optimizar el proceso de recuperación y comercialización de desechos reciclables de la industria, el comercio y la población en general.</p> <p>En el tiempo, el grupo empresarial ha enfocado sus esfuerzos en desarrollar procesos con mayor valor agregado y nuevas tecnologías que se enfocan en mejorar la producción de materias primas secundarias y generar mayores oportunidades en el mercado. La alianza estratégica con la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas le permite generar mayores alcances en las mejoras del proceso de revalorización de residuos recolectados.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>La tecnología de Big Data e Inteligencia artificial se presenta como un potencial de implementación en la industria del reciclaje. Una de las oportunidades que brinda la tecnología se relaciona directamente con optimizar la infraestructura circular y cerrar el ciclo de los productos y materiales favoreciendo la generación de una mayor cantidad de materias primas secundarias con mayores oportunidades de posicionarse en el mercado. Para el Grupo Empresarial de Reciclaje la oportunidad de implementar esta tecnología en el proceso de recuperación de materias primas brindará mejoras a corto y mediano plazo.</p> <p>El Blockchain o cadena de bloque es otra tecnología de la industria 4.0 potencial a implementar en el campo del reciclaje ya que mejora los flujos de información a lo largo de la cadena de valor y mejora la transparencia y la trazabilidad para productores, consumidores y recicladores. Optimizar el flujo de información en el proceso de recolección y recuperación brinda oportunidades de mejora al Grupo Empresarial de Reciclaje a través de tener una mayor transparencia de residuos recolectados y por procesar. De esa manera, tomar mejores decisiones respecto a las tecnologías de recuperación de materias primas más óptimas para Cuba.</p>
<p><u>Herramientas con potencial de I4.0</u></p>	<p>Big Data (promueve la optimización de la infraestructura circular en la búsqueda de mejorar el proceso de recuperación de materias primas) - Blockchain (promueve la transparencia de información respecto a los flujos residuales de las empresas y facilita el intercambio de información entre empresas generadoras de residuos</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	y empresas recuperadoras de materias primas).
--	---

Actividades económicas circulares en Cuba	
Grupo Azucarero AZCUBA	<p>Modelo de negocio</p> <p>Valoración de recursos/residuos / Suministros Circulares</p>
Tipo de actor: Público	<p>Marco RESOLVE</p> <p>Regenerar – Bucle</p>
<u>Descripción</u>	<p>El Grupo Azucarero AZCUBA es un grupo empresarial que tiene como principal línea de producción derivados del azúcar y el proceso agroindustrial en concreto. Además, uno de los principales lineamientos del grupo empresarial, y que caracteriza a las empresas es la eficiencia energética. En la actualidad, el sector azucarero se encuentra en proceso de reestructuración y recuperación con el objetivo principal de optimizar el proceso de producción de las empresas azucareras en el país.</p> <p>Una de las principales oportunidades del Grupo Azucarero AZCUBA es la prioridad del sector en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hacia el 2030. Dentro de los once sectores estratégicos establecidos en el marco de promover el Eje Estratégico 2 de Transformación productiva e inserción internacional se tiene al sector enfocado en la Agroindustria azucarera y sus derivados, el cual tiene como principal lineamiento dar énfasis en promover la reconversión energética introduciendo nuevas tecnologías que permitan elevar la eficiencia y el valor agregado de estas producciones. En la actualidad, se viene implementando el Programa de Bioeléctricas con 25 plantas de este tipo en las cuales ya 11 se negocian, se construyen 3, y 14 se mantienen en oferta con 420 MW. El programa se encuentra en ejecución a corto plazo.</p>
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	<p>Un factor clave en el proceso de reactivación del sector puede ser la implementación de nuevas tecnologías que optimicen el proceso de producción. Por ejemplo, implementar el gemelo digital para potenciar la reconversión energética con la finalidad de identificar las etapas del proceso con mayor demanda energética es una oportunidad potencial que beneficiaría la integración progresiva de la biomasa cañera como principal fuente energética renovable en el sector azucarero.</p> <p>Blockchain es otra tecnología potencial a implementar en el grupo empresarial azucarero. Tener una mayor transparencia del flujo de información de los procesos productivos brinda una serie de</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	oportunidades para reconocer tipos de maquinarias con mayor consumo energético, procesos productivos en general con mayores niveles de uso de energía por tonelada de producción, niveles de eficiencia de la biomasa cañera como fuente energética alternativa con respecto a los combustibles fósiles predominantes. Por ende, la serie de beneficios que conlleva la implementación del Blockchain debe considerarse como una herramienta tecnológica potencial para promover la transición del sector hacia una reconversión energética integral con la biomasa cañera como potencial opción.
<u>Herramientas con potencial de I4.0</u>	Gemelo digital (mejoras en la eficiencia energética de los procesos de producción) - Blockchain (optimizar el flujo de información referido a la eficiencia energética).

