

# CADENA DE SUMINISTRO 4.0

Mejores Prácticas Internacionales y  
Hoja de Ruta para América Latina



Agustina Calatayud & Raúl Katz

**Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo**

Calatayud, Agustina.

Cadena de suministro 4.0: mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina / Agustina Calatayud, Raúl Katz.

p. cm. — (Monografía del BID ; 744)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Business logistics-Technological innovations-Latin America. 2. Freight and freightage-Latin America. 3. Logistics-Automation-Latin America. I. Katz, Raúl. II. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte. III. Título. IV. Serie.

IDB-MG-744

**Palabras clave:** tecnología, transporte, logística, cadena de suministro.

**Clasificaciones JEL:** 02, 03.

Copyright © 2019 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



# CADENA DE SUMINISTRO 4.0

Mejores Prácticas Internacionales y  
Hoja de Ruta para América Latina

Agustina Calatayud & Raúl Katz

# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN / 06

## 2. LAS CADENAS DE SUMINISTRO Y LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL / 09

- 2.1. Las cadenas de suministro / 10
- 2.2. La revolución tecnológica / 12
- 2.3. La cadena de suministro del futuro / 13
  - 2.3.1. IoT y digitalización / 13
  - 2.3.2. Inteligencia artificial / 14
  - 2.3.3. Automatización / 16
- 2.4. Una mirada hacia el futuro / 19
- 2.5. La necesidad de una transformación integral / 21

## 3. EXPERIENCIA DE ECONOMÍAS AVANZADAS EN LA TRANSICIÓN HACIA LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0 / 24

- 3.1. La empresa multinacional: locomotora de la transformación / 25
- 3.2. Proveedores de primer nivel / 28
- 3.3. Proveedores de segundo nivel y PyMEs / 28
- 3.4. Facilitadores de la cadena de suministro / 29
- 3.5. Proveedores de servicios logísticos / 30
- 3.6. Proveedores de transporte / 31
- 3.7. Nodos de entrada/salida e infraestructura de transporte / 32
- 3.8. Tecnología / 33

## 4. BUENAS PRACTICAS Y LECCIONES APRENDIDAS DE LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL / 35

- 4.1. Estrategias integrales para la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 / 36
  - 4.1.1. Programas de Industria 4.0 / 36
  - 4.1.2. Planes Logísticos / 38
  - 4.1.3. Planes y agendas digitales / 40
- 4.2. Apoyo a pequeñas y medianas empresas / 43
- 4.3. Estándares / 44
- 4.4. Colaboración multisectorial / 46
  - 4.4.1. Construcción conjunta de centros de transformación digital / 47
  - 4.4.2. Desarrollo conjunto de hojas de ruta o guías de transformación digital / 47
  - 4.4.3. Documentación de casos de uso para la aplicación de tecnologías digitales avanzadas / 47

## 5. LA TRANSICIÓN HACIA LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN AMÉRICA LATINA / 50

- 5.1. Estado actual / 51

- 5.2. Barreras del contexto regional / 54

- 5.3. Falta de conocimiento y capacidad de las PyMEs / 55

- 5.4. Limitaciones en los facilitadores de la cadena de suministro / 57

- 5.5. Falta de coordinación multisectorial / 59

## 6. ARGENTINA / 61

- 6.1. Contexto macro / 62

- 6.2. Preparación para la revolución tecnológica / 65

- 6.2.1. Preparación del sector público / 65

- 6.2.2. Preparación del sector privado / 66

- 6.3. Transformación digital en las cadenas de suministro / 67

- 6.3.1. Sector automotriz / 70

- 6.3.2. Sector de procesamiento de alimentos / 70

- 6.3.3. Sector textil / 70

- 6.3.4. Sector de electrodomésticos / 74

- 6.4. Facilitadores de la cadena de suministro / 74

- 6.4.1. Infraestructura / 74

- 6.4.2. Proveedores de servicios logísticos / 77

- 6.4.3. Aduana / 80

- 6.4.4. Proveedores de tecnología / 81

- 6.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro / 81

- 6.5.1. Políticas de apoyo a la innovación en las PyMEs manufactureras / 82

- 6.5.2. Programas de mejora de la infraestructura vial, ferroviaria y de telecomunicaciones / 83

- 6.5.3. Programas para promover el desarrollo de proveedores de tecnología / 83

- 6.5.4. Programas para mejorar la facilidad de hacer negocios / 84

## 7. BRASIL / 86

- 7.1. Contexto macro / 87

- 7.2. Preparación para la revolución tecnológica / 90

- 7.2.1. Preparación del sector privado / 90

- 7.3. Transformación digital en las cadenas de suministro / 92

- 7.3.1. Sector automotriz / 94

- 7.3.2. Sector de procesamiento de alimentos / 95

- 7.3.3. Sector textil / 97

- 7.3.4. Sector de electrodomésticos / 97

- 7.4. Facilitadores de la cadena de suministro / 97
  - 7.4.1. Infraestructura / 97
  - 7.4.2. Proveedores de servicios logísticos / 100
  - 7.4.3. Aduana / 102
- 7.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro / 103
  - 7.5.1. Políticas centradas en la transición a la Industria 4.0 / 103
  - 7.5.2. Políticas del apoyo a la innovación en las PyMEs manufactureras / 105
  - 7.5.3. Programas de mejora de la infraestructura vial, ferroviaria y de telecomunicaciones / 105

## 8. COLOMBIA / 107

- 8.1. Contexto macro / 108
- 8.2. Preparación para la revolución tecnológica / 110
  - 8.2.1. Preparación del sector público / 110
  - 8.2.2. Preparación del sector privado / 111
- 8.3. Transformación digital en las cadenas de suministro / 111
  - 8.3.1. Sector automotriz / 115
  - 8.3.2. Sector de procesamiento de alimentos / 115
  - 8.3.3. Sector textil / 117
  - 8.3.4. Sector de electrodomésticos / 117
- 8.4. Facilitadores de la cadena de suministro / 117
  - 8.4.1. Infraestructura / 118
  - 8.4.2. Proveedores de servicios logísticos / 118
  - 8.4.3. Aduana / 120
- 8.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro / 122
  - 8.5.1. Políticas de apoyo a la innovación manufacturera / 122
  - 8.5.2. Programas de mejora de la infraestructura vial, ferroviaria y de telecomunicaciones / 123
  - 8.5.3. Programas y planes para la mejora de la logística / 123
  - 8.5.4. Programas para mejorar la facilidad de hacer negocios / 124

## 9. MÉXICO / 126

- 9.1. Contexto macro / 127
- 9.2. Preparación para la revolución tecnológica / 129
  - 9.2.1. Preparación del sector público / 130
  - 9.2.2. Preparación del sector privado / 130
- 9.3. Transformación digital en las cadenas de suministro / 130
  - 9.3.1. Sector automotriz / 134
  - 9.3.2. Sector de procesamiento de alimentos / 134

- 9.3.3. Sector textil / 134
- 9.3.4. Sector de electrodomésticos / 135

## 9.4. Facilitadores de la cadena de suministro / 135

- 9.4.1. Infraestructura / 137
- 9.4.2. Proveedores de servicios logísticos / 137
- 9.4.3. Aduanas / 142

## 9.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministros / 143

- 9.5.1. Políticas de apoyo a la innovación manufacturera / 143
- 9.5.2. Programas de mejora de la infraestructura vial, ferroviaria y de telecomunicaciones / 145
- 9.5.3. Programas y planes para la mejora de logística / 145
- 9.5.4. Programas para mejorar la facilidad de hacer negocios / 145

## 10. PARAGUAY / 147

- 10.1. Contexto macro / 148
- 10.2. Preparación para la revolución tecnológica / 149
  - 10.2.1. Preparación del sector público / 150
  - 10.2.2. Preparación del sector privado / 151
- 10.3. Transformación digital en las cadenas de suministro / 151
- 10.4. Facilitadores de la cadena de suministro
  - 10.4.1. Infraestructura / 152
  - 10.4.2. Proveedores de servicios logísticos / 154
  - 10.4.3. Aduana / 154
- 10.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro / 157

## 11. ACELERANDO LA TRANSICIÓN HACIA LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN AMÉRICA LATINA / 161

- 11.1. Implementar las mejores prácticas de los sectores líderes / 162
- 11.2. Responder a los desafíos del contexto regional / 163
- 11.3. Apoyar a las PyMEs / 164
- 11.4. Digitalizar los facilitadores de la cadena de suministro / 165
- 11.5. Desarrollar marcos integrales de política pública / 166
- 11.6. El camino futuro / 167

## REFERENCIAS / 170

## INSTITUCIONES Y EMPRESAS ENTREVISTADAS / 175

**1**

# INTRODUCCIÓN

Esta monografía presenta de manera comprehensiva los resultados de una iniciativa llevada adelante por el Banco Inter-Americano de Desarrollo y el Foro Económico Mundial, para estudiar el grado de preparación de los países de América Latina para impulsar la transformación digital de la cadena de suministro<sup>1</sup>. Como se demuestra a lo largo del documento, la transformación digital de la cadena de suministro o Cadena de Suministro 4.0 constituye un aspecto clave para que los países de la región transiten hacia la Cuarta Revolución Industrial. En ese contexto, el estudio estuvo guiado por tres objetivos: 1) identificar la experiencia, lecciones aprendidas y mejores prácticas en la transformación digital de la cadena de suministro en economías avanzadas; 2) evaluar el nivel de preparación de América Latina para encarar dicho proceso de transformación, y 3) presentar una serie de recomendaciones para acelerar este proceso en la región.

Este estudio fue llevado adelante en el curso de 2018 y estuvo estructurado en tres fases. En primer lugar, se realizaron más de 100 entrevistas para analizar la experiencia de transformación digital de la cadena de suministro en economías avanzadas, así como para identificar mejores prácticas y lecciones aprendidas para avanzar en este proceso. Los entrevistados incluyeron empresarios, responsables en la implementación de políticas públicas e investigadores en Asia, Europa y Estados Unidos<sup>2</sup>. En segundo lugar, se realizó un intenso programa de entrevistas de representantes de los sectores público, privado y académico en cinco países de la región: Argentina, Brasil, Colombia, México y Paraguay, enfocándose en particular en el análisis de la transformación digital de cuatro cadenas: automotriz, procesamiento de alimentos, electrodomésticos y textil. Esta evaluación fue complementada con un análisis detallado del estado de facilitadores de la cadena de suministro en cada país, incluyendo infraestructura de transporte y de telecomunicaciones, aduanas y nodos de entrada y salida del comercio internacional. Para ello, se revisaron más de 50 estudios que se complementaron con entrevistas a nivel país. A partir de la evaluación de la situación en la región y el análisis de la experiencia internacional, se formularon recomendaciones para acelerar la transformación digital de las cadenas de suministro. Estas recomendaciones fueron debatidas en talleres de trabajo con representantes de sectores público, privado y académico, realizados en Buenos Aires, Bogotá, San Pablo y Ciudad de México, culminando en una presentación de resultados finales

en una reunión internacional realizada en Bogotá en febrero de 2019<sup>3</sup>.

El surgimiento y convergencia de las nuevas tecnologías que dan lugar a la Cuarta Revolución Industrial abre la puerta a una transformación radical y sin precedente del funcionamiento de los entramados productivos, en cuyo centro se encuentran las cadenas de suministro. La particularidad de esta Cuarta Revolución Industrial es, ante todo, la magnitud y el alcance de la transformación posible, que permite no solo mejoras incrementales de productividad dentro de la lógica de negocio actual, sino también un replanteo integral de tales modelos y los modos de relacionamiento a lo largo de las cadenas de suministro. Es así como las empresas líderes de todas las latitudes, conscientes de la necesidad y potencialidad de la transformación, comienzan —con distintos niveles de claridad y capacidad— a avanzar en el proceso de transformación digital para competir en la nueva economía, siendo a su vez locomotoras de transformación de sus propias cadenas.

Dado que la transformación digital requiere, ante todo, poseer una gran capacidad técnica, financiera y de capital humano para apalancar la evolución y adaptación a la nueva economía, quienes se encuentran más preparados para afrontar este desafío son las empresas más sofisticadas y aquellas localizadas en países que poseen una competitividad sistémica mayor. Al mismo tiempo, esto representa un riesgo para una diversidad de empresas que, formando parte de las mismas cadenas de suministro, no poseen la capacidad de adaptarse y, en consecuencia, podrían ser sustituidas por otras con mayor grado de avance tecnológico. Asimismo, la capacidad de estas empresas no depende únicamente de su propia sofisticación, sino también de la de las condiciones macroeconómicas de la geografía donde se encuentran localizadas y las condiciones microeconómicas de su entramado. Por el potencial disruptivo del nuevo contexto productivo internacional, la transformación digital debería ser un aspecto de central preocupación para los gobiernos de la región, sus empresas líderes y sus pequeñas y medianas empresas.

Así, la conclusión fundamental del estudio es que la transformación digital de la cadena de suministro en América Latina pasa por cinco ejes de trabajo:

- Apalancar el efecto tractor de los sectores industriales líderes (empresas multinacionales e indus-

trias que forman parte de cadenas de suministro globales, tales como la automotriz) para generar efectos de derrame (*spillover*) sobre el conjunto de la economía;

- Reconocer y afrontar los desafíos específicos de la región, que actúan como un desincentivo a la transformación digital (por ejemplo, la falta de suficiente capital humano especializado);
- Incentivar la adopción de tecnologías por parte de las pequeñas y medianas empresas;
- Acelerar el desarrollo tecnológico de los facilitadores de las cadenas de suministro, lo que incluye a las vías de transporte, los nodos de entrada y salida de mercancías (puertos, aeropuertos) y las agencias aduaneras; y
- Construir un marco integrado de políticas públicas para coordinar la transformación digital de la cadena de suministro, incluyendo los múltiples actores y procesos que participan en ella.

El estudio comienza analizando el contexto disruptivo en el que se inserta la transformación digital de la cadena de suministro (Capítulo 2). El capítulo 3 presenta la experiencia de economías avanzadas en el proceso de transformación digital. El capítulo 4 detalla la situación en América Latina. Los capítulos 5 a 10 analizan el grado

de preparación para la transformación digital en cinco países de la región: Argentina, Brasil, Colombia, México y Paraguay. Finalmente, el capítulo 11 presenta las recomendaciones de acciones futuras, sobre la base del análisis regional y la experiencia de países avanzados.

