



# RETOS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL CONTEXTO COLOMBIANO



Diego Karachas Rodríguez Segura<sup>7</sup>

---

## ANTECEDENTES

---

Los retos de la industria 4.0 son de carácter mundial dado que la digitalización industrial conecta a países y continentes, por lo cual se vuelve es un reto la normalización entre economías, bloques económicos, continentes y flujos de mercados e información. Se identifica a través de la bibliografía la necesidad de distinguir los retos para las economías emergentes, dado que presentan en altos porcentajes similitudes con los mismos actores interesados, gobiernos, sector privado, academia y sociedad. Se establece una matriz de los retos identificados por otras investigaciones y revisiones académicas, detectando las debilidades comunes en el reto de la industria 4.0. De esta manera se establece una metodología para identificar con base en información oficial por medio de las grandes encuestas que caracterizan los temas alrededor de los retos de la industria 4.0, que en este caso se tiene en cuenta la Encuesta Nacional Logística y la Encuesta Nacional de las Tecnologías de la Información, estableciendo los respectivos análisis y conclusiones.

## MARCO CONCEPTUAL

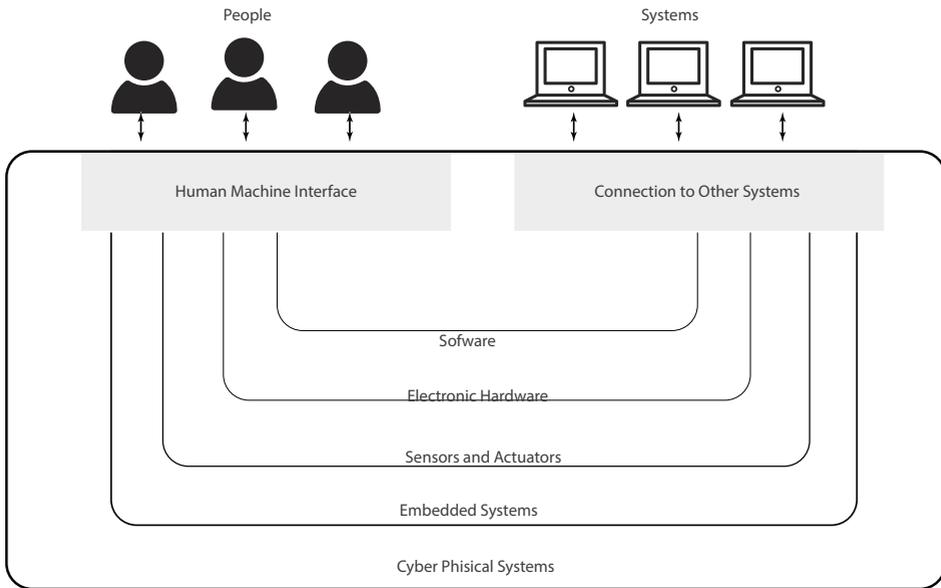
---

La Industria 4.0 es la integración de maquinaria y dispositivos físicos complejos con sensores y *software* en red, que se utilizan para predecir, controlar y planificar mejores resultados empresariales y sociales; la Industria 4.0 se define como “un nuevo nivel de organización y gestión de la cadena de valor en todo el ciclo de vida de los productos de igual forma en un término colectivo para las tecnologías y los conceptos de organización de la cadena de valor” (Zhou, Liu, y Zhou, 2015), la industria 4.0 apareció por primera vez en un artículo publicado en noviembre de 2011 por el Gobierno alemán resultante de una iniciativa sobre la estrategia de alta tecnología para 2020.

Las fábricas inteligentes estructuradas con modulares de Industria 4.0 o conocidos como sistemas ciberfísicos (CPS) que monitorean los procesos físicos, crean una copia virtual del mundo físico y toman decisiones descentralizadas mediante señales que a través del Internet de las Cosas (IoT) con CPS se comunican y cooperan entre

sí con los humanos en tiempo real, donde los participantes de la cadena de valor ofrecen y utilizan el Internet de Servicios (IoS) (Lu, 2017). La Industria 4.0 trae cambios disruptivos a las cadenas de suministro, modelos de negocios y procesos de negocios (Figura 10).