Actividades económicas circulares en Cuba	
Empresa Inversiones Gamma S.A.	<p>Modelo de negocio</p> <p>Plataforma de intercambio</p>
Tipo de actor: Público	<p>Marco RESOLVE</p> <p>Intercambiar</p>
Otros actores	Citmatel, CITMA, MINDUS, entre otros.
<u>Descripción</u>	<p>Inversiones GAMMA S.A. es una sociedad mercantil cubana con más de 20 años de experiencia en la comercialización de servicios profesionales de alto valor agregado, en las esferas medioambientales, de riesgos tecnológicos y naturales, gestión de mantenimiento, gestión costera, dando a sus clientes soluciones integrales en aras de garantizar un desarrollo sostenible. Entre los proyectos a desarrollar a corto plazo por la Empresa de Inversiones Gamma con enfoque circular resaltan la enfocada a brindar el Servicio de Elaboración del 'Proyecto de Rehabilitación funcional de las dunas para un sector de Playa de 900 M, EN EL Mégano, Playas del Este de La Habana', la 'Caracterización ambiental en los Grupos Electrógenos y Baterías de la provincia de Holguín conectados al SEN y su influencia sobre comunidades cercanas, la elaboración de 'Solicitudes de Licencia Ambiental' para proyectos de cuatro Parques Fotovoltaicos, en parcelas ubicadas en la provincia de Artemisa, Cuba, entre otros.</p> <p>La Empresa de Inversiones Gamma ha participado en la Feria ECOMONDO, el evento de referencia en Europa sobre innovación tecnológica e industrial en la economía circular con la finalidad de fortalecer la capacidad técnica de asistencia en la implementación de iniciativas</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>circulares en empresas de la región. Ha brindado soporte técnico a las empresas para convertirse en líderes mundiales en innovación, impulsando el desarrollo de un ecosistema emprendedor innovador y sostenible. Además, ha promovido la economía circular desde el ecodiseño de productos a la recuperación y valorización de residuos, al transporte, a la recuperación y reurbanización de áreas contaminadas. A nivel de mejoras en el aspecto técnico, ha llevado a cabo cursos referidos a 'Procesos costeros y criterios metodológicos para la recuperación de playas' con la finalidad de facilitar la recuperación de ecosistemas costeros. En el marco de facilitar la recuperación de las playas, se llevó a cabo un estudio referido a 'Inventario de Carbono en Playas Costeras' presentado en el VIII Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad. La transición tecnológica y la incorporación de tecnologías 4.0 en las propuestas del actor será clave para iniciar la introducción de nuevos esquemas productivos en Cuba.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>Una empresa de servicios ambientales con alto impacto en el país tiene la oportunidad de implementar las tecnologías 4.0 en los servicios brindados al sector industrial. Facilitar la implementación del Gemelo Digital en los procesos productivos del país y en las principales empresas de Cuba permitirá facilitar el reconocimiento de las etapas de producción con mayor consumo de materias primas y mayor uso energético que permita generar propuestas a corto y mediano plazo en la búsqueda de innovar a nivel estructural y de maquinarias utilizadas. Las ventajas y oportunidades que genera la implementación del gemelo digital en los procesos productivos puede, incluso, mejorar las oportunidades de reciclaje en la parte final del ciclo de vida de los productos y recircular gran parte de las materias primas utilizadas por producto elaborado.</p> <p>Sin embargo, si entre los objetivos de la empresa se desea mejorar progresivamente la calidad del servicio brindado, una herramienta potencial a implementar y/o mejorar su implementación (en el caso que esté en proceso de implementación) es la computación en la nube. Permitir un fácil acceso a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables que se pueden administrar dinámicamente conlleva a generar mejores resultados al finalizar el servicio medioambiental. La computación en la nube ofrece la capacidad de desarrollar y gestionar soluciones en la nube, para la gestión y captura de datos, encriptación, procesamiento y análisis. También la posibilidad de escalar las soluciones de manera costo efectiva y eficaz. Por ende, se debe considerar su implementación a corto y mediano plazo dentro de las actividades de la empresa.</p>
<p><u>Herramientas con potencial de I4.0</u></p>	<p>Gemelo digital (optimizar los procesos productivos de las empresas que requieren los servicios) - Computación en la nube (permitir un fácil acceso a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables que se pueden administrar dinámicamente)</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Actividades económicas circulares en Cuba	
Empresa de Tecnologías de la Información y Servicios Telemáticos Avanzados (Citmatel)	<p>Modelo de negocio</p> <p><i>Plataforma de intercambio</i></p>
Tipo de actor: Público	<p>Marco RESOLVE</p> <p><i>Intercambiar</i></p>
Otros actores	Inversiones Gamma, CITMA, MINDUS, entre otros.
<u>Descripción</u>	<p>Citmatel es una empresa pública innovadora que tiene entre sus principales lineamientos introducir sistemáticamente nuevas tecnologías con el objetivo de obtener resultados de mayor impacto en la sociedad y la economía del país. Su actividad principal se centra en la creación de productos y la prestación de servicios de utilidad a las instituciones y a la población, contribuyendo al desarrollo a partir de la utilización innovadora de las tecnologías de la información y las comunicaciones. La empresa, a través de foros de difusión e intercambio de información, promueve la implementación de la industria 4.0 a través de presentaciones sobre tecnologías disruptivas como el uso de la inteligencia artificial, Big Data, y “blockchain” para la transformación digital del país.</p> <p>Entre sus principales iniciativas, la empresa promueve el establecimiento y/o desarrollo de parques tecnológicos - científicos que promuevan y faciliten la implementación de tecnologías 4.0 en los procesos productivos del país. Participa en el desarrollo del proyecto ‘Bienestar’ (Iniciativa de la Sociedad Mercantil Parque Científico Tecnológico de Matanzas - PCTM), cuyo objetivo es promover el análisis de grandes volúmenes de datos (Big Data) para la toma de decisiones a partir de información estadística real, como herramienta al servicio de las autoridades de la región.</p>
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	<p>En general, como empresa promotora de la implementación de nuevas tecnologías en el campo de la industria 4.0 se debe diversificar la optimización de las tecnologías predominantes en el ámbito global y que suman en los objetivos de transición hacia la economía circular del sector de Industrias Manufactureras. Tecnologías como Big Data, Blockchain y Computación en la nube se presentan como las potencialmente implementables a corto plazo. Con un mejor manejo de información masiva y la generación de una mayor transparencia en el flujo de información de los sectores productivos, las oportunidades de tomar mejores decisiones con respecto a transiciones energéticas y la reducción del consumo de materias primas en el sector industrial. El potencial, en general, aumenta</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	significativamente con el fortalecimiento de los nuevos parques científicos - tecnológicos que facilitarán el proceso en gran medida y generará mejores oportunidades a las empresas.
<u>Herramientas con potencial de I4.0</u>	Big Data (mejorar el manejo de una gran cantidad de datos referido a los procesos de producción) - Blockchain (optimizar la transparencia de los procesos productivos en la búsqueda de mejorar la eficiencia de uso de recursos) - Computación en la nube (facilitar la accesibilidad de las estrategias entre los actores comprometidos a implementar iniciativas circulares).

Actividades económicas circulares en Cuba	
Grupo de Industrias Biotecnológicas y Farmacéuticas (Biocubafarma)	Modelo de negocio <i>Valoración de recursos/residuos</i>
Tipo de actor: Público	Marco RESOLVE <i>Bucle</i>
Otros actores	MINDUS, MINSAP, ONUDI, Instituciones asociadas a la salud en Cuba, entre otros.
<u>Descripción</u>	<p>Grupo empresarial cubano creado con el objetivo de producir medicamentos, equipos y servicios de alta tecnología destinados al mejoramiento de la salud del pueblo cubano y la generación de bienes y servicios exportables, como resultado del desarrollo científico técnico alcanzado por Cuba. Gran parte de las estrategias de desarrollo de BioCubaFarma se direcciona a la formación de alianzas estratégicas con actores nacionales e internacionales con la finalidad de optimizar su proceso de producción y elevar considerablemente las oportunidades de exportar productos.</p> <p>En ese contexto, el Grupo de las Industrias Biotecnológica y Farmacéutica (BioCubaFarma) se propuso establecer alianzas con instituciones rusas del sector biotecnológico para alcanzar productos conjuntos, que se puedan registrar y aplicar en beneficio del país euroasiático y otras naciones de esa región.³⁰¹ Además, la empresa ha optado por explorar oportunidades de inversión en Cuba de empresas holandesas en el sector y la comercialización de productos biotecnológicos cubanos en el mercado holandés y europeo. El</p>

³⁰¹ Disponible en: <http://www.camaracuba.cu/noticia/biocubafarma-busca-establecer-alianzas-con-instituciones-rusas-del-sector-biotecnologico-y-farmacaceutico/>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>programa incluyó intercambios en 4 ciudades holandesas con representantes de compañías de este sector, la Autoridad Nacional de Registro de Medicamentos, del cluster de biociencias e innovación, así como con agencias de entrenamiento y consultoría en Biociencia.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>La alianza establecida entre la Universidad Tecnológica de La Habana, el Parque Científico Tecnológico (PCT), los Laboratorios Farmacéuticos aica y EMSI FARMA S.R.L como uniones potenciadoras de innovación se presentan como una herramienta que facilitará la transición con respecto a la implementación de tecnologías en la Industria 4.0. Big Data se presenta como una potencial tecnología a implementar dentro de la unión empresarial. La toma de decisiones con respecto a los cambios estructurales del proceso de producción son esenciales para optimizar los resultados de las decisiones. Además, manejar de manera óptima los datos proporcionados por un grupo de empresas con una misma línea de producción puede mejorar la eficiencia de las alianzas entre ellas y con entidades internacionales (mayores oportunidades de proyectos de cooperación internacional).</p> <p>Una tecnología clave que se posiciona como potencialmente prioritaria es el Blockchain. Dentro del proceso productivo de la industria farmacéutica, la implementación del blockchain permitirá reconocer etapas de alto consumo de materias primas y facilitar el proceso de recuperación de materias primas minimizando la cantidad de residuos generados por lote de producción. Una etapa que se debe priorizar dentro de la industria farmacéutica es el empaquetado. El nivel de consumo de plástico, papel, cartón entre otros tipos de materia prima son significativos y, por ende, la generación de residuos posconsumo es considerable. Por ende, el blockchain es potencialmente aplicable para lograr facilitar la transición de tecnologías a prácticas de empaquetado más sostenibles y menos contaminantes.</p>
<p><u>Herramientas con potencial de I4.0</u></p>	<p>Big Data (Mejorar el manejo de datos proporcionados por los miembros del grupo empresarial y optimizar la toma de decisiones) - Blockchain (promueve la transparencia de información respecto a los flujos residuales de las empresas del grupo y facilita el intercambio de información entre empresas generadoras de residuos y empresas recuperadoras de materias primas).</p>