Los autores agradecen a los participantes de las entrevistas y *workshops* realizados en América Latina; a Julián Dorr y Silvia Barrantes, por su asistencia en la investigación relacionada con este documento; así como también a Luciana Pagani, quien brindó valiosos comentarios como revisora externa. La edición gráfica estuvo a cargo de Valmore Castillo. Esta monografía toma como base y amplía los resultados contenidos en el White Paper: “*Supply Chain 4.0: Global Practices and Lessons Learned for Latin America and the Caribbean*”, a cargo de Agustina Calatayud, Raúl Katz, Francisco Betti y Wolfgang Lehmaher y disponible en: <https://www.weforum.org/whitepapers/supply-chain-4-0-global-practices-and-lessons-learned-for-latin-america-and-the-caribbean-c4ffe6b1-b2f0-44f1-8b1d-c740cc11ca6f>

---

#### NOTAS:

1. Calatayud, A., Katz, R., Betti, F. and Lehmaher, W. (2019), *Supply Chain 4.0: Global Practices and Lessons Learned for Latin America and the Caribbean*, disponible en: <https://www.weforum.org/whitepapers/supply-chain-4-0-global-practices-and-lessons-learned-for-latin-america-and-the-caribbean-c4ffe6b1-b2f0-44f1-8b1d-c740cc11ca6f> (consultado 8 de agosto de 2019).
2. Ver lista de instituciones, empresas y entes gubernamentales entrevistados en el anexo.
3. “*América Latina 2030: Construyendo las cadenas de suministro del futuro*” (12 y 13 de febrero, 2019)

# 2

## LAS CADENAS DE SUMINISTRO EN LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

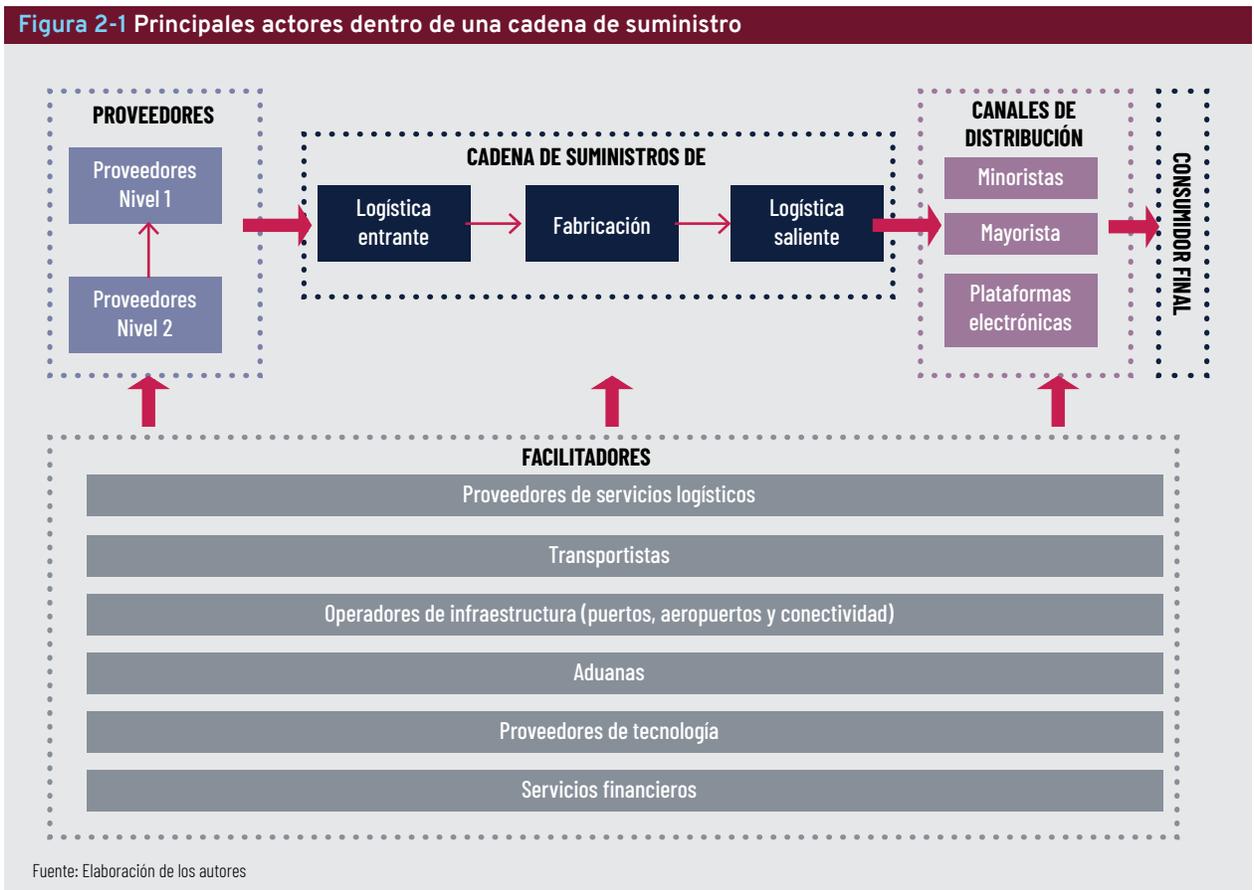
Las cadenas de suministro constituyen la columna vertebral de la economía moderna. Mientras que, en los últimos años, la multiplicidad de actores y procesos involucrados en las mismas ha incrementado la complejidad en la gestión y, con ello, la probabilidad de interrupciones, las nuevas tecnologías prometen generar ganancias sin precedentes en materia de eficiencia. Este capítulo aborda la importancia de las cadenas de suministro, sus principales características y las tecnologías con potencial de revolucionar la gestión de las mismas. Estas tecnologías surgen en el marco de la Cuarta Revolución Industrial y, para que generen los beneficios esperados, deben ser adoptadas por los diferentes actores y procesos que conforman una cadena de suministro.

### 2.1. Las cadenas de suministro

En la economía moderna, las actividades productivas se organizan en cadenas de suministro. Estas comprenden al conjunto de actividades que abarca desde el diseño de un producto o servicio, hasta su entrega o prestación a los consumidores finales. Para ilustrar el concepto de cadena de suministro, puede utilizarse un ejemplo sim-

ple, como lo es el de un paquete de café adquirido en el supermercado. Para que el paquete de café haya podido llegar al supermercado, ha sido necesaria la sucesión de una serie de procesos, incluyendo —entre otros— el cultivo del café; su cosecha, tostado y molido; su envasado y almacenado; varios trayectos de transporte domésticos e internacionales; y su distribución al comerciante (mayorista y/o minorista) que, en este caso, es el supermercado. Este ejemplo muestra que en las cadenas de suministro interviene un complejo entramado de actores, cuya coordinación es clave para que un producto llegue a los consumidores en el tiempo y lugar por ellos requeridos.

Así, como es evidenciado en la Figura 2-1, el desempeño de una cadena de suministro depende de múltiples actores, incluyendo no sólo a los proveedores de insumos, las empresas manufactureras y los canales de comercialización, sino también a los actores que facilitan el flujo de productos e información a lo largo de la cadena. Para su funcionamiento armónico, se requieren tanto prestadores de servicios logísticos, financieros y de tecnología, como instituciones públicas que faciliten el desarrollo de la infraestructura y la construcción de



un clima de negocios funcional a un buen desempeño de tales cadenas. Esta interdependencia entre los diferentes actores de una cadena de suministro determina que no sea suficiente que uno o algunos de sus actores alcancen un buen desempeño. En contraposición, con las funciones de diseño, fabricación y distribución de un producto diseminadas entre varios de los actores, la competitividad de una cadena es tan fuerte como el desempeño del más débil de sus actores.

Los principales actores que participan en una cadena de suministro incluyen a:

- **Proveedores de insumos de primer y segundo nivel.** Los proveedores de primer nivel son quienes abastecen de insumos directamente a las grandes empresas manufactureras. Los de segundo nivel son quienes abastecen de insumos a las empresas proveedoras de primer nivel, constituyéndose así en proveedores indirectos de las grandes empresas manufactureras.
- **Empresas manufactureras.** Normalmente, son empresas de gran tamaño y pertenecientes a diferentes industrias como, por ejemplo, automotriz, alimentación o textil. Para llegar a un producto final, estas empresas utilizan diferentes insumos en su proceso de transformación, los cuales son suplidos por proveedores de primer nivel.
- **Mayoristas y minoristas.** Se trata de empresas en el sector de la comercialización que canalizan los productos de empresas manufactureras hacia los consumidores finales.
- **Proveedores de servicios logísticos, empresas de transporte y operadores de infraestructura.** Esto incluye a las empresas que facilitan el movimiento físico de insumos y productos finales por diferentes modos de transporte (carretero, marítimo, aéreo, férreo) y que brindan servicios de almacenamiento, embalaje y gestión de inventario. En este documento, los tres actores se presentan de manera separada, para un análisis más exhaustivo del estado de transformación digital. Así, los proveedores de servicios logísticos abarcan *freight forwarders* y empresas que brindan todo tipo de servicios logísticos (i.e. almacenamiento, gestión de inventario), mientras que los transportistas se refieren exclusivamente a las empresas que brindan servicios de transporte por carretera.

- **Organismos de control.** Se refiere a las instituciones del sector público que intervienen en el movimiento de mercancías, especialmente las de importación y exportación, a fin de asegurar que cumplan con la normativa nacional e internacional vigente en cuanto a condiciones arancelarias, de seguridad, sanitarias y fitosanitarias.
- **Proveedores de tecnología.** Incluye a empresas que proveen sistemas y tecnologías para la gestión digital de procesos y/o su automatización.
- **Proveedores de servicios financieros.** Incluye a bancos y entidades financieras que facilitan el acceso a financiamiento de inversión y de capital circulante para las empresas de la cadena de suministro, mediante instrumentos tales como préstamos, *factoring*, garantías y *leasing*.

Dada la segmentación de procesos y la multiplicidad de actores que participan en una cadena de suministro, la correcta orquestación de todos ellos requiere de un alto grado de visibilidad. Ello se refiere a la capacidad de los actores de una cadena de compartir información correcta y a tiempo sobre el estado de los diferentes procesos. El incremento de la visibilidad en una cadena de suministro es la base para mejorar la coordinación de procesos y actores. Entre los beneficios de una mayor visibilidad y coordinación se cuentan mejor control de inventario, mayor utilización de recursos y equipos, reducción de costos y tiempos en los diferentes procesos, mejor monitoreo de la demanda y reacción más rápida a los cambios en la misma, mayor flexibilidad logística y mejores resultados financieros (Calatayud, 2017).

La creciente complejidad de las cadenas de suministro hace aún más necesario aumentar los niveles de visibilidad y coordinación de procesos y actores. La mayor complejidad se evidencia a diferentes niveles: (i) complejidad de la red, por el incremento de actores en la cadena y de vínculos entre ellos; (ii) complejidad de los procesos, por el aumento de los mismos; (iii) complejidad del producto, por su mayor número de componentes; (iv) complejidad de la demanda, por el incremento de la volatilidad y fragmentación; y (v) complejidad organizacional, por el mayor número de niveles involucrados y su tendencia a trabajar en silos (Christopher y Holweg, 2011). Como se verá en la sección 2.3, las nuevas tecnologías digitales pueden generar incrementos sin precedentes en la visibilidad, coordinación y desempeño de una cadena de suministro.

## 2.2 La revolución tecnológica

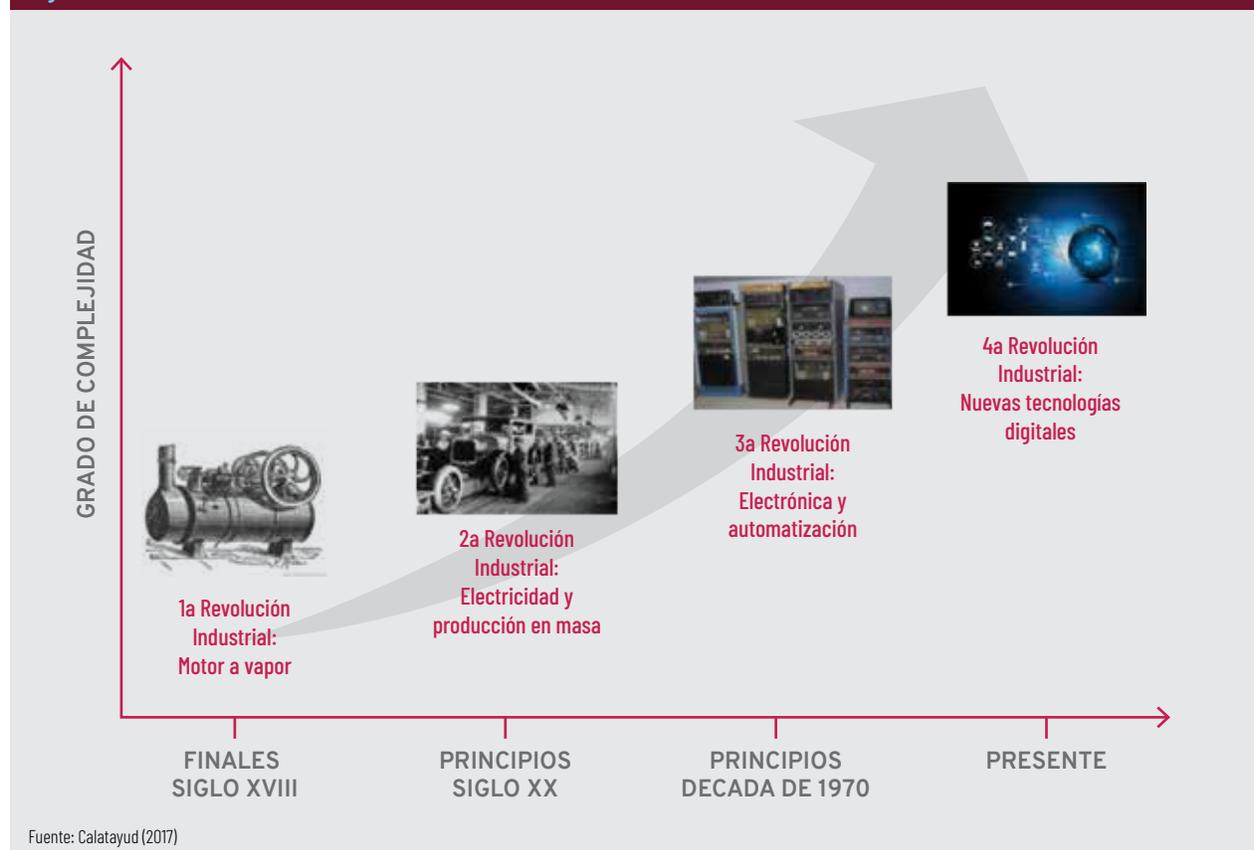
Los desarrollos tecnológicos de la última década, con importantes avances en áreas como el *big data*, la inteligencia artificial, la robótica, el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) y la impresión 3D, han dado origen a la denominada Cuarta Revolución Industrial ¿Cuál es la diferencia entre esta y las revoluciones industriales anteriores? Mientras que la Primera Revolución Industrial se caracterizó por la aplicación de máquinas vapor en la producción, la Segunda utilizó la electricidad para posibilitar la producción de masa y la Tercera empleó la informática para automatizar procesos, la Cuarta Revolución industrial se basa en un avance sin precedentes en tecnologías digitales convergentes, comenzando a erosionar los límites entre los espacios físicos y digitales, con la posibilidad de crear beneficios económicos significativos (Schwab, 2016) (Figura 2-2).