**Figura 10.** Interacción humana y máquina en un CPS



**Nota:** Mecanismos de interacción humana y máquina con sistemas ciber físicos CPS. Kamble, Gunasekaran, y Sharma, (2018).

Los principios de Industria 4.0 son interoperabilidad, virtualización, descentralización, capacidad en tiempo real, orientación de servicio y modularidad (Shastri, Singh, y Gupta, 2015). La Industria 4.0 se puede resumir como un proceso de fabricación integrado, adaptado, optimizado, orientado al servicio e interoperable, que se correlaciona con algoritmos, *big data* y altas tecnologías.

Como tecnología emergente se espera que los Sistemas Ciberfísicos (CPS) ofrezcan soluciones prometedoras para transformar la operación y el papel de muchos sistemas industriales existentes. Algunos de estos conceptos se establecen en la tabla 12.

Los CPS, como los sistemas de producción física cibernética (CPPS) de la Industria 4.0, se activan y aplican mediante el desarrollo de entidades computacionales, procedimientos relacionados con datos, automatización y tecnología de fabricación, y

Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) (Monostori *et al.*, 2016, p. 621). La Industria 4.0 hace que la integración de valor agregado ocurra horizontal y verticalmente en el proceso de fabricación, específicamente, el procedimiento horizontal está integrado por módulos de creación de valor desde el flujo de material hasta la logística del ciclo de vida del producto, mientras que el procedimiento vertical integra el producto, el equipo y las necesidades humanas con diferentes niveles de agregación de los sistemas de creación de valor y fabricación. La inteligencia y la digitalización se integran desde la adquisición de materia prima hasta el sistema de fabricación, el uso del producto y el final de la vida útil del producto (Monostori *et al.*, 2016, p. 626).

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN LA INDUSTRIA 4.0

Son muchos los conceptos generados alrededor de la industria 4.0, de esta manera se identifican los más relevantes como referencia para entender los desafíos que las industrias tradicionales debe distinguir para adaptarse a los cambios, como se describe en la tabla 12.

**Tabla 12.** *Conceptos fundamentales de la Industria 4.0*

Conceptos	Descripciones
<b>Fábrica inteligente</b>	La fábrica inteligente es más automatizada, flexible y dinámica. La fabricación está equipada con sensores, actores y sistemas autónomos. Las máquinas y los equipos tendrán la capacidad de mejorar los procesos mediante la auto-optimización y toma de decisiones de manera autónoma.
<b>Nuevos sistemas en el desarrollo de productos y servicios</b>	El desarrollo de productos y servicios es individualizado. Siendo de gran importancia, los enfoques de la innovación abierta y la inteligencia del producto, así como la memoria del producto.