<p>Actividades económicas circulares en Cuba</p>	
<p>Empresa 'Plásticos Bahamonde'</p>	<p>Modelo de negocio</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<i>Valoración de recursos/residuos</i>
Tipo de actor: Público	Marco RESOLVE <i>Bucle</i>
Otros actores	Grupo Empresarial de Reciclaje, Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, Empresas de Recuperación de Materias Primas, MINDUS, CITMA, entre otros.
<u>Descripción</u>	<p>Plásticos Bahamonde es un emprendimiento con un modelo de negocio circular orientado a la producción industrial de ecomadera y otros productos hechos con plástico de alta necesidad para la industria de todo tipo y el hogar con materia prima 100% reciclada. La empresa ha realizado de 3 a 4 proyectos en EC orientados a la fabricación de muebles a base de materiales reciclados, puestos de venta, entre otros. Además, la empresa posee una política de Residuo Cero que, a través la gestión integral de sus residuos en su proceso de producción, permite la recirculación de los mismos a través de la recuperación y reciclaje que aumenta la eficiencia de producción con respecto a la tasa de generación de residuos con respecto a material producido.</p> <p>Posee una alianza estratégica con la Empresa de Recuperación de Materia Prima Las Tunas que facilita la recolección de residuos plásticos post consumo utilizados en el procesamiento de productos de plásticos para la fabricación de madera plástica, uno de sus principales productos elaborados como alternativa de valor agregado a residuos plásticos.</p>
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	<p>Con la finalidad de optimizar el proceso de recolección, el Internet de las Cosas (IoT) se presenta como potencial tecnología a implementar a nivel de emprendimiento. Si bien se requiere de financiamiento y, preferentemente, establecer alianzas estratégicas a nivel de empresas para consolidar la implementación de código de barras en envases de plástico, la logística puede aportar significativamente a la implementación, a una escala piloto en la fase inicial, de sistemas de depósito - reembolso.</p> <p>Dentro del proceso productivo, añadir la tecnología de Blockchain permitirá identificar las etapas de diseño de la elaboración de la ecomadera con mejores oportunidades de mejora con respecto a los niveles de producción y la calidad del producto final. La viabilidad y eficiencia del proceso productivo depende, en gran medida, del manejo de datos respecto al uso energético durante el proceso, la cantidad de materia prima secundaria por tonelada de producción, entre otras variables fundamentales que se puede optimizar su manejo a través de la implementación de Big Data.</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p><u>Herramientas con potencial de I4.0</u></p>	<p>Internet de las Cosas (IoT) (implementación de código de barras en la ejecución de proyectos piloto de sistemas de depósito-reembolso con la finalidad de optimizar el proceso de recolección) - Blockchain (optimizar el proceso de recolección de data de los procesos productivos con la finalidad de identificar posibles mejoras) - Big Data (Mejorar el manejo de datos proporcionados en las etapas de producción de la ecomadera).</p>
--	---

<p>Actividades económicas circulares en Cuba</p>	
<p>Empresa 'Enernova S.R.L'</p>	<p>Modelo de negocio</p> <p><i>Valoración de recursos/residuos</i></p>
<p>Tipo de actor: Privado</p>	<p>Marco RESOLVE</p> <p><i>Bucle</i></p>
<p>Otros actores</p>	<p>Grupo Empresarial de Reciclaje, Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, Empresas de Recuperación de Materias Primas, MINDUS, CITMA, entre otros.</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>Enernova centra su quehacer en la industria del reciclaje, con énfasis en la producción de abono orgánico, la reutilización de residuos no metálicos y ferrosos y neumáticos fuera de uso, En base a estrategias de recuperación como la producción de biogás y abono orgánico, Enernova S.R.L. busca facilitar el cierre del ciclo a través del reaprovechamiento como principio circular predominante. Además, en la búsqueda de afianzar su compromiso con el ambiente, está implementando el Programa Cero Residuos, trabajo conjunto con miembros de la población aledañas a zonas de generación masiva de residuos sólidos para realizar campañas de recolección selectiva con la finalidad de optimizar la calidad de residuos recolectados. En adición a ello, se promueve la conciencia ambiental en la población generando directamente una sensibilización ambiental.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>La tecnología de Big Data e Inteligencia artificial es una de las tecnologías de la Industria 4.0 que tiene el potencial de optimizar el proceso de reciclaje en gran medida. Una de las oportunidades que brinda la tecnología se relaciona directamente con optimizar la infraestructura circular y cerrar el ciclo de los productos y materiales favoreciendo la generación de una mayor cantidad de materias primas secundarias con mayores oportunidades de posicionarse en el mercado. Para el emprendimiento circular, la oportunidad de</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>implementar esta tecnología en el proceso de recuperación de materias primas brindará mejoras significativas a corto y mediano plazo de su implementación.</p> <p>Asimismo, la tecnología de Blockchain o cadena de bloque es otra alternativa de la industria 4.0 potencial a implementar en el campo del reciclaje ya que mejora los flujos de información a lo largo de la cadena de valor y mejora la transparencia y la trazabilidad para productores, consumidores y recicladores. Optimizar el flujo de información en el proceso de recolección y recuperación brinda oportunidades de mejora al emprendimiento circular a través de tener una mayor transparencia de residuos recolectados y de residuos por procesar. De esa manera, tomar mejores decisiones respecto a las tecnologías de recuperación de materias primas más óptimas para Cuba.</p>
<p><u>Herramientas con potencial de I4.0</u></p>	<p>Big Data (promueve la optimización de la infraestructura circular en la búsqueda de mejorar el proceso de recuperación de residuos) - Blockchain (promueve la transparencia de información respecto a los flujos residuales de las empresas y facilita el intercambio de información entre empresas generadoras de residuos y empresas recuperadoras de materias primas).</p>

Actividades económicas circulares en Cuba	
<p>Sociedad Mercantil ECOGESTA S.R.L</p>	<p>Modelo de negocio Valoración de recursos/residuos</p>
<p>Tipo de actor: Privado</p>	<p>Marco RESOLVE Regenerar – Bucle</p>
<p>Otros actores</p>	<p>Grupo Empresarial de Reciclaje, Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, Empresas de Recuperación de Materias Primas, MINDUS, CITMA, entre otros.</p>
<p><u>Descripción</u></p>	<p>ECOGESTA produce y comercializa productos de plásticos derivados de materiales reciclados. Reutilizan todos los desechos necesarios para la fundición de aluminio, la manufactura de materiales de la construcción y las elaboraciones obtenidas mediante plástico, mangueras y otros artículos. Si bien el emprendimiento circular ha sido registrado oficialmente como MiPyme desde noviembre del 2021, el fundador de la empresa cuenta con alrededor de 10 años de experiencia en el campo de recuperación de materias primas.</p> <p>Como empresa y/o emprendimiento enfocado a la recuperación de materias primas, ECOGESTA es un actor relevante en la transición a la economía circular ya que representa un ejemplo de emprendimiento a replicar por nuevas iniciativas circulares a futuro. Por ende, implementar nuevas estrategias basadas en la implementación de</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	tecnologías de la industria 4.0 fortalecerá las capacidades de recuperación y/o revalorización de residuos.
<u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u>	<p>Big Data tiene el potencial de optimizar el proceso de reciclaje en gran medida y que brinda la tecnología que se relaciona directamente con optimizar la infraestructura circular y cerrar el ciclo de los productos y materiales. El manejo de data en el proceso integral de recuperación de materias primas es importante. Sin embargo, complementar la tecnología de la Industria 4.0 con herramientas de apoyo</p> <p>Asimismo, la tecnología de Blockchain o cadena de bloque es otra alternativa de la industria 4.0 potencial a implementar en el campo del reciclaje ya que mejora los flujos de información a lo largo de la cadena de valor y mejora la transparencia y la trazabilidad para productores, consumidores y recicladores. Optimizar el flujo de información en el proceso de recolección y recuperación brinda oportunidades de mejora al emprendimiento circular a través de tener una mayor transparencia de residuos recolectados y de residuos por procesar. De esa manera, tomar mejores decisiones respecto a las tecnologías de recuperación de materias primas más óptimas para Cuba.</p>
<u>Tecnologías de la Industria 4.0</u>	Big Data (promueve la optimización de la infraestructura circular en la búsqueda de mejorar el proceso de recuperación de residuos) - Blockchain (promueve la transparencia de información respecto a los flujos residuales de las empresas generadoras)