Dentro de las principales tecnologías que caracterizan a la Cuarta Revolución Industrial, la literatura dis-

ponible coincide en identificar a las siguientes (Katz et al., 2017):

- **Internet de las Cosas (IoT):** se refiere al conjunto de sensores, dispositivos y redes que conectan objetos con sistemas de computación (McKinsey, 2015). De esta manera, los objetos pueden generar información sobre sí mismos y el entorno en el que se encuentran. Las aplicaciones de IoT están creciendo aceleradamente en diferentes industrias, desde la salud (por ejemplo, mediante dispositivos que monitorean el ritmo cardíaco o el nivel de azúcar en la sangre y envían alertas a usuarios si existen variaciones fuera de los rangos normales) a la agricultura (como los dispositivos de agricultura de precisión que monitorean la humedad y la temperatura de cultivos y generan información sobre el estado de los mismos).
- **Análisis de *big data*:** se refiere a la capacidad de procesar bases de datos muy extensas, a fin de encontrar patrones entre los datos, como correlaciones o relaciones de causalidad. Esta tecnología

Figura 2-2 Las Revoluciones Industriales



se encuentra ampliamente extendida en sectores como el marketing digital y el comercio electrónico, los cuales utilizan la “huella digital” de los usuarios de internet (la información sobre historiales de búsqueda, compras y características demográficas, entre otras) para adecuar los anuncios publicitarios a las preferencias de tales usuarios.

- **Inteligencia artificial/machine learning:** *machine learning* es una aplicación de inteligencia artificial que, mediante determinados algoritmos, permite que un ordenador aprenda rutinas sin estar necesariamente preprogramadas. A medida que los algoritmos son aplicados en el análisis de información, van “aprendiendo” y cambiando su comportamiento. Los ejemplos más comunes de utilización de *machine learning* son los vehículos autónomos, las recomendaciones de productos en plataformas electrónicas como Amazon o Netflix, o la detección de fraude en la utilización de una tarjeta de crédito.
- **Robótica:** se trata de la aplicación de tecnologías digitales a procesos manuales repetitivos, permitiendo su automatización. La robótica está ampliamente presente en la producción masiva, como la automotriz y la electrónica, así como también en la gestión de almacenes y, recientemente, en la conducción autónoma.
- **Impresión 3D:** es la tecnología que permite la creación de objetos mediante la impresión sucesiva de capas de material que se adhieren para dar forma al objeto, según el diseño digital del mismo. Esta tecnología es cada vez más utilizada en el diseño de productos (por ejemplo, los ortopédicos) y en las empresas que producen partes específicas para industrias como la electrónica o la automotriz.

### 2.3. La cadena de suministro del futuro

La aplicación de las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial en los diferentes procesos de una cadena de suministro puede denominarse “Cadena de Suministro 4.0”. Estas cadenas se caracterizan por un alto nivel de interconexión entre los ámbitos físicos y digitales, donde los sensores de IoT permiten recolectar y transmitir información en tiempo real a lo largo de toda la cadena, y la analítica de *big data*, la inteligencia artificial y la computación en la nube hacen posible tomar decisiones de manera simultánea para diferentes procesos, a fin de

optimizar el desempeño global de la cadena en tiempo real. Por su parte, la automatización y robotización facilitan la implementación de decisiones sin que sea necesaria la intervención humana. Como se verá a continuación, con la convergencia de las tecnologías de IoT, inteligencia artificial, automatización y computación en la nube, y su aplicación a las cadenas de suministro, se espera lograr ganancias enormes en tiempos, costos, agilidad y gestión de riesgos, entre otros elementos claves del desempeño de las cadenas de suministro.

#### 2.3.1 IoT y digitalización

La difusión de IoT y la digitalización de procesos otrora realizados manualmente generarán beneficios sin precedentes. En efecto, con más de 50.000 millones de sensores de IoT funcionando en 2020, la “conectividad” entre empresas —la capacidad de compartir información en tiempo real— crecerá exponencialmente (Calatayud, 2017). Esto será clave para mejorar el desempeño de cadenas cuyos procesos se encuentran altamente fragmentados entre un gran número de actores. Por ejemplo, los sensores instalados en una botella pueden transmitir información sobre su temperatura, tiempo y localización, favoreciendo el control de calidad y de inventario a lo largo de toda la cadena. Los sensores emplazados en camiones pueden proveer información al gestor de la flota y a sus clientes sobre consumo de combustible, velocidad, localización y potenciales fallos que requieran un mantenimiento preventivo del vehículo. Un montacargas “conectado” puede generar datos sobre el inventario y transmitirlos en tiempo real tanto al gestor del almacén, como a sus usuarios, para asegurar una administración óptima de los materiales y productos en tránsito.

Ninguno de estos elementos —botellas, motores o montacargas— han estado tradicionalmente conectados a los sistemas de información (DHL, 2015). Ahora, a través de IoT, estos elementos pueden comenzar a generar y transmitir una enorme cantidad de datos que son críticos para monitorear el estado de las cadenas de suministro. En particular, pueden incrementar la visibilidad a lo largo de toda la cadena, permitiendo a sus actores tomar decisiones con información más precisa, reaccionar en tiempo real a cualquier cambio o desvío de lo planeado, minimizar el riesgo de interrupciones y satisfacer una demanda que es cada vez más volátil. Estudios disponibles muestran que las empresas que han invertido en tecnología IoT han podido reducir sus

### Recuadro 2-1: Digitalización de *freight forwarders* y transporte de carga

Un caso notable en los últimos años es el de Uber Freight. Uber Freight entró en el mercado en 2017, creció casi un 450% en 2018 y constituye la aplicación más popular en este segmento tecnológico, con una cuota de mercado de aproximadamente 30%<sup>4</sup>. Una plataforma disponible en la región es CargoX, que surgió en 2011 como punto de vinculación (*matching*) entre oferta y transporte de carga en Brasil. Por su parte, la empresa californiana Flexport se creó como un verdadero *freight forwarder* virtual, ofreciendo servicios de transporte carretero, marítimo, aéreo y ferroviario. Hacia 2018, la empresa tenía 10.000 clientes, proveedores en 110 países e ingresos por US\$ 441 millones de dólares.

inventarios en hasta 30%, incrementado el cumplimiento de órdenes en hasta 7% y aumentado sus ingresos en hasta 15% (DHL, 2015). Asimismo, se espera que, hacia 2025, la implementación de IoT a gran escala en la gestión de operaciones de cadena de suministro genere ahorros cercanos a los USD \$7 billones a nivel mundial (McKinsey, 2015).

Diferentes plataformas digitales han surgido para analizar y compartir el big data generado por los sensores de IoT a lo largo de la cadena de suministro. Un ejemplo de esto es la plataforma *Predix* de General Electric, que permite optimizar los procesos industriales a través del uso de *big data* y la aplicación de inteligencia artificial. La plataforma se encuentra en la "nube", facilitando la conexión de los equipos industriales que cuenten con IoT y la transmisión de datos generados por los mismos. Otros ejemplos en este sentido son las plataformas *Azure* de Microsoft y *Watson* de IBM, con foco integral en los diferentes procesos de la cadena de suministro, más allá del proceso de fabricación.

Adicionalmente, existe una tendencia creciente hacia la digitalización de procesos como los de *freight forwarding* y gestión aduanera. Por ejemplo, la plataforma *One Touch* de Alibaba ofrece a sus clientes la posibilidad de contratar por este medio toda la gestión de importación o exportación e, inclusive, reservar espacio en contenedores de las navieras Maersk y CMA CGM. Otras plataformas tienen como objetivo facilitar la contratación de servicios logísticos y de transporte, poniendo a disposición de los usuarios la información sobre precios y servicios ofrecidos por diferentes operadores, para facilitar así su comparación e incrementar la transparencia y competencia en el sector (ver Recuadro 2-1).

#### 2.3.2 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial es una de las tecnologías con mayor capacidad de transformación de los procesos

que integran las cadenas de suministro. Mediante la implementación de algoritmos aplicados a la captura masiva de datos, provenientes de múltiples fuentes vinculadas a las actividades de todos los agentes participantes en la cadena, será posible alcanzar un nuevo umbral en los niveles de servicio y en la eficiencia operacional de estas cadenas. La implementación de estas tecnologías en el marco de una estrategia amplia de transformación de la cadena de suministro permitirá mejorar radicalmente procesos claves en una cadena, como son la predicción de demanda; la gestión de *order fulfillment*; la gestión logística en depósitos, plantas y puertos integrados e inteligentes; la distribución y gestión del transporte, entre otros.

En los últimos años, el concepto de *Process Mining* ha surgido como uno de los mecanismos de aplicación de inteligencia artificial para la mejora y gestión de procesos de cadena de suministro. Este tipo de solución permite, a partir del uso del *big data* y la aplicación de inteligencia artificial, identificar desvíos sobre los procesos estándar, predecir resultados no deseados y prescribir el curso óptimo de acción. El uso de esta metodología está permitiendo alcanzar umbrales de productividad antes impensados.

La implementación de algoritmos de inteligencia artificial sobre los trillones de datos generados por los sensores de IoT y el *big data* recabado por otros sistemas permitirá mejorar radicalmente las predicciones de demanda. En efecto, disminuir los errores de predicción es uno de los problemas más importantes en la gestión de cadenas de suministro, ya que de él depende la eficiencia de prácticamente todos los demás procesos, incluida la sostenibilidad financiera de las empresas que participan en la cadena (ver Recuadro 2-2). Empresas entrevistadas a nivel internacional sostienen haber reducido su inventario en hasta un 75%, sus costos de almacenamiento entre 15% y 30% y sus costos administrativos en hasta 80% (McKinsey, 2018). Otra área donde

## Recuadro 2-2: Nuevas tecnologías para reducir el “bullwhip effect”

Uno de los riesgos más importantes y costosos en la gestión de una cadena de suministro es el denominado “bullwhip effect”, que ocurre cuando la información sobre la demanda del consumidor es distorsionada a medida que se transfiere desde el minorista a los actores que se encuentran más arriba en la cadena. Esta distorsión puede llevar a tomar decisiones muy costosas en materia de inventario, producción y distribución (por ejemplo, producir más de lo realmente demandado). En este sentido, no sorprende que alrededor del 80% de las grandes empresas mencionen a la falta de información confiable como una de sus mayores preocupaciones (Calatayud, 2017). Nuevas tecnologías como IoT, *big data* e inteligencia artificial pueden ayudar a mitigar este riesgo, mediante la estimación más precisa de la demanda futura. La inteligencia artificial permite analizar una gran cantidad de información de manera casi simultánea a cuando es producida y transmitida vía IoT, sobre las múltiples y complejas interacciones que determinan el nivel de demanda de un producto específico. La mayor conectividad en la cadena de suministro permite que esta información, ahora más confiable, sea transmitida en tiempo real, reduciendo así las distorsiones también creadas por retrasos en la comunicación.

la inteligencia artificial puede contribuir es en la predicción de las necesidades de mantenimiento de equipos, permitiendo mejorar la planificación de procesos como los de producción y transporte, y evitando las interrupciones que puedan generarse por la falla de equipos.

En general, la gestión de una cadena de suministro es un proceso complejo y, frente a los modelos matemáticos tradicionales, los algoritmos de inteligencia artificial que replican modelos basados en la naturaleza —como los algoritmos genéticos y las redes neuronales— han demostrado tener mejor poder de explicación y predicción. Hay numerosos ejemplos de ello en la literatura académica, tanto para la solución de problemas específicos en la gestión de una cadena de suministro (i.e. enrutamiento de vehículos, localización de inventario y selección de proveedores), como para la solución de múltiples problemas que ocurren de manera simultánea (i.e. optimización de inventario y de estrategia de distribución al mismo tiempo) (Calatayud et al., 2018). A medida que la disponibilidad de datos aumenta, la inteligencia artificial se convertirá en una tecnología indispensable para la gestión de toda cadena de suministro (Merlino and Spröge, 2017).

Existen diferentes procesos donde la inteligencia artificial ya está siendo utilizada. Los sensores de IoT y la inteligencia artificial transforman a la infraestructura y equipos logísticos en “inteligentes”. Millones de datos generados en tiempo real son analizados por algoritmos que los convierten en información muy valiosa, tanto para sus propietarios y como para los usuarios de infraestructura y servicios. Por ejemplo, los datos generados por sensores instalados en bahías de carga y des-

carga, así como en parqueos en instalaciones logísticas y portuarias, pueden ser utilizados para informar a los operadores logísticos acerca de parqueos disponibles, rutas para llegar a los mismos y costo estimado. Adicionalmente, los datos generados por sensores y cámaras de video instaladas en calles y carreteras pueden ser utilizados para enviar información a los vehículos sobre niveles de congestión y rutas óptimas para alcanzar su destino. También, pueden ser empleados por los gestores de la infraestructura para determinar precios por congestión u otras decisiones que optimicen el uso de la infraestructura (ver Recuadro 2-3).