<b>Conceptos</b>	<b>Descripciones</b>
<b>Auto organización en la fabricación</b>	Los procesos cambian en toda la cadena de suministro y fabricación; estos cambios tienen un impacto en los procesos cambiantes de la gestión de proveedores, la logística y gestión del ciclo de vida de un producto. Junto con todos estos cambios, los procesos de fabricación se conectan entre las empresas. Estos cambios requieren una mayor descentralización, de los sistemas de fabricación existentes.
<b>CPS</b>	El CPS (Car Picking System) comprende máquinas inteligentes, sistemas de almacenamiento e instalaciones de producción que pueden intercambiar información, desencadenar acciones y controlarse de forma independiente. Los productos basados en múltiples agentes, pedidos, procesos de máquinas, controles, inteligencia artificial y algoritmos genéticos presentan un proceso integral de interoperabilidad.
<b>Interoperabilidad</b>	Integración con clientes y proveedores y la adopción de negocios de modelos innovadores. El aspecto crucial asociado con la industria 4.0 son las redes inteligentes basadas en CPS. Al respecto, ISO 16100 define la interoperabilidad como la capacidad de compartir e intercambiar información utilizando una sintaxis y una semántica comunes para cumplir con una relación funcional específica de la aplicación a través de una interfaz común.
<b>Sistemas de producción ciber física</b>	Los sistemas de producción ciber física (CPPS) consisten en componentes automatizados que se comunican entre sí a través de múltiples niveles de una instalación de fabricación o producción, incluidas las redes de planta, almacén y logística. Las características de los CPPS incluyen interacciones inteligentes y autónomas de objetos CPS, capacidad de respuesta a los cambios, integración de recursos de fabricación en la nube como servicios adaptables y seguros.
<b>Productos inteligentes</b>	En los productos se insertan sensores y microchips que permiten la comunicación a través de IoT entre sí y con los seres humanos convirtiéndose en objetos “inteligentes” a medida que sus fabricantes conectan sensores a su embalaje que pueden ser detectados cuando se está utilizando el producto y pueden comunicarse con teléfonos inteligentes cuando se escanea. Estos productos inteligentes están provocando invasión de la privacidad y, en consecuencia, seguridad personal.
<b>Nuevos sistemas en distribución y manufactura</b>	Se sugiere que estos sistemas de distribución y manufactura pueden ser una combinación de herramientas robóticas personales inteligentes, como lo son Siri, Viv, Cortana, Google Now, desde el enfoque del internet en las cosas (IoT). Eso puede convertirse en el modelo dominante de la interacción entre compradores y vendedores.
<b>Adaptación a las necesidades humanas</b>	Sistemas ciberfísicos en donde se integran la computación, las redes y los procesos físicos. Un ejemplo es el control de funciones humanas vitales que permiten la atención médica urgente a través de aplicaciones móviles, sensores en ropa y sensores y cámaras de vigilancia en pisos.

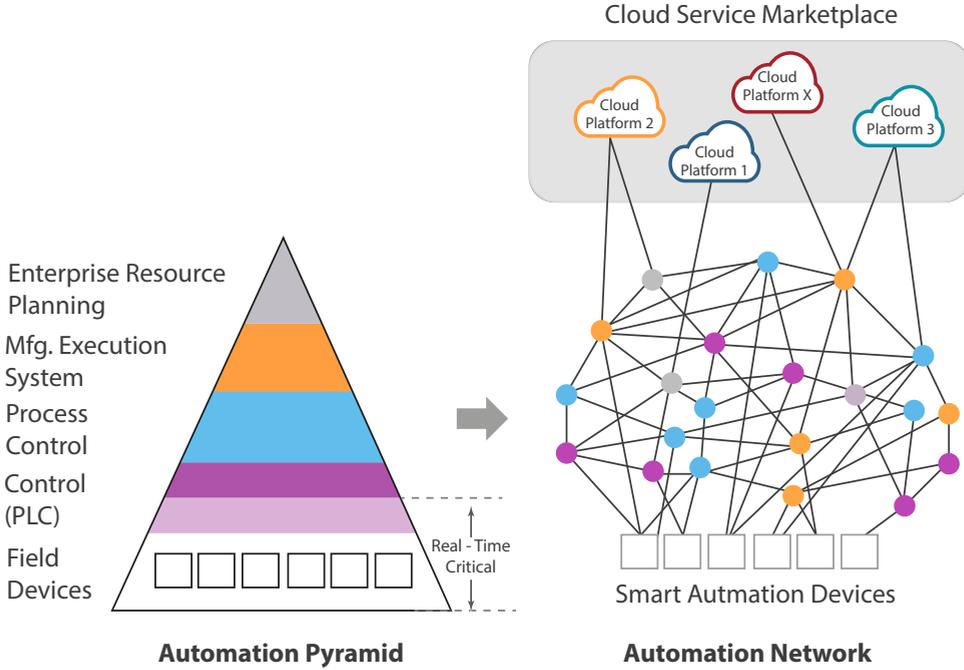
Conceptos	Descripciones
<b>Smart city</b>	Smart city se define como una ciudad que comprende seis factores en su política de desarrollo: economía inteligente, movilidad inteligente, entorno inteligente, personas inteligentes, vida inteligente, y gobernanza inteligente. Es el producto del desarrollo acelerado de la nueva generación de las Tecnologías de la Información (TI) y la economía basada en el conocimiento, por medio de la combinación de redes de internet, de telecomunicaciones, de transmisión inalámbrica de banda ancha y otras redes de sensores con el IoT como núcleo.
<b>Sostenibilidad digital</b>	La sostenibilidad y la eficiencia de los recursos están cada vez más en el centro del diseño tanto de ciudades como de fábricas inteligentes, con el componente ético en el manejo de información privada.