Actividades económicas circulares en Cuba	
Empresa Addimensional	Modelo de negocio Valoración de recursos/residuos
Tipo de actor: Privado	Marco RESOLVE Regenerar – Bucle
Otros actores	UERMP, Grupo Empresarial de Reciclaje, Empresa Ecogesta SRL, Empresa ReVal, Empresa Reciclaje Sostenible, entre otros.
Descripción	Addimensional es un emprendimiento circular formalizado como MiPyme en el año 2021 y que presenta una alternativa innovadora en el mercado a partir de la revalorización del plástico. Además, se

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>encarga específicamente de la manufactura aditiva o, lo que es lo mismo, la impresión 3D. La alternativa de reaprovechamiento de plástico en la construcción de nuevas alternativas de productos de uso diario, uso médico, entre otros usos se presenta como una potencial herramienta a ser replicada en nuevos emprendimientos circulares en calidad de start-up o franquicias de la empresa inicial.</p> <p>El nivel de experiencia de la empresa adoptada a partir de la introducción de la manufactura aditiva (impresión 3D) le ha permitido repercutir en nuevas técnicas como diseño paramétrico-generativo, técnica avanzada de diseño digital que permite concebir geometrías complejas, versátiles y originales manipulando algoritmos y relaciones entre una serie de variables o parámetros (límites espaciales, propiedades mecánicas, volúmenes, temperaturas, etc.) y su desempeño en determinada circunstancia, escenario o problema específico.</p> <p>Además, el diseño y fabricación de prototipos funcionales es otro de los servicios brindados por la empresa, especialmente en el uso médico. A través del prototipado se ha logrado la simulación del artículo final que se pretende lanzar al mercado; es un primer modelo que permitirá evaluar si el producto diseñado cumple con las características concretas pautadas, al explorar su uso, función y acabados en un contexto real.</p> <p>Entre los servicios más prometedores del emprendimiento es el diseño y fabricación de partes y componentes finales, ideal para volúmenes de producción lo suficientemente bajos para que la fundición e Inyección o moldeo por inyección, no resulten rentables, o cuando la complejidad de las piezas no admite procesos como el mecanizado. Básicamente si se rompe una pieza, se puede sustituirla por otra idéntica impresa en 3D, o incluso por una mejorada y optimizada. Además, se puede concebir productos finales impresos en 3D, con la misma funcionalidad que otros fabricados por vías más tradicionales o de manera mecánica.</p>
<p><u>Potencial de implementación de la industria 4.0</u></p>	<p>La Manufactura Aditiva, en especial la Impresión 3D, es la principal herramienta de la industria 4.0 que se ha estado implementando en la empresa Addimensional. Es la esencia de la matriz productiva y ha permitido, a través de su desarrollo y optimización, generar una mayor diversificación de servicios que pueda solucionar diferentes problemáticas a nivel industrial. El nivel profesional y técnico propio de la empresa, para generar nuevas alternativas de uso de la Impresión 3D le brinda un soporte técnico para desarrollar a futuro nuevos servicios que se acoplen al avance tecnológico y desarrollo industrial del país. Como empresa, la mejor vía para optimizar los servicios ofrecidos y promover la creación de nuevos servicios es fortalecer la implementación de la manufactura aditiva en la línea de producción de la organización.</p> <p>En el sector industrial, el potencial de la impresión 3D para brindar alternativas de remanufactura y prolongar la vida útil de las maquinarias, permite aportar en modelos de negocio circular y promueve la formación de nuevos emprendimientos circulares basados en la reparación de equipos industriales. Otro sector con gran potencial para aplicar los productos de la empresa es el sector de salud. En resumen, la viabilidad de la implementación de la</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	manufactura aditiva en los servicios ofrecidos por la empresa ha tenido resultados favorables en los últimos años. Por ende, fortalecer las capacidades técnicas de la empresa podrá afianzar la implementación de la industria 4.0 en su desarrollo empresarial.
<u>Tecnologías de la Industria 4.0</u>	Fabricación aditiva (promueve la diversificación de servicios de la empresa a partir de las diferentes utilidades de la impresión 3D, así como alternativa innovadora de reaprovechar residuos plásticos.)

8. Conclusiones y recomendaciones generales para fomentar la Industria 4.0 en los países estudiados.

Conclusiones



Ecuador se encuentra trabajando en potenciar sus tecnologías en el sector Manufactura hacia una transición a la Industria 4.0, es por ello que en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda una vida” se desarrolló el Libro Blanco de la Sociedad de la Información a partir del cual se ha iniciado la transformación digital del país con mayor fuerza. En ese sentido, se incluye al sector privado en esa transformación digital a través de sus procesos productivos; sin embargo, estos avances se están dando a pasos muy cortos y los casos en ejecución son aislados.

De estas iniciativas con implementación de tecnologías referentes a la Industria 4.0 podemos resaltar a emprendimientos como Tachapir 3D que utilizan la tecnología de fabricación aditiva como principio y además emplean materia prima secundaria como el plástico reciclado para la fabricación de sus productos, a las empresas del sector de Alimentos como PRONACA, Nestlé y El Ordeño que utilizan tecnologías como el Big Data, durante la etapa de procesamiento y fabricación, así como la tecnología Blockchain para que sus consumidores puedan conocer la trazabilidad del producto, o iniciativas que desde el Grupo AJE junto con Tetrapak llevan aplicando la tecnología del Internet de las cosas (IoT) al introducir al mercado los empaques con códigos QR para un monitoreo de consumo por parte de la empresa como del cliente mientras que Nestlé se encuentra aplicando la tecnología Blockchain en unión con IBM Food Trust en su ecosistema de productores, proveedores, fabricantes, minoristas, etc. para un sistema alimentario más inteligente, seguro y sustentable.