En materia de logística, desde 2013 empresas como Amazon están utilizando la inteligencia artificial para reducir el tiempo de entrega de productos adquiridos vía comercio electrónico. Los algoritmos construyen el perfil de un comprador sobre la base de su historial de compras, búsquedas realizadas, características demográficas, localización, etc. A partir de este perfil, los algoritmos realizan predicciones sobre qué compras realizará el consumidor en el futuro. Estos productos son enviados a almacenes más cercanos al consumidor para que, cuando se efectúe la compra, puedan ser entregados inmediatamente. La utilización de esta tecnología será clave para satisfacer una demanda creciente que requiere entregas rápidas y a bajo o sin costo. En este sentido, mientras que actualmente las entregas en el mismo día representan el 5% de las entregas de Amazon, se espera que hacia 2025 lleguen al 15% (McKinsey, 2018).

A pesar del reconocimiento del impacto que esta tecnología tendrá en la cadena de suministro, en la mayor

### Recuadro 2-3: Nuevas tecnologías y gestión de la infraestructura

Ejemplos internacionales muestran las ganancias de eficiencia derivadas de la utilización de sensores e infraestructura conectada. En la ciudad china de Guangzhou, el empleo de semáforos inteligentes que se ajustan a los niveles de tráfico redujo la congestión en un 9%. En Australia, la instalación de sensores para la gestión de tráfico en rampas de entrada y salida de autopistas incrementó la velocidad en horas pico entre un 35% y 60%. En Los Ángeles, la utilización de sensores, cámaras de video y un sistema de procesamiento de *big data* para la gestión central de tráfico permitió sincronizar 4.500 semáforos a fin de responder mejor a los volúmenes de tráfico de la ciudad. Ello redundó en un aumento del 16% de la velocidad promedio (BID, 2019).

parte de las industrias los niveles de adopción aún son insipientes. De una encuesta recientemente realizada por McKinsey<sup>5</sup> a mil ejecutivos a nivel global, solo el 8% declara estar participando de iniciativas de inteligencia artificial aplicada a procesos clave como parte de una estrategia comprensiva de transformación del negocio y de la cadena de suministro. En cambio, la mayoría de los ejecutivos dan testimonio de pilotos aplicados a procesos o tareas puntuales.

Asimismo, el nivel de digitalización de los distintos sectores de la economía también resulta ser un factor determinante para la adopción de inteligencia artificial en una cadena de suministro. De acuerdo al Índice de Inteligencia Artificial desarrollado por McKinsey<sup>6</sup>, entre los sectores más avanzados pueden mencionarse el automotriz, de servicios financieros, de bienes de consumo y de logística y transporte.

#### 2.3.3 Automación

Las tecnologías de sensores e inteligencia artificial son clave para la automatización —otra de las características de las Cadenas de Suministro 4.0. La automatización en el proceso de manufactura se ha incrementado en las últimas décadas, encontrando hoy plantas donde la mayoría de las tareas son realizadas por robots. Los robots reemplazan las tareas repetitivas, sucias y peligrosas. Mientras tanto, la mano de obra se focaliza en procesos con mayor valor agregado.

Por su parte, la automatización promete revolucionar a la logística y el transporte en todos sus modos. Entre los principales avances se cuentan:

##### Platooning

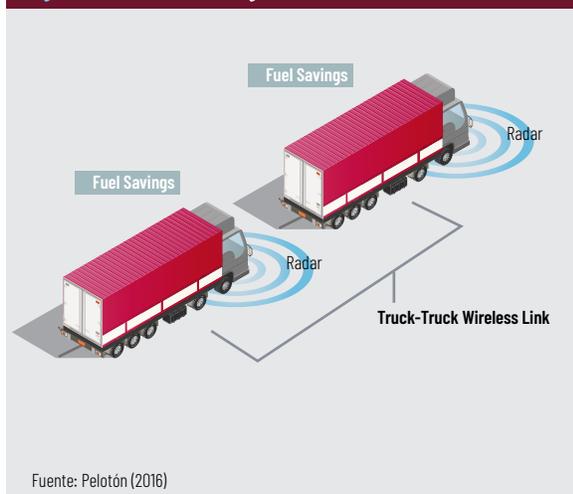
Ello se refiere a la tecnología que utiliza conexiones inalámbricas combinadas con *Adaptive Cruise Control*

para formar un pelotón de camiones que van adaptando su velocidad y distancia de manera dinámica, a fin de replicar los cambios en la marcha y dirección realizados por el camión que lidera el pelotón. La mayoría de las grandes empresas del sector, como Volvo, DAF, Daimler, Scania e Iveco, están probando la tecnología a lo largo de corredores geoperimetrados en Estados Unidos, Europa y Singapur, principalmente<sup>7</sup>. Una de las pruebas de mayor alcance fue realizada en Europa en abril de 2016, cuando convoyes de camiones llegaron al puerto de Rotterdam desde diferentes países, habiendo cruzado fronteras y transitado zonas de alta congestión<sup>8</sup>. Los datos recabados por diferentes tests muestran que, por la mayor coordinación y eficiencia en la conducción de los camiones, esta tecnología podría generar ahorros de combustible entre el 10% y el 30% anuales<sup>9</sup>. Asimismo, las tecnologías necesarias para el *platooning*, como el *Advanced Emergency Braking System* (AEBS), podrían reducir el número de accidentes que involucran a camiones en hasta un 80%, incluso cuando los mismos no están siendo encolumnados en un pelotón (World Maritime University, 2018).

##### Camiones autónomos

Esta tecnología se refiere a la conducción autónoma de un camión, de nivel 4 o superior<sup>10</sup>. El interés por parte de la industria automotriz y de las empresas de tecnología ha venido incrementándose y, con ello, las pruebas de la tecnología tanto en zonas geo-perimetradas como abiertas. Por ejemplo, en febrero de 2018, la empresa Embark completó el primer piloto de costa a costa en Estados Unidos, uniendo a la ciudad de Los Ángeles con Jacksonville, Florida, en un recorrido de 2.400 millas por carretera. En noviembre del mismo año, Volvo anunció que sus camiones autónomos comenzarían a operar en una cantera en Noruega, transportando materiales entre la misma y el puerto adyacente<sup>11</sup>. Asimismo, la compañía lanzó un nuevo diseño de camiones

Figura 2-3 Platooning



Fuente: Pelotón (2016)

que, al no necesitar cabina para el conductor, permite incrementar la capacidad de transporte del vehículo (Figura 4). En junio de 2019, Volvo anunció que este vehículo iniciará operaciones transportando contenedores entre un almacén y el puerto de Gothenburg<sup>12</sup>. Datos recientes para Estados Unidos señalan que, con la implementación de camiones autónomos, los costos operativos de la industria de transporte terrestre podrían reducirse en un 45% (McKinsey, 2018).

Los beneficios de los camiones autónomos, a partir del nivel 3 de automatización, pueden ser significativos, incluyendo: (i) reducción de tareas repetitivas y de menor valor agregado, liberando así tiempo de los conductores para tareas de control, gestión de carga, etc., e incrementando el interés por la profesión (actualmente, en preocupante descenso en los países avanzados); (ii) disminución del costo de mano de obra, el cual representa alrededor del 60% de los costos de operación en el transporte por carretera<sup>13</sup>; (iii) reducción del 'factor humano' (fatiga, errores, etc.), que suele ser el mayor causante de los accidentes de tránsito; (iv) aumento del horario de operación, por no estar sujeto a los turnos de los conductores; (v) cuando combinado con la conexión vehículo a vehículo y vehículo a infraestructura (V2V y V2I, respectivamente), el incremento de la eficiencia en el enrutamiento por parte de la empresa de transporte y de gestión del tráfico por parte del operador de la infraestructura; y (vi) mejora de la capacidad de la infraestructura, reducción de la congestión y mayor cumplimiento de órdenes, a partir de una conducción coordinada y segura entre vehículos, lo que permite disminuir la distancia requerida entre los mismos<sup>14</sup>.

Figura 2-4 Vera: el camión autónomo y eléctrico de Volvo



Foto: Volvo (2018)

### Buques autónomos

En los últimos años, se han anunciado diferentes proyectos de desarrollo tecnológico para dotar a los buques de autonomía. En general, los proyectos de investigación incluyen la utilización de sensores e inteligencia artificial para el monitoreo de las operaciones del buque, la identificación de las características del ambiente y la comunicación con el mismo (puertos y otros buques), así como la toma de decisiones en cuanto a dirección, velocidad y consumo de energía. Según anuncios recientes, el primer buque de estas características estaría disponible en el año 2020. Este sería el buque YARA Birkenland, un buque portacontenedores completamente eléctrico y autónomo, utilizado para transportar productos fertilizantes en Noruega. En la primera fase, el buque será controlado a distancia y con tripulación a bordo. Luego se pasará al control a distancia, pero sin tripulación. A partir de 2022, se espera que la conducción sea completamente autónoma. Representantes de la industria estiman un 20% de disminución de costo operacional de buques autónomos y mejoras importantes respecto a la seguridad marítima.

### Drones

La tecnología de vehículos aéreos no tripulados —comúnmente llamados "drones"— ha recibido gran atención por parte de las industrias de tecnología y logística, habiendo sido testeados en un amplio rango de operaciones como, por ejemplo, entrega de productos livianos adquiridos a través del comercio electrónico, transporte de medicinas a zonas remotas y transporte de equipo médico de emergencia hacia áreas con baja

#### Recuadro 2-4: Utilización de drones en procesos logísticos (ejemplos)

La empresa UPS de transporte y logística ha testeado el uso de drones para realizar entregas en zonas rurales donde la conectividad física resulta difícil. Para ello, ha diseñado una furgoneta que contiene en su parte superior una plataforma de lanzamiento para un dron. El paquete por entregar es colocado por el conductor de la furgoneta dentro del contenedor especial anexo al dron. Mientras el dron realiza la entrega del paquete, el conductor puede realizar otra entrega. Luego, el dron y la furgoneta se encuentran en una dirección previamente establecida, donde el conductor carga un nuevo paquete para ser entregado por el dron. UPS estima que esta solución permitiría mejorar las operaciones de distribución de última milla y disminuir los gastos de combustible: si cada conductor redujese una milla en su recorrido diario, se ahorrarían hasta US\$ 50 millones por año<sup>15</sup>.

DHL, otro operador logístico de nivel mundial, también está invirtiendo en el desarrollo de tecnología para la entrega de productos vía UAV. En 2016, la compañía realizó numerosas pruebas para la entrega de paquetes en zonas montañosas de Alemania, alejadas de los centros urbanos y con difícil acceso vial. Mientras que en transporte terrestre usualmente se emplean 30 minutos para llegar a tales zonas, los drones necesitan tan sólo ocho minutos<sup>16</sup>.

conectividad o congestionadas (Recuadros 2-4 y 2-5). Otros usos incluyen el apoyo a tareas de vigilancia durante el transporte de mercancías, de gestión de inventario en almacenes y de obtención de imágenes para la planificación del transporte.

#### Distribución urbana mediante mini-robots

Mientras que los expertos de la industria logística señalan que la utilización de drones en zonas urbanas es poco factible en el futuro cercano, debido a los riesgos que podrían presentar para los transeúntes y a la baja disponibilidad de zonas de aterrizaje y despegue, los mini-robots han surgido como una opción para asegurar entregas de última milla más rápidas y menos sensibles al congestionamiento urbano. Los testeos disponibles han empleado robots que pueden transportar hasta 10 kg. y que utilizan aceras y carriles segregados (por ejemplo, las ciclovías) para su desplazamiento<sup>17</sup>. Al llegar a destino, los consumidores reciben una notificación con un código para poder abrir el contenedor del robot y recoger su pedido. Algunas compañías han sugerido comenzar a utilizar estos robots como espacios temporales para almacenamiento de pedidos, a fin de reducir el costo de las entregas fallidas.

#### Infraestructuras logísticas automatizadas

La tecnología de automatización también comienza a estar presente en la operación de las infraestructuras logísticas. En el caso de los almacenes, la adopción de robots

Figura 2-5 Testeo de UPS para la entrega con drones



Foto: ABS-CBN (2017)

e inteligencia artificial para movimiento y gestión de inventario, *picking* y *order fulfillment* ha sido muy rápida, visto el avance del desarrollo tecnológico para el sector, los menores costos de adquisición de tecnología frente a otros segmentos, el claro retorno de la inversión (ahorros significativos en mano de obra, procesos más rápidos y con menor nivel de error, operaciones 24/7 y sin interrupción, mayor densidad de almacenamiento y menores gastos en servicios públicos dado que, por ejemplo, los robots no necesitan luz para operar) y la capacidad de satisfacer picos de demanda, ante un volumen de negocio creciente liderado por el avance del comercio electrónico. Uno de los ejemplos más emblemáticos en este sentido es el almacén de Amazon ubicado en Baltimore, Estados Unidos. En sus 93.000 m<sup>2</sup>, diferentes tipos de robots y maquinaria automatizada preparan 1

### Recuadro 2-5: Logística de materiales sanitarios en República Dominicana

En el marco de un proyecto de BID Lab —miembro del Grupo BID— para mejorar la cobertura de salud en zonas rurales de República Dominicana, se realizaron pruebas de una red segura de transporte de insumos de salud por medio de drones, conectando a ocho Centros de Atención de Primer Nivel con dos hospitales en la Provincia de San Juan. Con este propósito, se colocaron plataformas de despegue y aterrizaje de drones cerca de los hospitales y centros de atención. Se utilizaron también una aplicación móvil e informática en la nube para aprobar las rutas de vuelo antes del despegue, ejecutar el itinerario de los drones y supervisar la operación en tiempo real. Para el transporte de los insumos, se utilizó un contenedor cerrado y apto para proteger la calidad de los mismos. Este fue el primer proyecto en América Latina que utilizó a los drones como medio de transporte para insumos de salud. Se espera que el empleo de drones permita incrementar hasta en un 50% el número de diagnósticos de enfermedades infecciosas, así como reducir tiempos, costos y riesgos en el traslado de insumos médicos entre zonas remotas y los hospitales de la Provincia, mejorando la calidad de vida de los más de 200.000 habitantes de dichas zonas.