**Nota:** Descripción de conceptos fundamentales en la industria 4.0 a partir de Roblek, Meško, y Krapež, (2016).

## PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA 4.0

Es importante tener en cuenta que una de las bases de la industria 4.0 es la automatización, la cual se modifica con las nuevas tecnologías y en la manera que cambia la pirámide y la conforma en un sistema de nodos interconectados que llevan información entre los diferentes conjuntos de sensores, controladores (PLC), procesadores industriales (CPPS), sistemas de información y ERP, de esta manera la tradicional “pirámide de automatización” para el control de fabricación, surgen problemas de integración en la planificación de recursos empresariales (ERP), los sistemas de ejecución de fabricación (MES). Del mismo modo, la fabricación inteligente requiere integración de servicios basados en la nube, de manera diversa interconectados con las empresas, las fábricas inteligentes, junto con sus procesos controlados por dispositivos inteligentes (Figura 11). Esta integración requiere de un intercambio continuo de información entre estos sistemas heterogéneos que operan bajo una amplia variedad de estándares de comunicación (Ray y Jones, 2006).

**Figura 11.** Interpretación de la pirámide de automatización en la red de automatización en la industria 4.0



**Nota:** Descripción de la automatización de sistemas de la industria 3.0 a la industria 4.0. Ray y Jones, (2006).

## RETOS EN LA INDUSTRIA 4.0

Los desafíos en la industria 4.0 se interpretan como los requisitos para ser considerado estar en los niveles de digitalización industrial y de automatización; de esta manera para tener esta transformación en la industria tradicional se identifican los problemas principales que afectan al modelo de negocio tradicional y paralelamente se identifican los requisitos principales para enfrentar la transformación digital. Como se describe en la tabla 13.

**Tabla 13.** Características, problemas y requisitos en la Industria 4.0

Características principales de la industria 4.0	Problemas principales que afectan al modelo de negocio tradicional	Requisitos principales para enfrentar la transformación digital
Interoperabilidad	Redes y reducción de barreras	Digitalización, redes y reducción de barreras
Virtualización	Flexibilidad y personalización	Flexibilidad y personalización
Descentralización de la decisión	Producción en masa individualizada	Producción en masa individualizada
Fabricación	Producción local	Producción local
Capacidad en tiempo real	Precio bajo	Precio bajo
Servicio de orientación	Bienes y servicios inteligentes	Bienes y servicios inteligentes
Modularidad	Fragmentación de la cadena de valor	Fragmentación de la cadena de valor
	Globalización y descentralización de la producción	Globalización y descentralización de la producción
	Sistemas de producción integrados V-H	Marco legal

**Nota:** Descripción de las características, problemáticas y requisitos para la aplicación de la industria 4.0 en las empresas. Pereira y Romero (2017).

El conjunto de barreras para el desarrollo de la Industria 4.0, se identifica como los desafíos a superar que dependen del entorno en cada país, de las condiciones sociales, económicas, tecnológicas, la seguridad institucional, la competitividad, el nivel industrial, lo que hace que diferentes autores identifiquen desafíos distintos para países de economías emergentes, como se indican en la tabla 14.