Por otro lado, la aplicación de gemelo digital y las simulaciones en tercera dimensión permitirán que la producción y la logística se potencialicen, a partir de simular el estado del producto a lo largo de los

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

procesos de fabricación³⁰², y aumente la competitividad de las empresas de la Industria de Alimentos y Bebidas. Con esto podemos concluir que el subsector de agroindustria en el país cuenta con gran potencial para implementar tecnologías emergentes de la industria 4.0. Sin embargo, aún existe la falta de aplicación de estas en la cadena de suministro, por ello el potencial uso de tecnología del Análisis del Big Data aportará positivamente al procesamiento de datos masivos que ayuden a una capacidad de respuesta rápida lo que se traduce en rentabilidad. Por otro lado, dentro de subsectores como metalmecánica o recursos forestales y madera se encontraron iniciativas particulares como es el caso Adelca y REYBANPAC, respectivamente, este último ha comenzado a aplicar el sistema CTL para la optimización de la obtención de su materia prima. Así mismo podemos decir que el subsector de la industria de plástico se encuentra como uno de los subsectores más prometedores, junto con la agroindustria, para la implementación de las tecnologías 4.0 puesto que ya se encuentran aplicando tecnologías como Computación en la nube para el intercambio de residuos desde plataformas digitales que integran el flujo del plástico a través de la automatización minimizando costos de operación

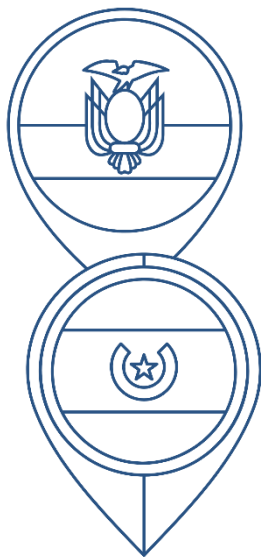
Recomendaciones

La aplicación de tecnología emergentes en el subsector de agroindustrias optimizará el uso de recursos, energía, así como afianzará la relación con el consumidor al obtener información sobre su comportamiento con el producto e indirectamente, el uso y aprendizaje de estas nuevas tecnologías, servirá para agregar valor al recurso humano que apoya en los procesos. Por otro lado, respecto al subsector Metalmecánica, considerando que las compañías también forman sinergias con recicladores para la adquisición de su materia prima (chatarra), la implementación de la industria 4.0 se podría aplicar desde esta etapa para una recolección más selectiva incluyendo la tecnología del Internet de las Cosas para un reciclaje inteligente como también para rastrear el movimiento del material (trazabilidad) y el uso de fabricación aditiva para optimizar la fabricación de piezas. En tanto, para el subsector Plásticos se recomienda la aplicación de Blockchain para mejorar estos flujos de información y poder llevar un mayor control del destino de cada material. Finalmente, teniendo un panorama que presenta la implementación de las tecnologías 4.0 por parte de pocas empresas del sector privado y considerando la propuesta de Ley de Transformación digital que existe en el país, se recomienda sumar esfuerzos para una transición más rápida y efectiva dentro del sector manufactura, es por ello que el Gobierno debe continuar en la línea de apoyo al Libro Blanco. No obstante, para que esta transición pueda darse a pasos agigantados también será indispensable que dentro de las instituciones del

³⁰² Lázaro, J. (2019) Gemelo Digital . AINIA. Disponible en: <https://www.ainia.es/ainia-news/gemelo-digital-prediccion-produccion-alimentaria/#:~:text=Se%20trata%20del%20desarrollo%20de,en%20el%20proceso%20de%20fabricaci%C3%B3n>.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.



gobierno se implemente el uso de estas tecnologías para fomentar una mejor conectividad y fortalecer la seguridad de la información, tal como se establece en la Política Ecuador Digital.

Luego del diagnóstico realizado para el país, se identificó que **Paraguay** cuenta principalmente con dos ministerios que podrían impulsar la transición hacia una industria 4.0, el Ministerio de Industria y Comercio —que lleva a cabo acciones como el Programa de Oportunidades Circulares, el proyecto Asunción Circular y Mipyme Compite— y el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación que tiene entre sus objetivos impulsar la adopción de tecnologías en las empresas, fomentar emprendimientos digitales y formar trabajadores con conocimientos tecnológicos.

En cuanto a la situación actual del país, el análisis se hizo de acuerdo con las siete dimensiones de la metodología GRAMI4.0. Dentro de la primera dimensión, puntajes como 3.04/7, 3.04/7 y 59.1/100 para aspectos como la orientación del gobierno a futuro, la protección de la propiedad intelectual y la facilidad para hacer negocios, respectivamente evidencian la importancia de que el gobierno brinde mejores condiciones para el desarrollo de una industria a la vanguardia de las nuevas tendencias. La segunda dimensión, muestra que Paraguay invierte un 3.47 % del PIB en educación. Asimismo, se cuenta con un grado de formación de los empleados de un puntaje de 3.39/7 en relación a cuánto invierten las empresas en la formación de sus trabajadores. En cuanto a la dimensión de infraestructura, el país cuenta con un puntaje de 2.7/7 en infraestructura vial y 0.5435/1 en disponibilidad de infraestructura de TIC, por lo que debe considerarse dentro de las prioridades del gobierno mejorar la inversión tanto física como digital. La dimensión de sostenibilidad ecológica, muestra que el país tiene un índice de protección del medio ambiente de 53.93/100 y un bajo 2.2/100 para el número de certificados ISO 14001. Asimismo, destaca que el 59.2 % de su consumo final de energía proviene de fuentes renovables. La dimensión de capacidad de innovación muestra que en el país hay 140 investigadores por millón de habitantes y que el gasto en I+D es de 0.146 % del PIB. Adicionalmente, destaca el indicador de colaboración de la investigación universidad-industria, donde se obtuvo el puntaje de 2.6/7 en 2018. Con respecto a la dimensión de ciberseguridad, el país tiene un índice de ciberseguridad de 57.09/100. Por último, en cuanto a la dimensión del consumidor, Paraguay registra un acceso a internet de 74.515 % en 2020 y un puntaje de 2.91/7 para las habilidades digitales de su población activa.

Aunque incipiente, la aplicación de tecnologías 4.0 en el país se evidencia en programas como el piloto de uso de sistema blockchain para la trazabilidad del sector cárnico, el uso de la impresión 3D para producir protectores faciales durante la pandemia, el uso de inteligencia artificial para la elaboración de alimentos a partir de plantas que reemplacen aquellos de base animal, el modelo de negocio Equifax basado en big data y la aplicación de gemelos digitales en la empresa Dormakaba. Sin embargo, el análisis realizado para los principales actores particulares del país demostró que estas iniciativas son aisladas y que en la industria predomina un modelo productivo tradicional, con un bajo nivel de incorporación de tecnologías. Ningún actor evaluado ha llevado a cabo acciones en más de

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

tres dimensiones, evidenciándose que ninguna empresa integra datos en su cadena de valor y, en contraste, la digitalización destaca como la dimensión más desarrollada en el sector.

Asimismo, se ve un potencial de aplicación de la industria 4.0 en los diferentes modelos de negocio presentes en el país. Así, el internet de las cosas (IoT) puede dar origen a fábricas inteligentes que implementen procesos automatizados y optimicen la producción, big data puede facilitar la identificación de proveedores y estos dos en adición con la computación en la nube permitirían mejorar el marketing y las ventas de productos a los consumidores finales. De igual manera, es ampliamente conocido el potencial de aplicación del blockchain para la mejora de la trazabilidad, el uso de fabricación aditiva para la individualización de la producción y de gemelos digitales para testear nuevos procesos y modelos productivos. En ese sentido, destacan casos como el de Brassur, que gracias al uso de tecnologías blockchain podría mejorar su cadena de suministro y el internet de las cosas (IoT) permitiría optimizar los procesos de clasificación y limpieza, ahorrando recursos. Merece ser otra empresa que podría verse beneficiada con la implementación de estas tecnologías. Por ejemplo, el uso de big data permitiría identificar otras empresas cerveceras que podrían proveerle de bagazo y el uso de IoT facilitaría el monitoreo e implementación de puntos de acopio de cáscaras de frutas y verduras en mercados para su aprovechamiento en el desarrollo de bioplásticos.