### Recuadro 2-6: Mini-robots para cubrir la última milla logística

Los servicios de última milla representan más del 50% del costo total de las entregas<sup>18</sup> y, por lo tanto, diferentes actores están desarrollando nuevas soluciones tecnológicas para reducir dicho costo. Una de las empresas líderes en el sector es la empresa emergente estonia Starship Technologies. Desde 2015 han realizado pruebas en veinte países alrededor del mundo, lanzando en abril de 2018 sus operaciones comerciales en el Reino Unido y Estados Unidos. En este último país, la empresa ha trabajado en colaboración con reguladores estatales en Virginia e Idaho, para desarrollar el marco regulador que permita la operación de los mini-robots no tripulados<sup>19</sup>. De la misma manera, empresas líderes en el comercio electrónico y la distribución de última milla están desarrollando soluciones que utilizan mini-robots. El mini-robot Scout de Amazon y el SameDay Bot de FedEx debutaron a principios de 2019. Las pruebas del Scout incluyeron, inicialmente, el acompañamiento de un empleado de Amazon. Por su parte, FedEx se ha asociado con minoristas nacionales como Pizza Hut, Walmart y Walgreens para realizar pruebas de distribución urbana dado que, según FedEx, el 60% de los clientes de tales empresas se encuentra a un radio máximo de 3 millas de un almacén, lo que sostienen ser una distancia óptima para el despliegue de mini-robots.

millón de órdenes por día y gestionan un inventario de 10 millones de productos (Figura 2-6)<sup>20</sup>.

Por otra parte, en el caso de las terminales portuarias, la automatización de grúas y equipo para el movimiento de contenedores también promete generar mejoras significativas en la productividad, mediante operaciones estandarizadas y consistentes, 24 horas al día, 7 días a la semana. Esto es un factor importante si se considera que el tamaño de los buques seguirá aumentando, lo cual crea importantes desafíos operativos en maniobras de carga y descarga en el muelle, así como también en la gestión del patio de contenedores. Ahora bien, la cuantiosa inversión requerida, junto con las preocupaciones por el futuro de la fuerza laboral del puerto, han llevado a niveles bajos de adopción, con-

tando actualmente con tan sólo un 2% de terminales semiautomatizadas y 1% completamente automatizadas a nivel mundial.

#### 2.4. Una mirada hacia el futuro

Con el avance exponencial y la convergencia de las tecnologías digitales, se espera que las cadenas de suministro ganen un mayor grado de autonomía, hasta llegar a convertirse en verdaderas “*self-thinking supply chains*” – o cadenas que piensan y actúan por sí mismas (Calatayud et al. 2018). Estas cadenas se caracterizarán por un alto grado de conectividad entre los sistemas digitales y físicos, facilitado por la difusión masiva de sensores de IoT. El *big data* producido por estos sensores será analizado en tiempo real por avanzados algoritmos de inteligencia

Figura 2-6 Order fulfillment en almacén automatizado de Amazon (Baltimore, Estados Unidos)



Foto: WSJ (2019)

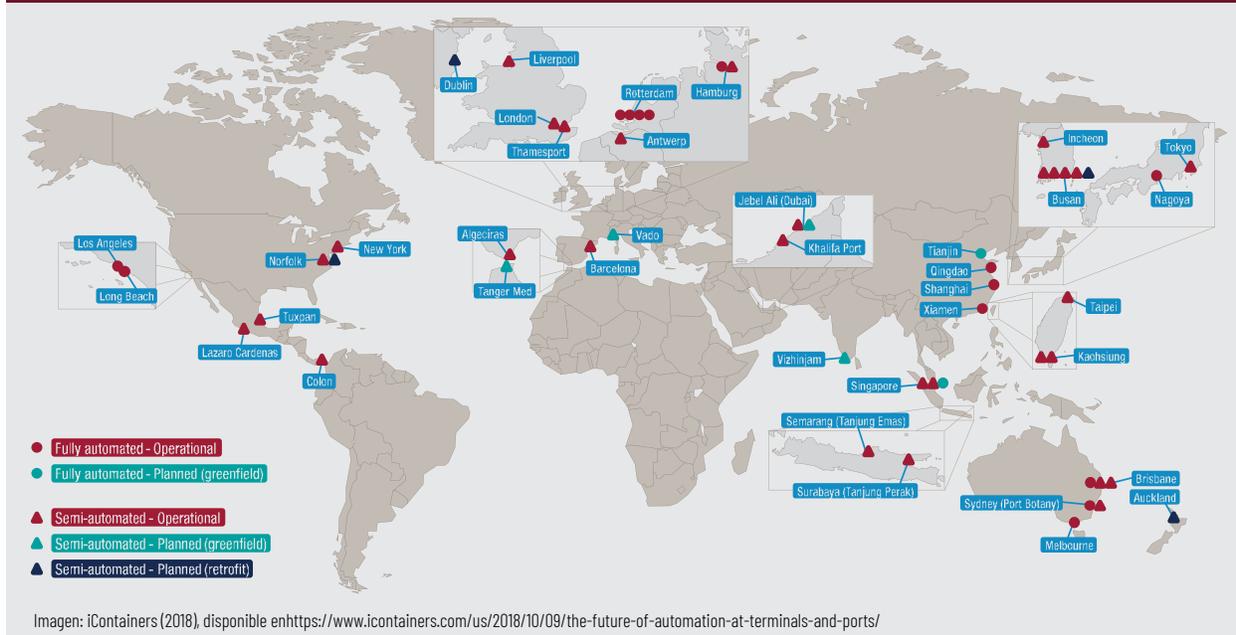
artificial. Ello permitirá el continuo monitoreo del desempeño de los diferentes procesos a lo largo de la cadena de suministro, independientemente de su localización, dado que todo se realizará mediante plataformas digitales. Con este monitoreo continuo será posible la detección temprana y la gestión preventiva de cualquier riesgo, así como también la optimización constante y simultánea de todos los procesos ante cualquier desviación de los niveles de desempeño establecidos, llevando a mayores niveles de flexibilidad. La intervención humana será mínima, dado que la automatización se encontrará ampliamente extendida, incluyendo la producción, el transporte y la gestión administrativa.

En este contexto, las cadenas de suministro poseerán una flexibilidad sin precedente. De los modelos lineales y rígidos tradicionales, la transformación digital permitirá la conformación de cadenas más ágiles, radiales, multidireccionales e inteligentes. La magnitud de esta transformación será significativa, ya que la competencia se estructurará cada vez más en cadenas versus

cadenas. Así, las grandes empresas líderes en sectores tradicionales como el automotriz, el consumo masivo, y el textil, deberán competir en base a la agilidad y desempeño de sus socios en tales cadenas. Ello tendrá un gran impacto sobre la multiplicidad de empresas medianas y pequeñas que participan en las cadenas de suministro y que poseen una menor capacidad adaptación, con la consecuente exigencia de transformarse radicalmente en cuanto a sus habilidades tecnológicas o, de lo contrario, perder su participación en dichas cadenas.

En este contexto, es probable que las “torres de control” de las cadenas de suministro sean cada vez más comunes, centralizando los sistemas de monitoreo y gestión autónoma de estas cadenas. En la actualidad, existen ya diferentes ejemplos de servicios de torre de control provistos por líderes mundiales en logística, que hacen promisorio el escalamiento de estas plataformas para que en el futuro puedan operar de manera autónoma. Kuehne+Nagel es una de las empresas que ofrecen servicios de torres de control a sus clientes. Los clientes

**Figura 2-7 Terminales de contenedores automatizadas (actual y perspectivas)**



pueden delegar su gestión logística y de cadena de suministro a la *KN ControlTower*, la cual monitorea y gestiona las operaciones de transporte, coordina los freight forwarders y provee información actualizada sobre el estado de los diferentes procesos. Por su parte, la torre de control de DHL, denominada *Resilience360*, ofrece una visión general sobre toda la cadena de suministro y permite identificar riesgos, generar planes de mitigación y, con ello, minimizar posibles disrupciones debidas a, por ejemplo, fenómenos meteorológicos extremos, fallas en el aprovisionamiento, disrupciones en el transporte o, inclusive, ciberataques.

## 2.5. La necesidad de una transformación integral

Para obtener los beneficios generados por la adopción de nuevas tecnologías en el desempeño de la cadena de suministro, es fundamental que todos los actores en ella involucrados comiencen su proceso de transformación digital. Esto se debe a la fragmentación de procesos de cadena de suministro entre varios actores, lo que hace necesario que, por ejemplo, el *big data* generado por sensores de IoT en un supermercado, alertando sobre el cambio en la demanda, pueda ser transmitido y utilizado como insumo en los procesos de aprovisionamiento, manufactura y transporte, para poder aprovechar al máximo esta información en la optimización de tales procesos. Alternativamente, la información vía IoT e inteligencia artificial utilizada para la gestión de

operaciones en un puerto pueda ser también utilizada por las empresas logísticas para la planificación de sus operaciones y por el sector público para una gestión adecuada del tráfico de carga en la zona portuaria. Del mismo modo, la completa trazabilidad de productos requiere de la implementación de sensores y sistemas que permitan generar y compartir información no sólo entre proveedores y empresas manufactureras, sino también con transportistas y comercializadores.

Así, más allá de la transformación digital de una empresa, de manera aislada, la Cadena de Suministro 4.0 se caracteriza por la adopción de nuevas tecnologías en los diferentes procesos y actores: aprovisionamiento de primer y segundo nivel, manufactura, logística, gestión de infraestructura, comercialización e, inclusive, gestión de procesos administrativos y de control por parte del sector público. Por esta razón, la transformación digital requiere de una estrecha colaboración entre actores, lo que va desde asegurar la interoperabilidad de los sistemas para poder compartir información, hasta sincronizar los cambios para recibir los máximos beneficios de una transformación que necesariamente debe ser integral.

Ello implica sortear numerosos obstáculos, comúnmente asociados a fallos de coordinación. A priori, estos fallos de coordinación pueden ser clasificados en tres grandes categorías. En primer lugar, se encuentra

la falta de coordinación entre actores del sector privado que participan en una cadena de suministro, los cuales tienden a tomar decisiones intentando maximizar sus posiciones locales (a nivel de un proceso específico), con escasa visibilidad de las consecuencias a nivel global de la cadena. En el proceso de transformación, ello resulta en la existencia de varios niveles de avance tecnológico al interior de una cadena, desde escaso o nulo, hasta muy avanzado, dependiendo de la estrategia de cada empresa. Por lo explicado anteriormente en cuanto la necesidad de una transformación integral de toda la cadena, los fallos de coordinación entre empresas pueden llevar a beneficios subóptimos o, inclusive, anular los beneficios esperados de la adopción de tecnología. Como se verá en los capítulos siguientes, un ejemplo muy presente en las experiencias relevadas para este estudio es la oportunidad perdida de tener visibilidad a lo largo de toda la cadena, debido al mayor atraso tecnológico relativo por parte de las empresas de transporte.

Asimismo, los diferentes niveles de adopción tecnológica, unido al imperativo de la transformación digital para asegurar una mayor capacidad competitiva de las cadenas de suministro, puede poner en riesgo la supervivencia de empresas medianas y pequeñas que hasta el momento formaban parte de las mismas. En efecto, la capacidad de adaptación de estas empresas se encuentra limitada si comparada con las empresas líderes, debido a falta de escala, recursos financieros, humanos y de gestión requeridos para afrontar la transformación digital. En este contexto, la participación inteligente de los gobiernos y sus políticas públicas es clave para facilitar la transformación. Por ello, se requiere que los gobiernos trabajen con una mayor conciencia de las implicancias de la transformación digital de las cadenas de suministro en sus propios entramados productivos; entender los desafíos, oportunidades y riesgos que presentan para las empresas del país —especialmente las pequeñas y medianas—; y generar políticas públicas que permitan una transición exitosa hacia la economía del futuro.

En segundo lugar, existen fallos de coordinación entre las empresas del sector privado y los actores del sector público que participan en las cadenas de suministro. En la sección 1.1, se mencionó que el sector público cumple un importante papel, por ejemplo, en el establecimiento de un marco regulatorio e institucional en el cual operan las cadenas de suministro y la partici-

pación en procesos de inspección y autorización de operaciones como las de comercio internacional. Por esta razón, la coordinación intersectorial es clave para acelerar la transformación digital. Entre otros, puede: facilitar la concientización y nivelación de la comprensión acerca de los desafíos, oportunidades y mejores prácticas para afrontar la transformación digital; ayudar a establecer un marco regulador de nuevas tecnologías que incentive la innovación y, a la vez, vele por la seguridad de la sociedad (i.e. regulación de drones); generar políticas públicas que apoyen a la transformación digital en actores más vulnerables (i.e. las pequeñas y medianas empresas); innovar y digitalizar operaciones que competan al sector público (i.e. controles aduaneros y gestión de infraestructura); y actuar como un aglutinador de actores de diferentes sectores y actores a fin de poner en marcha procesos coordinados de transformación (i.e. las comunidades portuarias). Este último punto es clave en los países de la región que se analizan en los capítulos 6 a 10.

En tercer lugar, se verifica la falta de coordinación al interior del sector público. Este último tiende a ser más lento en su proceso de transformación tecnológica, debido a factores como la escasez de recursos para la transformación, la competencia de estas inversiones con otras prioridades de política pública, las múltiples instancias de aprobación de cambios, la atomización de actores distribuidos en diferentes instituciones, la resistencia interna al cambio, etc. Las estrategias marco pueden contribuir a alinear los planes de acción y los incentivos de las diferentes instituciones involucradas, a fin de que el sector público pueda ser un actor de cambio en la transformación digital de las cadenas de suministro. Esto será abordado en detalle en el capítulo 4 y en las recomendaciones para los países de América Latina, incluidas en el capítulo 11.

---

#### NOTAS:

4. The Economist (2019), *Uber is trying to disrupt the road-freight business*, disponible en: <https://www.economist.com/business/2019/05/16/uber-is-trying-to-disrupt-the-road-freight-business>

5. Ver comentario de los autores en “*Building the AI powered organization: Technology isn’t the biggest challenge, culture is*”, HBR, Julio-Agosto 2019

6. Ver en “*Ten red flags signaling your analytics program will fail*” McKinsey, Mayo 2018. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/ten-red-flags-signaling-your-analytics-program-will-fail>

7. Ver, por ejemplo, Reuters (2018), “*Volvo, FedEx test truck platooning on public U.S. road*”, disponible en: <https://www.reuters.com/article/>

us-volvo-fedex-trucks/volvo-fedex-test-truck-platooning-on-public-u-s-road-idUSKBN1JN2JI.

8. The Guardian (2016), “*Convoy of self-driving trucks completes first European cross-border trip*”, disponible en: <https://www.theguardian.com/technology/2016/apr/07/convoy-self-driving-trucks-completes-first-european-cross-border-trip>.