**Tabla 14.** Desafíos en la Industria 4.0 en economías emergentes

Desafíos	Conceptos
Baja comprensión de las implicaciones de la industria 4.0	Hay un conocimiento muy bajo sobre las implicaciones de la Industria 4.0 entre los investigadores y los profesionales. Se requiere de una investigación altamente organizada y focalizada para su adopción en el entorno de fabricación.
Pobre investigación y desarrollo en la adopción de la Industria 4.0	La mayoría de las organizaciones empresariales se enfrentan a diferentes problemas en la adopción efectiva de la industria 4.0 debido a la ausencia de estrategias para la transformación empresarial. La razón principal detrás de esto es la falta de investigación enfocada en abordar los diversos aspectos de la adopción de la industria 4.0.

Desafíos	Conceptos
Asuntos legales	Industria 4.0 tiende a desarrollar una red ciberfísica donde varias máquinas, sensores, instalaciones y humanos están interconectados mediante aplicaciones en la nube que permiten intercambiar datos entre sí. Para ayudar a las industrias se deben tener en cuenta un marco legal definido que permitan adoptar ideas y procedimientos tecnológicos modernos.
Visión y estrategia de operaciones digitales de la empresa pobre	La Industria 4.0 describe un enfoque innovador para las operaciones comerciales y especialmente la fabricación mediante la transformación digital, lo que requiere una visión y misión clara sobre las operaciones digitales.
Bajo apoyo de gestión y dedicación	La Industria 4.0 exige una transformación en los procesos comerciales y las actividades de la cadena de suministro, para lo cual es necesario establecer prácticas de gestión.
Problemas de perfil y complejidad	En los últimos años, las cadenas de suministro se están volviendo globales y se caracterizan por estructuras altamente complejas. Por lo tanto, la fuerza laboral debe estar capacitada para conocer los procesos esenciales, sus dependencias y la interpretación de datos para aceptar la digitalización en el entorno de fabricación. Los profesionales de negocios generalmente carecen de competencias para gestionar los problemas de complejidad relacionados con el análisis de datos, el espacio o el tiempo, el uso de instrucciones particulares, en la adopción efectiva de la Industria 4.0.
Falta de cultura digital	La digitalización es el requisito principal para iniciar la industria 4.0 en el entorno empresarial. Además, la industria 4.0 generalmente es de naturaleza interdisciplinaria y se requiere la digitalización para conectar diferentes elementos de una red.
Comportamiento renuente hacia la Industria 4.0	La mayoría de las industrias aún no están familiarizadas con el tema de la industria 4.0. Debido a la ignorancia de los posibles beneficios, la mayoría de las industrias son reacias a adoptar tecnologías basadas en la Industria 4.0.
Beneficio económico poco claro de las inversiones digitales	En la Industria 4.0, se hace hincapié en su competencia técnica y conocimiento, mientras que la discusión económica aún está incipiente. La falta de un retorno de la inversión claramente definido podría verse como uno de los principales desafíos para las iniciativas de la Industria 4.0 para lograr la sostenibilidad.
Falta de estándares globales y protocolos de intercambio de datos	Para lograr el éxito en esto, las industrias deben seguir estándares globales y protocolos de intercambio de datos. Se ha notado que las industrias carecen de estándares y protocolos en las transferencias de datos al adoptar tecnologías modernas de interfaz de información orientadas a la sostenibilidad en las redes comerciales.
Falta de infraestructura y redes basadas en internet	La alta infraestructura, las instalaciones y tecnologías basadas en Tecnología de la Información son cruciales para la adopción efectiva de los conceptos de la Industria 4.0. La mala conectividad a Internet es una barrera que debe superarse para las iniciativas de la Industria 4.0.