Tomando en cuenta la información obtenida del país, es preciso que el gobierno empodere a los ministerios que mayor competencia tienen en materia de desarrollo tecnológico de la industria, de manera que se promuevan acciones que mejoren las condiciones para el desarrollo de una industria 4.0. Cabe resaltar que las certificaciones pueden ayudar a converger las metas de sostenibilidad y producción del sector. Adicionalmente, es importante la formación y capacitación de los trabajadores de estas empresas, lo cual puede lograrse a través de iniciativas gubernamentales o mediante el involucramiento del sector privado, que será el más beneficiado con esta mejora de competencias.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.



A lo largo del análisis que se ha realizado con **República Dominicana**, se ha visto que en cuanto a la industria 4.0; hay mucho respaldo normativo que permite pensar que se han desarrollado muchas iniciativas en el tema. Sin embargo, el las empresas grandes o pequeñas, no han tomado en cuenta mucha esta área; en especial, no se ha aprovechado la oportunidad en el desarrollo de empresas con enfoque sostenible.

Respaldado por el marco regulatorio, República Dominicana cuenta con grandes oportunidades asociadas al avance exponencial de las telecomunicaciones, las cuales demandan una gran cantidad de contenido original e innovador . Si bien el país se encuentra actualmente en la definición de una estrategia de innovación y el 2019 ha sido diseñado como el año de la innovación y la competitividad, existe un amplio consenso en que se necesita un mayor esfuerzo para aprovechar la revolución tecnológica y aumentar la cooperación. entre el sector público y privado hacia una economía moderna e innovadora . Sin embargo, se debe reconocer el gran avance que se ha tenido en procesos de gobierno electrónico, lo cual como consecuencia fue elegida como líder en la red de gobierno electrónico de América Latina y el Caribe.

El desarrollo de la industria 4.0 necesita de un desarrollo de innovación y tecnología. En República Dominicana, se ven los inicios de una expansión tecnológica a nivel nacional. Sin embargo, en la actualidad aún hay mucho por hacer. Esta afirmación se refleja en el Índice en la inversión del país en Ciencia y Tecnología, que es 0.5% menos que lo que se invierte en promedio para América Latina (1%)

Con respecto al análisis realizados de los indicadores, podemos notar que los números no son tan alentadores tampoco. Por otro lado, según el primer Boletín de Competitividad Sectorial (2021), realizado por el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, casi la mitad de la población laboral dominicana está subcalificada. Cerca del 70 % de la población laboral presenta desajustes educativos y el 48.8 % de las personas ocupadas en el mercado laboral se encuentra infraeducado para la posición que desempeñan. También concluye que República Dominicana no cuenta con la cantidad suficiente de personas con habilidades que faciliten la nueva tecnología en la producción nacional. Esto último es de lo que trató la consulta nacional sobre el futuro del trabajo concluyendo que el reto del país podría ser formar unos 10 mil técnicos con nuevas bases de ciencia, matemáticas y tecnología, que sean preparados para actualizarse permanentemente.

Así mismo, las industrias también se verían beneficiadas ante un incremento de tecnologías en el país. El desarrollo de esta podría incrementar el valor agregado y el empleo cualificado en el sector industrial, así como potenciar el crecimiento e integración de los sectores industriales en las cadenas globales de valor. En los últimos cinco años, algunas empresas han establecido centros de diseño global y centros logísticos para la distribución regional de productos terminados; sin embargo, la adopción de la tecnología de la Cuarta Revolución Industrial se encuentra en una etapa muy temprana. Por ejemplo, en el sector textil, con la excepción de las maquiladoras orientadas a la exportación, está rezagado en lo que respecta a la transformación digital de la cadena de suministro, principalmente debido a la falta de capacidad de gasto en tecnología disponible.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Algunos de los resultados más resaltantes del análisis individual de los indicadores de la innovación que motivan el desarrollo de la industria 4.0 son:

- República Dominicana ocupa el puesto 104 en términos de competitividad, habiendo mejorado una posición desde 2013. Sin embargo, su clasificación en entorno macroeconómico, infraestructura y educación superior mejoró significativamente.
- La República Dominicana ocupa el puesto 71/100 en cuanto a su estructura productiva (complejidad y ubicuidad de su base manufacturera) y el 80/100 en cuanto a los niveles actuales de preparación en una serie de impulsores de la producción (desde la tecnología y la innovación hasta el capital humano y sostenibilidad). Esto significa que el país necesita aumentar su inversión a la hora de sentar las bases para transitar con éxito hacia el futuro de la producción.
- El país exhibe un nivel de digitalización de transición en comparación con sus pares de ALC, aunque sus puntajes de conectividad de TIC muestran niveles más desarrollados.



En El **Salvador** se identificaron direcciones dentro del Ministerio de Economía con potencial de favorecer un ecosistema industrial que integre la tecnología 4.0 a través del fomento y promoción de la innovación y competitividad empresarial. Las competencias y esfuerzos de estas direcciones se concretan en programas y políticas como la Política Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología, Política Nacional de Fomento, Diversificación y Transformación Productiva El Salvador 2014-2024 y la Agenda Digital El Salvador 2020-2030. Sin embargo, el nivel de desarrollo de industria 4.0 en el país es incipiente, viéndose la ausencia de empresas que cuenten con procesos predominantemente automatizados y pocas que incluyan algún grado de aplicación tecnológica en sus procesos.

El diagnóstico de la situación de El Salvador se realizó en las siete dimensiones de la metodología GRAMI4.0. En la primera dimensión, se obtuvieron datos como un puntaje de 64.3/100, 40.3/100 y 2.07/7 para los indicadores de estabilidad política y operacional, eficacia del gobierno y orientación a futuro del mismo, respectivamente. Adicionalmente, la facilidad para iniciar un negocio en el país se encuentra en un 78.6/100. En cuanto a la dimensión de recursos humanos, el nivel de inversión de las empresas en formación y desarrollo de sus empleados consta de un puntaje de 3.65/7. En la dimensión de infraestructura, destaca la importancia de la infraestructura TIC, que en 2020 contó con un puntaje de 0.5085/1. La dimensión de sostenibilidad ecológica se ve en indicadores como el índice de protección del medio ambiente, el número de certificados ISO 14001 y la producción de energía renovable, obteniéndose valores de 53.91/100, 2.2/100 y 64.3 %, respectivamente. Con respecto a la capacidad de innovación, se registró una capacidad de innovación empresarial de 4.05/7 en 2016 y una capacidad de absorción de tecnología por parte de las empresas de 4.44/7 ese mismo año. La ciberseguridad es otro aspecto importante al momento de incorporar tecnologías en los procesos. En ese sentido, se ve un bajo desempeño en cuanto al respectivo índice, con un puntaje de 13.3/100. Como última dimensión, se encuentra el aspecto del consumidor, donde se obtuvo un puntaje de 3.16/7 con respecto a las habilidades digitales de la población activa.

Por otro lado, se logró identificar algunos casos de aplicación de tecnologías 4.0 en el país. Por ejemplo, en cuanto a inclusión de tecnologías big data, inteligencia artificial, internet de las cosas (IoT) y

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

computación en la nube, se encuentran empresas como Tigo Business y el programa Smart Agro, mediante el cual se instaló una estación meteorológica que permitía brindar recomendaciones de riego óptimo. La big data también se ha implementado en otros sectores, como es el caso del sector transporte para la generación del modelo de San Salvador, permitiendo contar con información para la planificación de rutas y ordenamiento del transporte público. Con respecto al uso de computación en la nube, según una investigación de la Universidad Luterana Salvadoreña, se obtuvo que el 81 % de las empresas pequeñas y medianas hacían uso de algún servicio en la nube, siendo los más usados el correo electrónico, chats y almacenamiento. Por último, se tiene el caso del proyecto de construcción de casas con impresión 3D, a cargo de la empresa tecnológica ICON en asociación con la ONG New Story. De manera complementaria, la evaluación de los actores particulares del país evidenció un atraso en materia de industria 4.0. No obstante, de manera excepcional, destaca la empresa AES El Salvador, la cual ha implementado avances en cuatro dimensiones.