9. UK Government Office for Science (2019), “*A time of unprecedented change in the transport system*”, disponible en: <https://www.gov.uk/government/news/uk-at-forefront-of-transport-innovation>.

10. La NHTSA de Estados Unidos realizó una clasificación de los niveles de automatización de vehículos, estableciendo cinco categorías, donde la 0 corresponde a ninguna automatización de la conducción y el nivel 5 se corresponde con una automatización completa. Para mayor información, véase: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>

11. Volvo (2018), “*Volvo Trucks provides autonomous transport solution to Brønnøy Kalk AS*”, disponible en: <https://www.volvotrucks.com/en-en/news/press-releases/2018/nov/pressrelease-181120.html>

12. The Maritime Executive (2019), “*Volvo truck’s autonomous port transport*”, disponible en: <https://www.maritime-executive.com/index.php/article/watch-volvo-trucks-autonomous-port-transport>

13. BID (2017), Op. cit.

14. Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina de Estados Unidos (2018), *Renewing the National Commitment to the Interstate Highway System: A Foundation for the Future*. Washington, DC: The National Academies Press.

15. CNN (2017), “*UPS Drivers May Tag Team Deliveries with Drones*”, disponible en: <http://money.cnn.com/2017/02/21/technology/ups-drone-delivery/?mod=djemlogistics>.

16. Wired (2016), “*DHL’s delivery drone can make drops quicker than a car*”, disponible en: <http://www.wired.co.uk/article/dhl-drone-delivery-germany>.

17. WSJ (2018), “*Why Your Ice Cream Will Ride in a Self-Driving Car Before You Do*”, disponible en: <https://www.wsj.com/articles/why-your-ice-cream-will-ride-in-a-self-driving-car-before-you-do-11546664589>.

18. Business Insider (2018), “*The challenges of last mile logistics & delivery technology solutions*”, disponible en: <https://www.businessinsider.com/last-mile-delivery-shipping-explained>

19. Vox (2017), “*Idaho is the second state to allow unmanned robots to deliver to your front door*”, disponible en: <https://www.vox.com/2017/3/27/15075048/idaho-unmanned-robots-law-delivery-starship>

20. WSJ (2019), “*How Robots and Drones Will Change Retail Forever*”, disponible en: <https://www.wsj.com/articles/how-robots-and-drones-will-change-retail-forever-1539604800>.

# 3

## EXPERIENCIA DE ECONOMÍAS AVANZADAS EN LA TRANSICIÓN HACIA LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0

En este capítulo se presenta el estado de la transformación digital de las cadenas de suministro en los países avanzados, con base en el análisis documental y entrevistas a expertos de los sectores público y privado en Alemania, Francia, España, Estados Unidos, Japón y Singapur. La información recabada muestra que, en economías avanzadas, el proceso de transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 ya ha comenzado. Este proceso está siendo liderado por las grandes empresas manufactureras, acompañadas —en ciertos casos— por sus proveedores de primer nivel y proveedores de servicios logísticos. De igual modo, en muchas de estas economías, los sectores público y privado están implementando planes de transformación tecnológica para nodos logísticos, infraestructura de transporte y sistemas aduaneros y de control, con el fin de mejorar el desempeño de las cadenas de suministro usuarias de los mismos. Sin embargo, este proceso de transformación digital se está desarrollando de manera desigual: frente a las grandes empresas manufactureras —especialmente multinacionales— que lideran la transformación, existe un gran número de establecimientos pequeños y medianos que se encuentran muy rezagados en la adopción de tecnología. Esta diferencia existe no solamente dentro de los nodos manufactureros de las cadenas de suministro, sino también entre los proveedores de servicios logísticos.

### 3.1 La empresa multinacional: locomotora de la transformación

¿Cómo comienza la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0? Para responder a esta pregunta, es necesario analizar las estrategias de las grandes empresas de manufactura. La transformación digital surge como respuesta a la presión competitiva que estas empresas enfrentan a nivel global. Dicha presión proviene no solo de jugadores tradicionales, sino también de la amenaza disruptiva generada por nuevas tecnologías y nuevos entrantes empresas multinacionales consolidadas, con grandes redes de producción, almacenamiento y distribución desarrolladas en un contexto tecnológico anterior se ven desafiadas por el surgimiento de nuevos jugadores que nacieron para prestar servicio, en un nuevo contexto tecnológico que les permite elevar significativamente sus niveles de servicio, reducir las inversiones en capital fijo y disminuir sensiblemente los costos de operación. (Recuadro 3-1). En este escenario, las empresas que compiten a nivel global buscan innovaciones tecnoló-

gicas que les permitan reducir costos, incrementar la flexibilidad operativa y gestionar la creciente complejidad de procesos, actores y materiales que caracterizan a las cadenas de suministro modernas (Roh, Hong & Park, 2008; Christopher & Holweg, 2017), todo ello con el fin de obtener una mayor cuota de mercado (Aydin & Parker, 2017).

A modo de ejemplo, la Tabla 3-1 muestra los objetivos estratégicos que fueron mencionados por las empresas consultadas en las industrias de bienes de consumo masivo y de electrodomésticos, las cuales comenzaron sus procesos de transformación digital hace ya más de una década.

La información recabada indica también que, en las grandes empresas manufactureras, la adopción de nuevas tecnologías es el resultado de una secuencia que abarca, entre otros, el entendimiento del desafío

**Tabla 3-1. Grandes fabricantes: Objetivos estratégicos que guían la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0**

Industria	Objetivos Estratégicos
Bienes de consumo masivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de costos laborales.</li> <li>• Gestión en tiempo real de la cadena de suministro.</li> <li>• Gestión centralizada de inventario.</li> <li>• Monitoreo del desempeño de proveedores</li> </ul>
Electrónica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación de la cadena de suministro a las necesidades del consumidor final (por ejemplo, algunos consumidores requieren mayor flexibilidad, otros priorizan la colaboración, otros son más sensibles a precios).</li> <li>• Sostenibilidad.</li> <li>• Integración a lo largo de la cadena (por ejemplo, procesos de producción y de distribución).</li> <li>• Mejorar la eficiencia en la gestión del transporte terrestre.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

### Recuadro 3-1: Disrupciones digitales en las cadenas de suministro

Ante la competencia creciente del comercio electrónico, tiendas tradicionales como Walmart y Target están empujando el camino de la transformación digital<sup>21</sup>. Walmart está utilizando una estrategia que combina desarrollo interno de tecnología con la adquisición de empresas emergentes tecnológicas<sup>22</sup>. Los grandes establecimientos poseen la ventaja estratégica de la capilaridad de sus tiendas: en Estados Unidos, 90% de la población vive en un radio de 10 millas de una tienda de Walmart<sup>23</sup>. Por su parte, las empresas de comercio electrónico como Amazon o Alibaba están amenazando con disrumpir no solo el mercado del comercio minorista, sino también la logística. Estas empresas están invirtiendo grandes sumas de capital en desarrollar sus operaciones de transporte, a fin de tener mayor control sobre la última milla, reducir costos e incrementar la eficiencia general de las operaciones logísticas. Amazon cuenta ya con una flota de 50 aviones de carga<sup>24</sup> y anunció que compraría 20.000 vehículos livianos para el transporte de paquetería<sup>25</sup>. Eso ha llevado a una situación de “*co-opetition*” entre el gigante del comercio electrónico y las empresas de logística tradicionales como FedEx o UPS, las cuales poseen contratos con Amazon para la distribución de sus envíos. Analistas consideran que, en un futuro no muy lejano, Amazon se convertirá en uno de los principales proveedores logísticos<sup>26</sup>. Por esta razón, las empresas de logística tradicional están invirtiendo en tecnología que les permita reducir significativamente sus costos operativos y, así, asegurar su cuota de mercado.

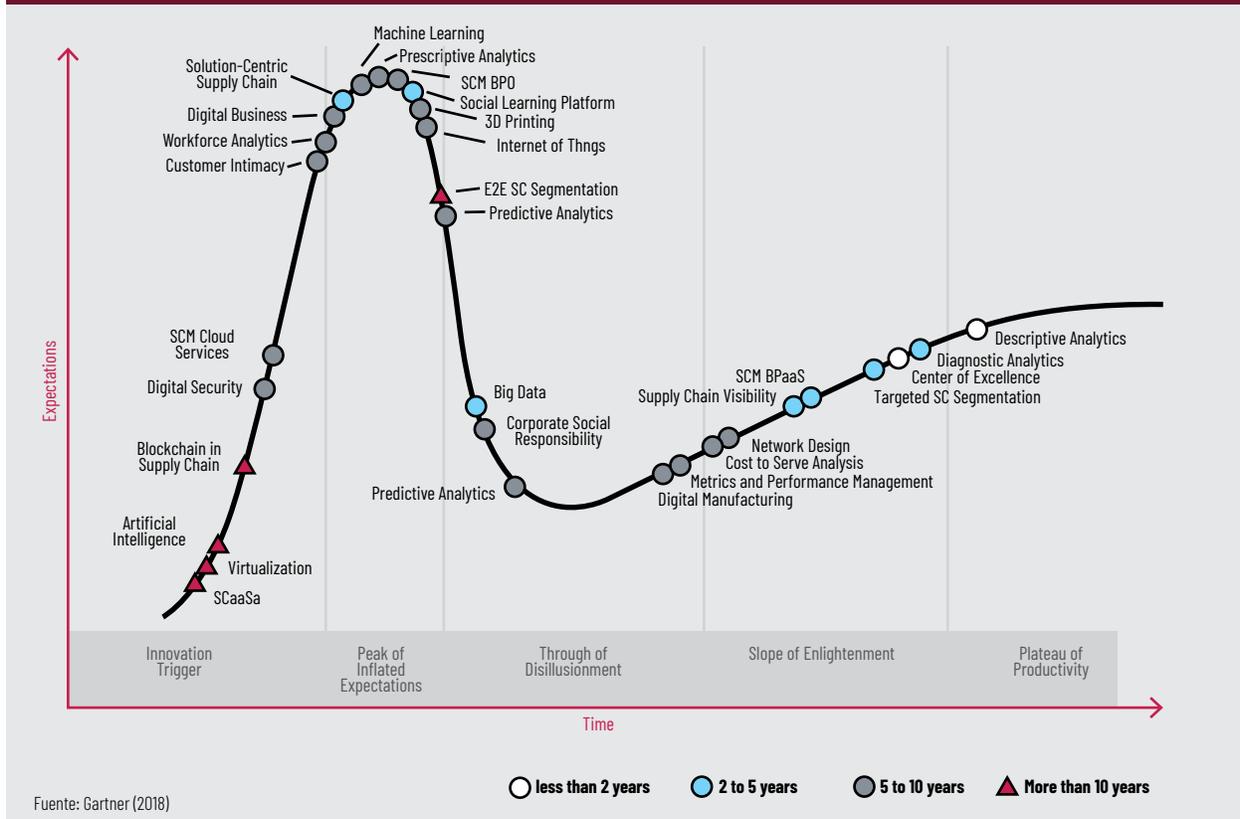
de competitividad y de la posibilidad de resolución vía innovación, la redefinición del modelo de negocio y del modelo operativo, y la asignación de recursos necesarios (capital humano, tecnología, etc.) para implementar tales modelos. Las grandes empresas poseen ciertos factores facilitadores del proceso innovador, incluyendo la capacidad interna (por ejemplo, calidad y competitividad de los recursos humanos), el apoyo organizacional (en términos de incentivos y recursos asignados a la innovación) y el tamaño de la empresa (lo que determina el volumen de recursos a ser asignados a dicha transformación) (Moretto & Rice, 2012).

Una vez que la tecnología ha alcanzado la disponibilidad comercial, los grandes fabricantes comienzan a experimentar con pruebas piloto. Para ello, buscan la incorporación de talento conocedor de las nuevas tecnologías. Esto puede, inclusive, contemplar la compra de nuevas empresas que hayan desarrollado tecnologías avanzadas. Por ejemplo, esto fue lo que determinó que Amazon adquiriera a Kiva Systems, una empresa especializada en la fabricación de sistemas robóticos móviles para ser usados en la gestión de sus múltiples depósitos y centros de distribución. Otra manera de realizar la búsqueda de talento para la transformación digital es la firma de acuerdos de investigación con universidades —como lo hizo una empresa europea de productos de consumo masivo entrevistada para este estudio— o con incubadoras de empresas tecnológicas o grandes empresas en diferentes sectores de la economía que han avanzado en esta dirección<sup>27</sup>.

En ciertos casos, la innovación tecnológica es realizada internamente. Este es el ejemplo de una multinacional estadounidense en el área de productos de consumo masivo, entrevistada para este estudio, la cual optó por el desarrollo interno de aplicaciones de *machine learning*. Ahora bien, esta empresa y otras entrevistadas señalaron que, a la hora de innovar internamente, el desafío se encuentra en retener el talento interno frente a otras empresas del sector, empresas de tecnología y empresas de consultoría. En varios casos, esto ha obligado a cambiar el modelo de innovación tecnológica, virando hacia un modelo abierto basado en el establecimiento de relaciones colaborativas con empresas de tecnología. Así, en el caso de la multinacional norteamericana, la empresa ha construido unidades de exploración y búsqueda de talento localizadas en centros de innovación clave como Singapur y Silicon Valley, para identificar empresas con las cuales firmar acuerdos de colaboración y/o asociación para la transformación digital.

Es importante mencionar, sin embargo, que el nivel de transformación digital de las grandes empresas manufactureras no es homogéneo. Esto se debe a que ciertas firmas todavía enfrentan barreras para avanzar en la transformación. Por ejemplo, algunas empresas entrevistadas mencionaron su preocupación por la rapidez del cambio tecnológico y la obsolescencia prematura de tecnologías adoptadas, lo que los lleva a posponer la transformación hasta que, en su entender, se produzca una estabilidad en el ecosistema digital. Esto se

**Gráfico 3-1 Ciclo de sobreexpectación de Gartner para las tecnologías emergentes en gestión de cadena de suministro**



relaciona también con el ciclo de sobre-expectación de Gartner, según el cual las nuevas tecnologías pasan por un período de expectativas sobredimensionadas poco después de su lanzamiento y transcurre un período considerable hasta llegar a la madurez. En muchos casos, las empresas prefieren adoptar estas tecnologías en el período maduro. El Gráfico 3-1 muestra el período en el que, según Gartner, se encuentran las tecnologías con aplicación a las cadenas de suministro. A su vez, otras firmas enfrentan la resistencia cultural y el miedo a la experimentación, en la medida que esta puede acarrear una pérdida de foco en las prioridades de corto plazo. Finalmente, ciertas empresas enfrentan los obstáculos clásicos de resistencia organizativa. Una vez que el concepto innovador es comprobado por directores de área y gerencia media, la nueva idea no llega a ser implementada debido a la resistencia en los estamentos dirigentes.