Desafíos	Conceptos
Falta de competencia para adoptar / aplicar nuevos modelos de negocio	El sistema industrial actual necesita un entorno altamente personalizado y flexible para competir a nivel mundial. En este sentido, las industrias necesitan adoptar nuevos modelos de negocio. La integración de múltiples sistemas requiere un alto uso de datos, especialmente procesos de fabricación. El análisis industrial de big data aumenta la productividad de las empresas y la predicción de nuevos eventos que proporciona una base concreta para planificar nuevos proyectos.
Mala calidad de los datos existentes	La calidad de los datos es uno de los requisitos principales para tomar decisiones en la adopción exitosa de la Industria 4.0. El hecho de interconectar varias máquinas, sensores, sistemas de fabricación e instalaciones requiere el manejo de un alto volumen de información.
Falta de integración de plataformas tecnológicas	La integración de la tecnología es esencial para la comunicación efectiva y mayor productividad. Las industrias enfrentan dificultades para diseñar una interfaz flexible para integrar varios componentes heterogéneos.
Problema de coordinación y colaboración	La colaboración y la transparencia entre los miembros son importantes para comprender las políticas organizacionales al adoptar conceptos de la Industria 4.0 y mejorar la sostenibilidad de la cadena de suministro.
Temas de seguridad	Una de las características de Industria 4.0 es la capacidad de conectarse a través de entornos organizacionales, lo que tiene el potencial de hacer que la cadena de suministro sea más eficiente. Sin embargo, son vulnerables a los ataques cibernéticos.
Falta de apoyo y políticas gubernamentales	Las políticas y normas gubernamentales son cruciales para desarrollar la sostenibilidad de la cadena de suministro a través de la Industria 4.0. Claramente, hay una falta de directrices sobre la Industria 4.0 en la mayoría de las economías.
Restricciones financieras	En la industria 4.0, las restricciones financieras se consideran un desafío importante entre las organizaciones empresariales para desarrollar sus capacidades en términos la adquisición de equipos de alta tecnología.

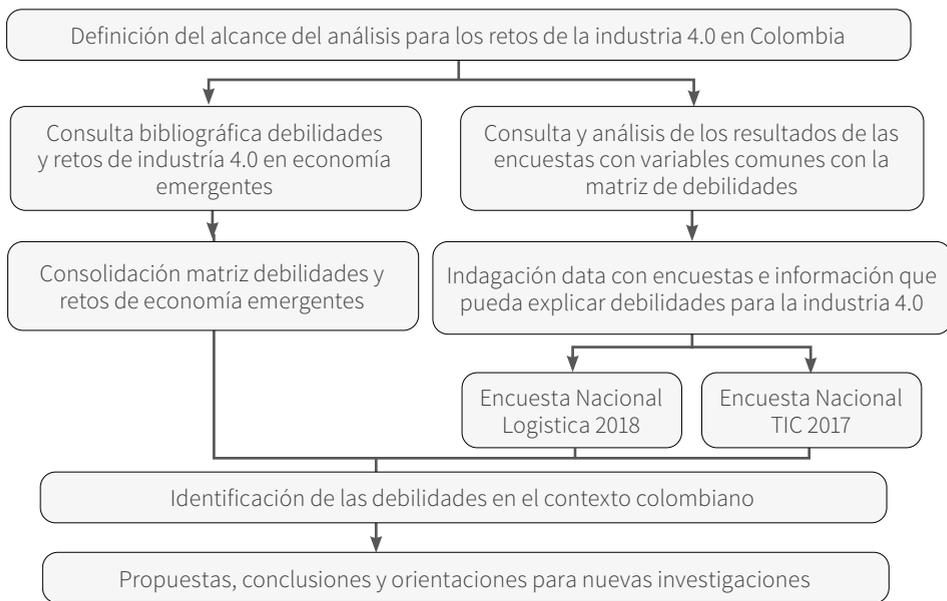
**Nota:** Descripción de los desafíos para la aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 en las economías emergentes. Tomado de: (Luthra y Mangla, 2018).