Asimismo, el diagnóstico incluyó la evaluación de algunos actores que hayan destacado por sus iniciativas en materia de circularidad, así como por ser los más representativos de su sector. De acuerdo con ello, se identificó el potencial de la implementación de herramientas 4.0, teniéndose el caso de la industria plástica que podría beneficiarse de la implementación del internet de las cosas para la mejor interconexión con el resto de actores de la cadena o el uso del sistema blockchain en la industria textil para garantizar la trazabilidad y origen ético del producto, por citar algunos ejemplos.

Finalmente, se concluye que el país tiene un desempeño mediano-bajo en cuanto a desarrollo de industria 4.0, por lo que se recomienda mejorar el entorno político, asegurar la ciberseguridad y generar más iniciativas gubernamentales, así como fomentar la adquisición de los conocimientos correspondientes para su aplicación tanto en la academia como dentro de las empresas. Cabe mencionar que, aunque el uso de estas tecnologías es transversal al modelo y rubro de cada negocio o industria, no es necesario que todas las empresas las implementen en su totalidad, siendo igualmente provechosa su aplicación en cualquier proceso y escala.



En **Cuba** se ha identificado el compromiso de entidades gubernamentales por direccionar normativas de apoyo que favorezcan la transición tecnológica en el país. Desde el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), se ha promovido la introducción de nuevas tecnologías que inciden en la economía productiva del país. El Ministerio de Industria, el Ministerio de Economía y Planificación, el Ministerio de Comercio, entre otras entidades gubernamentales han enfocado esfuerzos por sumar en el soporte gubernamental para la transición tecnológica del país. Gran parte del compromiso de las entidades gubernamentales se fundamenta en la implementación del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hacia el 2030, a través del cual se busca el fomento de encadenamientos vinculados a la transformación de los sectores estratégicos y de las actividades de soporte e infraestructuras clave para su competitividad, con principal énfasis en la introducción de las tecnologías digitales y las tecnologías de información y comunicación (TIC's) para su integración con los servicios modernos.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

La implementación de tecnologías referentes a la industria 4.0 es incipiente en el país actualmente, y el proceso de introducción se encuentra en fase de promoción y a escala piloto a través de las empresas de alta tecnología como Citmatel, entre las de mayor predominancia. Sin embargo, emprendimientos como 'Addimensional S.A' ha implementado eficientemente la impresión 3D como actividad principal generando una gama de servicios innovadores en el mercado nacional. Tecnologías como Big Data, Blockchain e, incluso, Inteligencia Artificial están siendo promovidas por instituciones como Citmatel en campañas de difusión de información. El potencial de implementación de las tecnologías 4.0 es prometedora y gran parte del éxito que conlleva la introducción de nuevas alternativas de producción. Herramientas como producción en la nube e internet de las cosas puede favorecer la mejora en el sector productivos de producción azucarera, producción de plástico y producción de papel, que son subsectores claves dentro de las industrias manufactureras en Cuba. Implementar el Big Data y el Blockchain puede optimizar el uso de materias primas direccionando la producción hacia una reducción de la demanda de materias primas por tonelada de producto elaborado e, incluso, afianzar el consumo energético, facilitando la transición energética hacia fuentes renovables. En adición a ello, el diagnóstico nacional consideró la evaluación de algunos actores que hayan destacado por sus iniciativas en materia de circularidad, así como por ser los más representativos de su sector. De acuerdo con ello, se identificó el potencial de la implementación de herramientas 4.0, teniéndose el caso de la industria plástica que podría beneficiarse de la implementación del internet de las cosas para la mejor interconexión con el resto de actores de la cadena o el uso del sistema blockchain para optimizar el uso de materia prima virgen y/o afianzar la introducción de materias primas secundarias en el proceso de elaboración de nuevos envases de plástico.

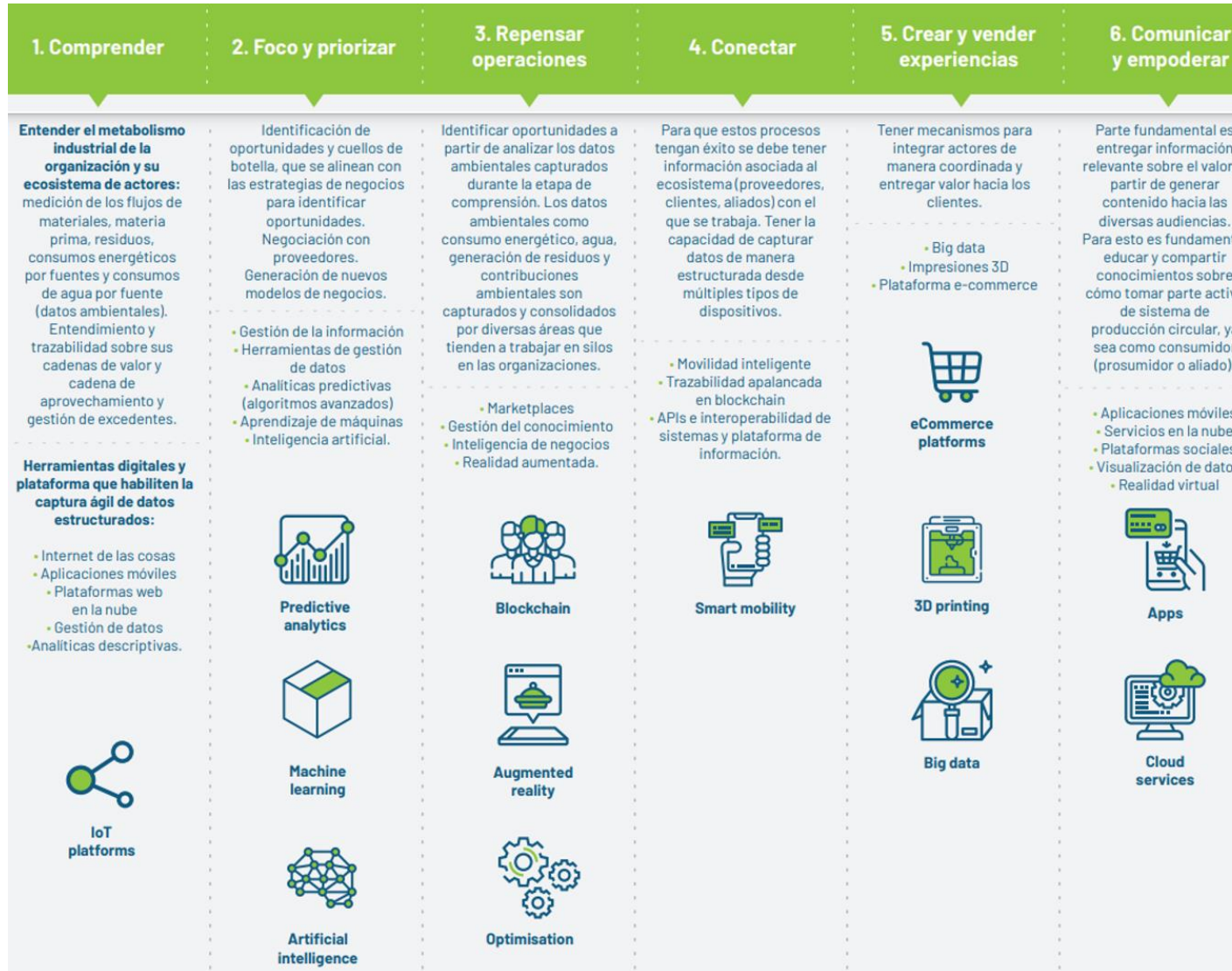
Finalmente, es importante resaltar el compromiso gubernamental como clave de implementación de las tecnologías de la industria 4.0. En general, el soporte normativo brindado por el sector público a través de normativas, decretos y leyes direccionados a facilitar el proceso de transición suma para generar una mayor confianza en el sector empresarial de adquirir nuevas tecnologías y que implementen las mismas en sus principales líneas de producción. Cabe mencionar que, aunque el uso de estas tecnologías es transversal al modelo y rubro de cada negocio o industria, no es necesario que todas las empresas las implementen en su totalidad, siendo igualmente provechosa su aplicación en cualquier proceso y escala.