El desafío de transformación que plantea el surgimiento y convergencia de las nuevas tecnologías exige mucho más que la incorporación de las mismas a los procesos, exige un cambio de paradigma, la adopción de

un nuevo juego estratégico y un cambio cultural para poder lograr la transformación y capturar los beneficios. Así, las grandes compañías tienen un gran desafío en la renovación de sus estilos y capacidades de liderazgo y gestión para facilitar la innovación requerida en el contexto competitivo y tecnológico actual.

Con respecto al rol del sector público en la transformación digital de las cadenas de suministro, las grandes empresas manufactureras manifiestan que este se encuentra reducido a unos pocos factores en los que puede tener influencia. Por ejemplo, un fabricante japonés de productos electrónicos menciona que, exceptuando las políticas de comercio exterior, la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 es diseñada de manera independiente por parte de las grandes empresas. Por su parte, una empresa de indumentaria con casa matriz en Europa sostiene que el costo de mano de obra sigue siendo el factor determinante en su estrategia a nivel global. Es así que, aun si un país ofrece entornos más favorables en términos tecnológicos, la economía de producción sigue constituyendo el elemento más importante en

la estrategia de negocios de dicha empresa. De manera adicional, una empresa europea de equipos eléctricos que enfrenta la necesidad de modernizar la infraestructura tecnológica de sus proveedores sostiene que no ha esperado recibir ayuda gubernamental, sino que ha optado por suscribir planes de coinversión con sus proveedores para avanzar en este proceso. Esto último ha sido relevante en un gran número de entrevistas. En palabras de un entrevistado, “dado el ritmo de innovación tecnológica y la presión competitiva, no es posible esperar a la implementación de políticas públicas que puedan tener un impacto en la cadena de suministro”.

De todas maneras, en términos generales, la posición de las grandes empresas en lo referido al rol de la política pública en la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 es más matizada. La mayoría de las empresas tiene en cuenta ciertas características de los países a la hora de formular sus estrategias globales en materia de cadena de suministro. Entre las características mencionadas se encuentran el nivel de servicios logísticos y de infraestructura —incluyendo su grado de modernización tecnológica— (ver sección 3.4), la existencia de zonas favorables para el establecimiento de centros de distribución, marco tributario, facilidad de tramitación con autoridades aduaneras, y regulación de comercio exterior. En particular, dos de las áreas donde los gobiernos juegan un papel importante en la transformación digital de las cadenas de suministro son los trámites aduaneros y la simplificación de políticas tributarias (ver sección 3.4 para mayores detalles). Como se señala en el capítulo 4, Singapur es mencionado frecuentemente como modelo a imitar en términos de estas dos áreas de política pública.

### 3.2 Proveedores de primer nivel

Una empresa que provee directamente partes y materiales a un gran fabricante es considerada como proveedor de primer nivel. Para una mayor eficiencia en la gestión de los procesos de aprovisionamiento, las grandes empresas manufactureras tienden a reducir el número de proveedores de primer nivel, requiriendo de los mismos un mayor alineamiento con el diseño de producto y el ritmo de innovación tecnológica. Para convertirse en un proveedor de primer nivel, una empresa debe ser capaz de suplir componentes de manera confiable, con regularidad y en cumplimiento estricto de normas y estándares de calidad y seguridad. Es por ello que, en virtud del proceso de consolidación de proveedores, el incentivo de un proveedor de primer nivel para innovar tecnológicamente

es significativo. De lo contrario, el riesgo es perder el contrato como proveedor de una gran empresa.

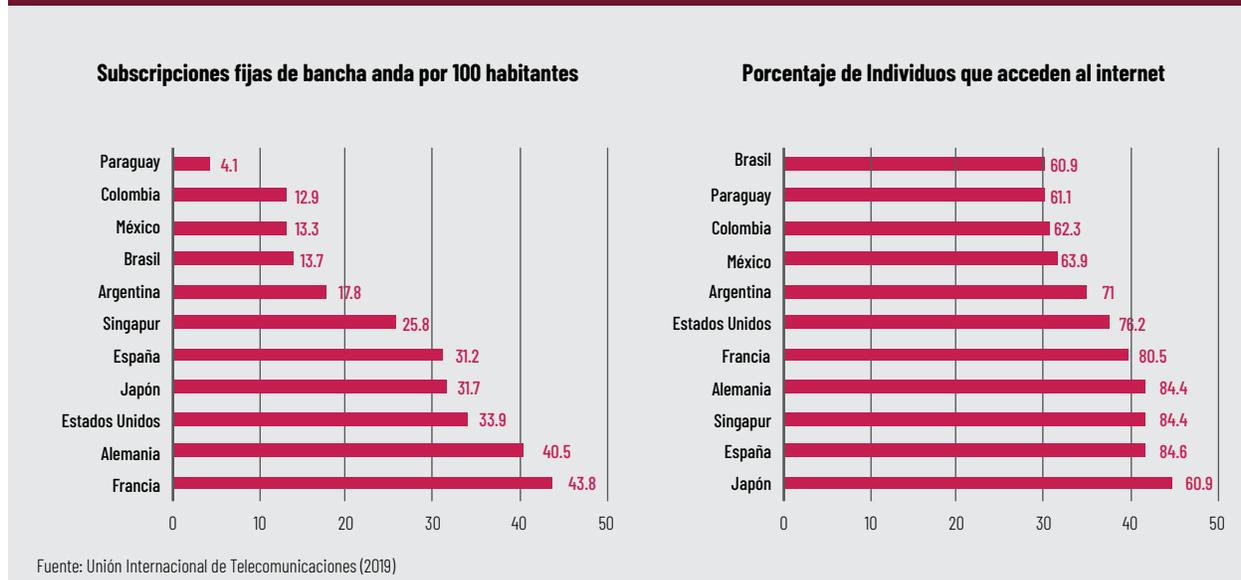
La colaboración entre grandes fabricantes y proveedores de primer nivel es el mecanismo más claro de derrame tecnológico en la cadena de suministro. Por ejemplo, un gran fabricante estadounidense entrevistado ha facilitado la implementación de sus sistemas de información por parte de sus proveedores, los cuales se encuentran conectados directamente a las plataformas de planeamiento de la producción del fabricante. Como resultado, el fabricante tiene capacidad de monitorear en tiempo real el desempeño del proveedor y los estados de los pedidos, habiendo mejorado significativamente así su planificación de compras y gestión de inventario.

Ahora bien, las empresas entrevistadas resaltan que, si el proveedor de primer nivel está localizado en un país emergente, la colaboración entre el gran fabricante y el proveedor no es tan sencilla. El despliegue de tecnologías se ve limitado principalmente por la falta de capital humano debidamente formado, la falta de disponibilidad de las tecnologías a nivel local y las barreras a la importación de tecnología extranjera, la falta de recursos financieros para sustentar la transformación y la baja dotación de infraestructura de telecomunicaciones, de logística y de energía. En algunos casos, se han registrado esfuerzos por parte del fabricante para ayudar en la capacitación de capital humano y en el despliegue tecnológico, aunque los problemas relacionados con la limitación en infraestructura de telecomunicaciones han resultado barreras muy difíciles de resolver, obstaculizando el potencial transformador de la tecnología. En esta línea, los indicadores internacionales que se presentan en el Gráfico 3-2 evidencian la brecha digital entre los países avanzados y los países de América Latina analizados en esta investigación.

Esta es una de las áreas donde las políticas públicas pueden tener un impacto significativo.

### 3.3 Proveedores de segundo nivel y PyMEs

Desde una perspectiva macroeconómica, este segmento es el más numeroso de la estructura productiva y posee un rol importante en el empleo. En Estados Unidos, los 29,6 millones de PyMEs representan un 99,9% de todos los establecimientos industriales<sup>28</sup>. Ese es el mismo porcentaje en Europa<sup>29</sup>. Mientras que en Estados Unidos el sector emplea al 47,8% de la fuerza de trabajo, en Eu-

**Gráfico 3-2 Brecha digital entre países avanzados y América Latina (países seleccionados)**


ropa este porcentaje alcanza al 58,6%. Asimismo, este segmento posee un papel cada vez más relevante en el desempeño de cadenas de suministro. En el marco de la complejidad creciente de los procesos productivos, numerosas empresas en este grupo participan de manera indirecta en los procesos de aprovisionamiento (proveedores de segundo nivel), transporte y distribución de los productos de grandes fabricantes.

Sin embargo, así como los grandes fabricantes y los proveedores de primer nivel están avanzando rápidamente en el camino de la transformación digital de la cadena de suministro, la situación no es la misma para las PyMEs. Si bien este grupo también está influenciado por presiones competitivas, factores como recursos financieros limitados, escala limitada, poco conocimiento de nuevas tecnologías y otras prioridades en el manejo del negocio reducen significativamente el incentivo a la transformación digital. Es conocido en la literatura que la gerencia de la pequeña y mediana empresa suele no disponer de los recursos humanos y financieros necesarios para dedicar a actividades relacionadas con la innovación (De Massis et al., 2016; George, 2005). El Gráfico 3-3 muestra el potencial de difusión de tecnologías según el tamaño de empresa. Las mayores brechas entre empresas grandes y pequeñas se encuentran, precisamente, en tecnologías aplicables a la gestión de cadena de suministro, incluyendo ERP y CRM.

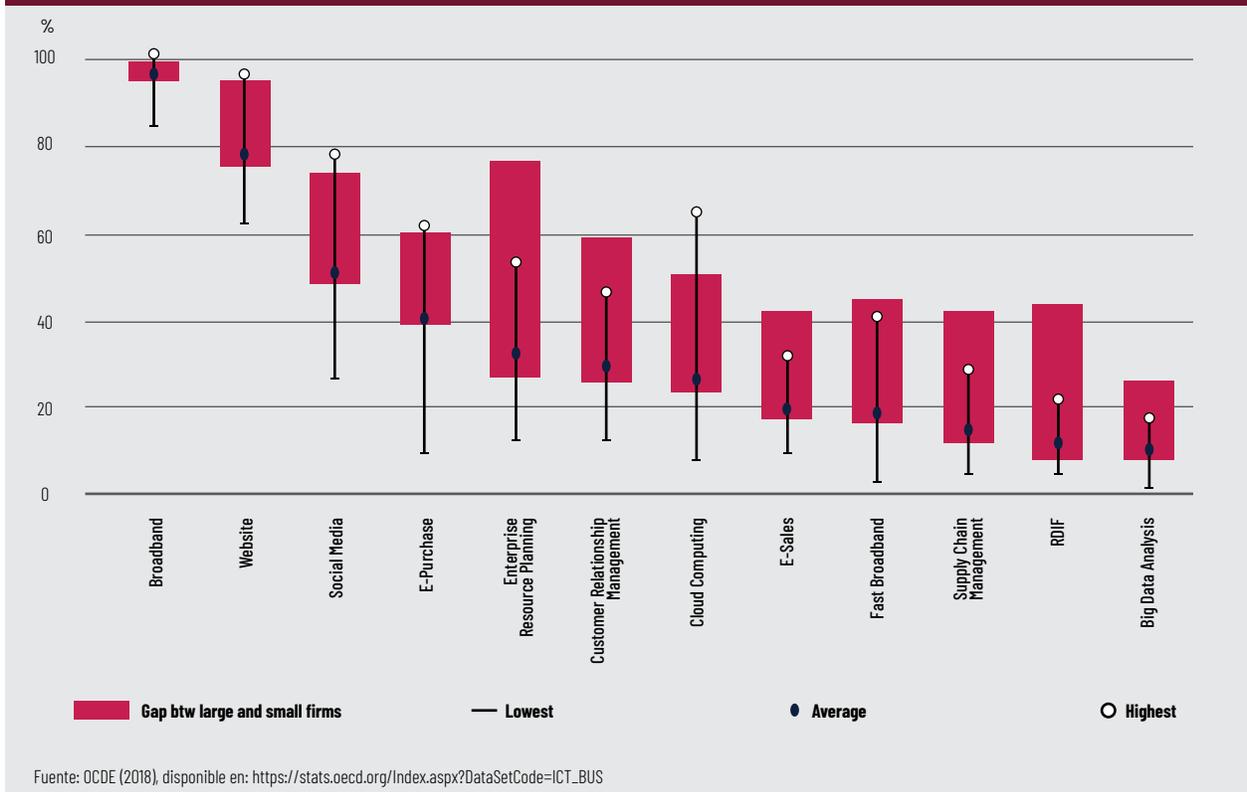
Adicionalmente, el proceso de derrame observado entre grandes fabricantes y proveedores de primer nivel no parece estar presente en este caso, tampoco entre proveedores de primer y segundo nivel. El análisis de las entrevistas y de la literatura en la materia indica que una barrera para ello es la reticencia de las empresas de propiedad familiar —en su mayoría, PyMEs— para incrementar su transparencia ante clientes, integrar sistemas y procesos y suscribir contratos de exclusividad con un comprador —que suele ser el caso para habilitar un proceso de transferencia tecnológica de parte del cliente (La Porta, López-de-Silanes, Shleifer & Vishny, 1999; Carney, 2005; Chrisman, Chua, Pearson & Barnett, 2012).

En resumen, el rezago del segmento PyME, del que forman parte los proveedores del segundo nivel, puede ser explicado por una multiplicidad de factores que van desde los recursos limitados a la resistencia a la integración y colaboración. En materia de transformación digital, el resultado es un proceso a “dos velocidades”, con la gran empresa y sus proveedores de primer nivel avanzando a un paso acelerado, mientras que la pequeña y mediana empresa continúa estando significativamente rezagada.