## METODOLOGÍA

Se realiza la consulta bibliográfica buscando identificar cuáles son los retos percibidos por diferentes autores en economías emergentes, en la implementación de las tecnologías de la industria 4.0, estableciendo una tabla con los retos y sus descripciones, para hacer comparaciones en el contexto colombiano, identificando las

debilidades y barreras para el contexto colombiano. De esta manera, se toma información reciente, teniendo en cuenta dos encuestas realizadas en los dos últimos años, la Encuesta Nacional Logística desarrollada por el Departamento Nacional de Planeación en 2018 y la Encuesta Nacional TIC de 2017 en Colombia. Basándose en las debilidades y barreras, en los resultados y los insumos se analizan los datos obtenidos mediante un esquema metodológico de revisión de información (Figura 12).

**Figura 12.** Esquema metodología y manejo de la información retos Industria 4.0 para el contexto colombiano.



**Nota:** Descripción de la metodología sugerida para el manejo de la información y los retos de la aplicación de la industria 4.0 en el contexto colombiano. Los autores (2021).

## RESULTADOS IDENTIFICADOS

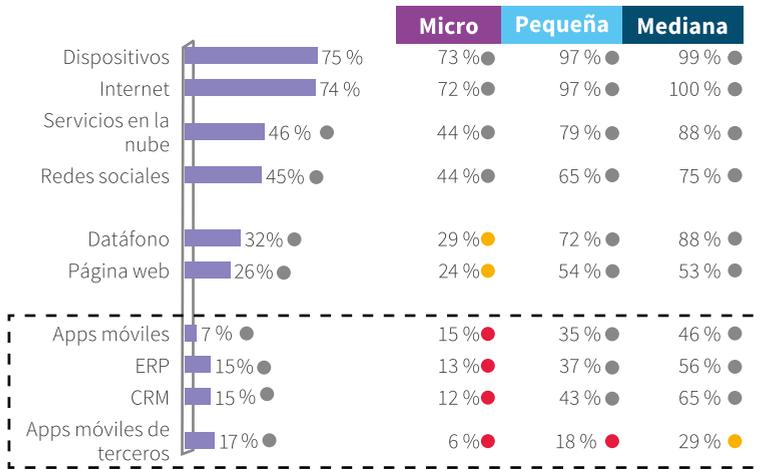
A partir de la revisión de las fuentes bibliográficas y los documentos de distintos gremios, se identifican algunas debilidades relacionadas con la investigación y desarrollo de la industria 4.0, legislación, estrategia en operaciones digitales, precepción de la industria 4.0 en economías emergentes (Tabla 15).

**Tabla 15.** Debilidades en economías emergentes

Debilidades	
Investigación y desarrollo en la adopción de la Industria 4.0	Falta de estándares globales y protocolos de intercambio de datos
Asuntos legales	Falta de infraestructura y redes basadas en internet
Visión y estrategia de operaciones digitales de la empresa	Falta de competencia para adoptar / aplicar nuevos modelos de negocio
Bajo apoyo de gestión y dedicación	Baja calidad de los datos existentes
Problemas de perfil y complejidad	Falta de integración de plataformas tecnológicas
Falta de cultura digital	Problema de coordinación y colaboración
Comportamiento renuente hacia la Industria 4.0	Temas de seguridad
Beneficio económico poco claro de las inversiones digitales	Falta de apoyo y políticas gubernamentales Restricciones financieras

**Nota:** Identificación de debilidades para la implementación de la industria 4.0 en las economías emergentes. Elaboración de los autores a partir de la revisión bibliográfica (2021).

De la encuesta de TIC se identifican algunas debilidades y aunque la tenencia de herramientas básicas es alta, *softwares* más especializados como CRM (15 %) y ERP (15 %) presentan menores niveles de tenencia en las microempresas un 13 % y en las pequeñas empresas en un 12 % (Figura 13).

**Figura 13.** Tenencia de tecnologías en la industria colombiana

**Nota:** Distribución de la tenencia de tecnología según la composición de empresas en Colombia. Encuesta Nacional TIC 2017.