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

Anexos

Anexo 1. Pasos de una hoja de ruta para la circularidad apoyada en la transformación digital.



Fuente (CEID; Konrad Adenauer Stiftung; Basura Cero Global; Valopes, 2020) adaptado Deloitte 2020

Anexo 2. Factores de las dimensiones del Marco de evaluación Circularidad&I4.0

Dimensión	Factor	Posibles valores
1. Adopción de tecnologías I4.0	<p>Seleccionar las tecnologías que emplean en el proceso productivo y la cadena de suministros:</p> <p>__ Ninguna</p> <p>__ Analítica Big data</p> <p>__ Inteligencia artificial</p> <p>__ Internet de las Cosas</p> <p>__ Computación en la nube</p> <p>__ Cadenas de bloque</p> <p>__ Impresión 3D</p> <p>__ Otras (Especificar)</p>	<p>Si aplica, identificar en qué fase del ciclo de vida circular del producto se utiliza (Diseño, Producción, Logística, Uso, Reciclaje/Final de vida)</p>
2. Producto como servicio	<p>¿En qué medida asocian servicios o plataformas digitales a los productos desarrollados?</p>	<p>En cada caso, identifique si son servicios digitales, o sea plataformas dependientes del producto, servicios electrónicos, o sea, plataformas independientes del producto (como pasarelas de comercio electrónico).</p>
	<p>¿Emplean plataformas de experiencia del cliente para la etapa del diseño del producto de forma personalizada?</p>	<p>0 – No</p> <p>1 – Sí(Explicar funcionalidad)</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p>3. Integración de datos en la cadena de valor</p>	<p>¿Se emplean algunos de los siguientes enfoques de integración de datos en la cadena de valor de los productos?:</p> <p>__ Sistemas ERP (Enterprise Resources Planning): Software que utilizan las empresas para gestionar las actividades empresariales diarias, entre ellas, la gestión de proyectos, la gestión de riesgos, y las operaciones de la cadena de suministro.</p> <p>__ Sistemas MES (Manufacturing Executive Systems): Software diseñado para organizar, controlar y monitorizar procesos logrando la máxima eficiencia y reducción de costes.</p> <p>__ BIM (Building Information Modeling) Es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de proyectos del sector construcción.</p> <p>__ Pasaporte digital del producto (en alguna variante): Facilita la información sobre el origen, composición, las posibilidades de reparación y desmontaje, y la gestión al final de ciclo de vida del producto.</p> <p>__ OPC UA: Es un protocolo de comunicación de libre acceso diseñado para la automatización industrial. Por tanto, permite el intercambio de información y datos en dispositivos dentro de máquinas, entre máquinas y de máquinas a sistemas.</p> <p>__ Plataformas de IoT: Logra conectar de forma eficaz los diferentes software necesarios para hacer llegar internet a un determinado dispositivo con el hardware del que este se compone.</p> <p>__ Modelos de datos semánticos: Es un modelo que almacena base de datos de alto nivel basada en semántica y formalismo de estructuración.</p>	<p>Si aplica, explicar la experiencia</p>
---	--	--

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

	<p>__ Gemelos digitales: Es una réplica virtual realizada igual que un producto original al que se le incorporan datos en tiempo real.</p>	
	<p>¿Participan terceras partes en la creación de valor del producto y los datos derivados de ello se integran con los generados en la empresa?</p>	<p>0 – Si no participan otros actores del ecosistema</p> <p>1 – Si existe una alta apertura a terceras partes.</p>

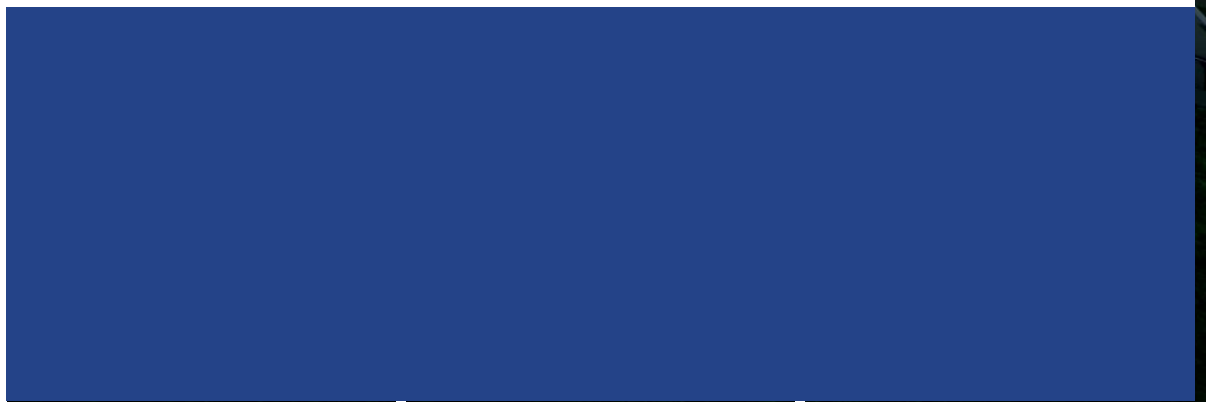
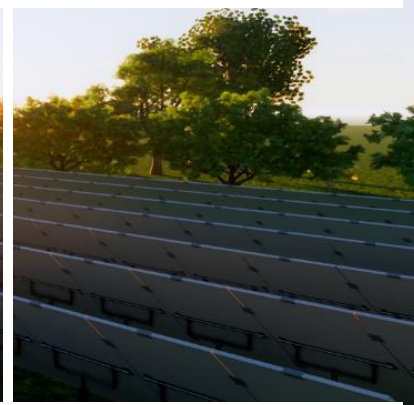
P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.

<p>4. Trazabilidad de productos a lo largo de la cadena de valor/suministro</p>	<p>¿Utiliza algún identificador para la trazabilidad del producto en la cadena de suministro?</p> <p>__ Códigos de barra Es un código universal único formado por una serie de líneas y espacios estos se escanean e identifican un producto.</p> <p>__ Códigos QR: Permite ampliar los datos que se le ofrecen a los consumidores sobre el artículo, haciendo que conozcan más a la marca.</p> <p>__ RFID (Identificador de radiofrecuencia): es un sistema de identificación de productos que utiliza la imagen para identificar una etiqueta colocada en un producto.</p> <p>__ Estándar GS1: Permiten identificar, capturar y compartir información sobre productos, activos, servicios y localizaciones, entre otros.</p> <p>__ Blockchain</p>	<p>De usar algún sistema de etiquetas para la trazabilidad de los productos, explicar</p>
<p>5. Fabricación Lean o ajustada</p>	<p>¿Utiliza una filosofía Lean en la cadena de valor?</p>	<p>0 – No</p> <p>1 – Sí (Explicar).</p>

P5: Diagnóstico general del nivel de desarrollo de la industria 4.0.

Diagnóstico de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta en Ecuador, El Salvador, Cuba, Paraguay y República Dominicana.





www.deuman.com