En la encuesta TIC se encuentra analogía con las debilidades identificadas en las economías emergentes, destacándose la falta de integración de plataformas tecnológicas, como se refiere en la figura anterior. En el caso de las aplicaciones móviles (Apps), la tenencia de la industria según su composición representa para la mediana empresa un 46 %, la pequeña empresa un 35 % y la microempresa un 15 % evidenciando como uno de los retos la relevancia de la incorporación tecnológica.

La automatización en la industria se evidencia el 15 % de Sistemas de Información de requerimientos ERP al igual que los CRM. Con relación a la Encuesta Nacional Logística de 2018 en lo relacionado con el uso de tecnología, se identifica la existencia de herramientas para tener una mayor trazabilidad sobre los procesos, como un elemento central de la competitividad y la innovación, puntos clave en la economía global y en el papel cada vez más relevante en la logística para desempeño productivo. Se evidencia que un 93 % las empresas no utilizan tecnologías en los procesos de logística, aunque sí reconocen que las necesitan. Como el caso de la factura electrónica con un 21,9 %, el rastreo y seguimiento de pedidos (10,1 %) y la captura con código de barras (13,3 %), como lo describe la siguiente figura.

**Figura 14.** Empresas que no utilizan tecnologías en logística y las necesitan

<b>Empresas que no utilizan tecnologías en logística y las necesitan</b>	<b>No utiliza</b>	<b>No utiliza y necesita</b>
Rastreo y seguimiento de vehículos	87,8 %	8,3 %
Rastreo y seguimiento de pedidos	85,5 %	10,1 %
Sistemas y aplicativos de planificación de recursos empresariales -ERP	97,6 %	6,3 %
Sistemas y aplicativos de administración de transporte - TNS	97,2 %	3,8 %
Sistemas y/o aplicativos de administración de transporte - TMS	98,6 %	3,3 %
Pronósticos y/o planeación de demanda	97,9 %	6,9 %
Captura con código de barras	92,8 %	13,3 %
Captura con identificación de radio frecuencia -RFID	98,9 %	2,2 %
Intercambio electrónico de datos -EDI	92,1 %	3,8 %
Factura electrónica	86,6 %	21,9 %

**Nota:** Distribución de las tecnologías no utilizadas por las empresas en Colombia, aunque se reconocen como necesarias. Elaboración de los autores a partir de la Encuesta Nacional Logística DNP 2018 (Másmela *et al.*, 2018)

## CONCLUSIONES

Dentro de los desafíos en materia del desarrollo y transformación hacia una industria 4.0, se destacan diferentes grupos de interés tales como Gobierno, sector privado, academia y sociedad. De forma transversal se hacen relevantes, aspectos que impulsan como lo son la tecnología, la economía, la competitividad, el interés político, la innovación con cambios de negocio, la educación con investigación desde los diferentes actores interesados.

Con la información identificada en las encuestas, la tecnología se destaca dado que presenta cifras muy limitadas para garantizar un proceso escalonado a la implementación de procesos automatizados en la industria y de la utilización de sistemas informáticos especializados como los CRM y ERP en la industria colombiana.

## REFERENCIAS

---

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., y Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101(July), 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.comp-ind.2018.06.004>

Lu, Y. (2017). Journal of Industrial Information Integration Industry 4 . 0 : A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>

Luthra, S., y Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.018>

Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., ... Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621–641. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005>

Pereira, A. C., y Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>

Ray, S. R., y Jones, A. T. (2006). Manufacturing interoperability. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17(6), 681–688. <https://doi.org/10.1007/s10845-006-0037-x>

Roblek, V., Meško, M., y Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2). <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>

Shastri, A., Singh, S. R., y Gupta, S. (2015). Supply chain management under the effect of trade credit for deteriorating items with ramp-type demand and partial back-ordering under inflationary environment. *Uncertain Supply Chain Management*, 3(4), 339–362. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2015.6.001>

Zhou, K., Liu, T., y Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>