### 3.4. Facilitadores de la cadena de suministro

La transformación digital de la cadena de suministro no es un proceso que pueda ser implementado por

Gráfico 3-3 Potencial de difusión de tecnologías – diferencia entre empresas grandes y pequeñas



una sola empresa o nodo en la cadena –por ejemplo, la gran empresa de manufactura. De acuerdo con la interacción sistémica de actores y procesos explicada en los Capítulos 1 y 2, la transformación digital debe involucrar a todos los componentes de la cadena de suministro, incluyendo también a sus facilitadores. Entre ellos se encuentran los proveedores de servicios logísticos, los transportistas, los nodos de infraestructura (puertos, aeropuertos, etc.) y las agencias aduaneras y organismos de control del comercio internacional. El estudio de la experiencia de economías avanzadas muestra el nivel de transformación digital de los elementos facilitadores no es homogéneo, lo cual constituye una importante barrera para alcanzar una plena implementación de Cadenas de Suministro 4.0.

### 3.5 Proveedores de servicios logísticos

El ritmo de transformación digital de grandes fabricantes y las presiones competitivas detalladas anteriormente representa un factor de estímulo a la innovación para los proveedores de servicios logísticos. Es así como los grandes operadores logísticos ya están

involucrados en un proceso de innovación tecnológica similar al de los grandes fabricantes. Una estrategia de transformación digital seguida por ciertos operadores está enfocada en la adquisición de capacidades tecnológicas relacionadas directamente con su negocio central de logística. Por ejemplo, *Lufthansa Cargo* invirtió en *Fleet Logistics*, una empresa emergente que opera una plataforma conectando a empresas manufactureras con empresas de transporte con capacidad ociosa. Esta adquisición apoya no solo al negocio de *Lufthansa Cargo* sino que también puede transformarse en un servicio diversificado del negocio central de transporte aéreo. Otra estrategia de digitalización de los proveedores de servicios logísticos está basada en la integración vertical de procesos a lo largo de la cadena de suministro. Por ejemplo, UPS lanzó su negocio de impresión 3D remota, estimando que la combinación de manufactura aditiva y logística resulta en una buena proposición de valor para grandes fabricantes. Finalmente, los proveedores de servicios logísticos también se asocian con empresas de tecnología para implementar soluciones que mejoren el desempeño de las operaciones. Por ejemplo, DHL se asoció con Cisco

y la empresa emergente Conduce para implementar pilotos de almacenes inteligentes en Alemania, Holanda y Polonia. En estos almacenes, se genera y analiza información en tiempo real, sobre la base de lo cual se toman decisiones para incrementar la eficiencia operativa y la seguridad laboral.

Ahora bien, al igual que en el caso de las empresas manufactureras, el nivel de transformación digital de los operadores logísticos en economías avanzadas no es homogéneo. Las entrevistas realizadas en el marco de este estudio demuestran que la digitalización de la logística se encuentra mayormente restringida a los grandes operadores. La digitalización de operadores pequeños y medianos enfrenta principalmente tres barreras: (i) falta de recursos, (ii) resistencia de la gerencia, basada en la dificultad para justificar el retorno de la inversión tecnológica, y (iii) baja rentabilidad del negocio central, lo que limita la capacidad para invertir. Un factor limitante de la eficiencia del sistema logístico en su conjunto reside en la relación de dependencia entre los grandes operadores y los proveedores logísticos pequeños y medianos para las operaciones locales y de última milla. Es así como, aun en el caso de grandes operadores logísticos con elevado nivel de desarrollo tecnológico, su dependencia de proveedores de servicios pequeños y medianos limita la capacidad para responder a las necesidades de los grandes fabricantes. En particular, en las entrevistas realizadas a grandes empresas de manufactura, se ha mencionado que ello repercute en una reducida visibilidad y transparencia respecto del estado de mercancías en tránsito. Para superar esta barrera, ciertos fabricantes tienden a seleccionar solamente aquellos proveedores logísticos que prometen trazabilidad completa de mercancías en tránsito. Adicionalmente, otros fabricantes instalan dispositivos propios en los contenedores, excluyendo así al proveedor logístico del flujo de información. En otros casos, finalmente, las grandes empresas manufactureras proveen capacitación y firman acuerdos de coinversión para estimular la digitalización de proveedores de servicios logísticos.

### 3.6 Transportistas

La digitalización de operadores logísticos actúa como incentivo para la transformación digital de empresas de transporte. Sin embargo, los expertos entrevistados consideran que estas últimas no tienden a reaccionar de manera inmediata al estímulo de las empresas lo-

gísticas. Por ejemplo, de acuerdo con estadísticas de IATA, solamente el 61% de facturas aéreas son presentadas en la actualidad en forma digital, lo que limita la capacidad de los operadores logísticos para poner en práctica una digitalización integrada (IATA, 2019). Para afrontar esta situación, las empresas logísticas despliegan mecanismos orientados a acelerar la digitalización de empresas de transporte. Así, en respuesta al flujo de papel de facturas aéreas, ciertos operadores imponen un costo adicional al transportista si la factura es entregada en forma manual.

Todos los operadores logísticos entrevistados en los países industrializados han mencionado que las empresas de transporte, especialmente las pequeñas y medianas, representan un importante cuello de botella en términos de la digitalización de la cadena de suministro. Entre las principales causas de este rezago, señalan:

- **Baja transparencia.** Los pequeños transportistas son reuentes a permitir una transparencia completa en el manejo de información sobre el estado de transporte de mercancías. La visibilidad respecto al desempeño del transportista permite al fabricante identificar dónde ocurren demoras, con lo que aumenta la responsabilidad del operador de transporte.
- **Barreras tecnológicas.** En parte debido a la falta de recursos, pero también a la falta de capital humano, los operadores de transporte pequeños y medianos no están dispuestos a asumir el costo del desarrollo de interfaces entre sus sistemas y los de los proveedores de servicios logísticos.
- **Multiplicidad de actores.** La complejidad implícita en la gestión de un proceso de transporte internacional, con múltiples actores intervinientes y cada uno con su propio sistema de información, genera una barrera adicional a la digitalización.
- **Acceso limitado a capital de inversión.** En el marco de la industria de transporte, el segmento de transporte de mercancías enfrenta mayores dificultades para acceder a capital de inversión cuando se lo compara con el transporte de pasajeros.
- **Dificultades en el reclutamiento y retención de talento.** En general, las empresas de transporte

poseen poco atractivo para el talento digital, más concentrado en empresas emergentes o empresas de tecnología.

El bajo grado de transformación digital de las empresas de transporte también genera dificultades en su relación con las empresas manufactureras. Como lo menciona un fabricante de productos de consumo masivo de Japón, el principal problema reside en la falta de estandarización de datos, que no les permite monitorear el flujo de mercancías y contenedores, obligándolos a depender de la información en papel. Para afrontar este problema, ciertos fabricantes tienden a recurrir a proveedores de tecnología de información como intermediarios, para generar los datos que no están siendo provistos por las empresas de transporte. En algunos casos, entes públicos han intentado promover la migración a datos estandarizados, aunque con poco éxito (véase Capítulo 4). En contraposición, ciertos gobiernos han adoptado una actitud de *laissez faire*, dejando que el sector privado sea quien resuelva el problema de falta de datos, falta de estandarización de éstos y/o falta de interoperabilidad de los sistemas de información.

Aun considerando todos estos obstáculos, los expertos entrevistados coinciden en afirmar que la pregunta fundamental no es si las empresas de transporte se transformarán digitalmente o no, sino cuándo lo van a hacer y cuáles terminarán saliendo del mercado por no hacerlo. La transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 en las economías avanzadas terminará impulsando este proceso dentro de este segmento.

### 3.7 Nodos de entrada/salida e infraestructura de transporte

El funcionamiento eficiente de una cadena de suministro requiere la disponibilidad de nodos de entrada (puertos, aeropuertos, pasos de frontera) e infraestructura de transporte (carreteras y redes férreas) equipados con tecnología digital, así como redes de banda ancha fija y móvil de alta capacidad. En los últimos años, varios puertos líderes a nivel mundial han implementado sistemas de “puertos inteligentes”, con la capacidad de conectar digitalmente sus plataformas automatizadas, semiautomatizadas y manuales para monitorear la información sobre el posicionamiento y estado de mercancías y activos que entran y salen del puerto, combinando esto con información climática, laboral y estado del tránsito. Ejemplos como los de Rotterdam y Qindao, presentados en el Recuadro 3-2, son ilustrativos de esta estrategia.

A pesar de los avances registrados en los países industrializados, los expertos entrevistados para este estudio coincidieron en mencionar que la infraestructura digital desplegada en nodos logísticos todavía no se encuentra a la altura de las necesidades de funcionamiento eficiente de las cadenas de suministro. Por ejemplo, las redes de telecomunicaciones inalámbricas no proveen una cobertura completa y con niveles de desempeño adecuados para apoyar comunicaciones constantes entre vehículos en tránsito y el centro de control. Esto sucede mayormente en zonas rurales y afecta la posibilidad de tener una trazabilidad completa de la mercancía o contenedor en tránsito.

#### Recuadro 3-2: Digitalización en puertos

Con el fin de convertirse en el puerto más inteligente del mundo, el puerto de Rotterdam está trabajando con IBM en la recolección de datos mediante sensores IoT, la utilización de datos meteorológicos y la implementación de inteligencia artificial para el análisis de *big data* sobre el estado de la infraestructura, mareas y corrientes, la velocidad y dirección del viento, etc. Con base en esta información, se toman decisiones para la optimización de las operaciones portuarias, incluyendo tiempos de espera, tiempos de atraque de los buques y ubicación de los mismos en los muelles.

El puerto de Qindao en China, uno de los diez puertos más activos en el mundo, fue el primer puerto completamente automatizado de Asia donde, desde 2017, se utilizan únicamente robots y máquinas para cargar y descargar contenedores. Todas las operaciones se encuentran digitalizadas y controladas en gran parte por inteligencia artificial. En colaboración con Ericsson y China Unicom, el cuarto operador de telefonía celular más grande del mundo, la nueva meta del puerto es el despliegue de redes 5G.

Otro problema puntualizado en las entrevistas es la falta de coordinación y armonización de estrategias digitales implementadas en los nodos de entrada y salida de un país. Esto se debe a que, en muchos casos, los nodos responden a diferentes instituciones (entes estatales o municipalidades) que no alcanzan a coordinar estrategias comunes de digitalización. Es común observar en ciertos países industrializados, por ejemplo, nodos portuarios implementando diferentes estrategias de digitalización (una enfocada en el despliegue de sistemas robóticos, flujos operativos y vehículos autónomos, y la segunda concentrada en herramientas digitales y flujos de información). Este tipo de divergencia en estrategias digitalización representa un obstáculo para la compartición de información y la gestión integrada de nodos.

### 3.8 Tecnología

Si bien la tecnología digital está ubicada en el centro de la Cadena de Suministro 4.0 (véase el Capítulo 1 para mayores detalles), uno de los más grandes desafíos para su adopción por parte de todos los actores arriba presentados es la incompatibilidad entre sistemas e interfaces. A pesar de que las empresas de tecnología están desarrollando soluciones innovadoras en áreas como analítica predictiva, inteligencia artificial, dispositivos móviles, tecnología de sensores, vehículos autónomos y sistemas robóticos, las empresas manufactureras y los proveedores de servicios logísticos siguen enfrentando el obstáculo de la incompatibilidad tecnológica. Este problema se torna aún más grave en el sentido de que las nuevas tecnologías deben integrarse con sistemas e infraestructuras legadas. Es en este marco que muchos proveedores de tecnología han comenzado a ofrecer servicios y plataformas para la gestión de la cadena de suministro, capaces de integrar múltiples interfaces, así como almacenar y procesar grandes cantidades de información generada por los dispositivos conectados. Ejemplos de plataformas digitales o “en la nube” son *Predix* de General Electric, *Azure* de Microsoft y *Watson* de IBM (Véase capítulo 1).

Un segundo desafío en el área tecnológica reside en que la mayoría de las soluciones y casos de uso desarrollados para la cadena de suministro está enfocada en responder a las necesidades de grandes empresas de manufactura, dejando de lado los requerimientos de pequeños fabricantes, proveedores de segundo ni-

vel y operadores logísticos pequeños y medianos. Esto resulta en una ausencia de soluciones adaptadas a las necesidades de este segmento, tanto en términos de funcionalidad como de costo. Por el lado positivo, una gran empresa tecnológica entrevistada indicó que ya se encuentra enfocada en construir una oferta comercial para empresas pequeñas y medianas, dado que esto le provee una visión anticipada de ciertas aplicaciones innovadoras. Reconociendo la falta de recursos financieros para invertir en nuevas aplicaciones, esta empresa tecnológica provee a pequeños usuarios descuentos sustanciales, combinando esto con la oportunidad de coinvertir en proyectos de desarrollo tecnológico.

Como es posible observar a partir de la experiencia de los países avanzados, el camino a la transformación digital de cadenas de suministro se encuentra lleno de incentivos, pero también de barreras de diferente tipo. A manera de resumen, la información recabada por medio de las entrevistas y reportes disponibles para estos países ha permitido identificar los siguientes incentivos y barreras en el proceso de transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 (ver Tabla 3-2).

---

#### NOTAS:

21. Vox (2017): *This is how Walmart, Amazon, Target and others are coming up with new ways of getting more stuff to you faster*; <https://www.vox.com/2017/10/13/16392676/ecommerce-delivery-dominance-amazon-alibaba-last-mile-pickup-kiosk-locker>

22. Reuters (2017): *Wal-Mart buys delivery logistics startup Parcel*; <https://www.reuters.com/article/us-parcel-m-a-walmart/wal-mart-buys-delivery-logistics-startup-parcel-idUSKCNIC80DI>

23. Walmart (n.y.): *Automation is reshaping work across America. A new Report explores the impact – and how communities might respond*; <https://corporate.walmart.com/2019/02/13/automation-is-reshaping-work-across-america-a-new-report-explores-the-impact-and-how-communities-might-respond>

24. CNN (2018), “*Watch out FedEx and UPS: Amazon is growing its air fleet again*”, disponible en: <https://www.cnn.com/2018/12/21/tech/amazon-air-cargo-jets/index.html>

25. Business Insider (2018), “*Amazon just revealed an update to its plan to promise massive profits to anyone who wants to start a delivery company*”, disponible en: <https://www.businessinsider.com/amazon-buys-mercedes-benz-vans-for-delivery-program-2018-9>

26. CNBC (2019), “*Amazon is rapidly expanding its air fleet to handle more of its own shipping*”, disponible en: <https://www.cnbc.com/2019/02/15/amazon-will-compete-with-fedex-and-ups-to-become-logistics-company.html>

27. Por ejemplo, empresas como Maersk, P&G, Daimler, Samsung, Pepsico y Goodyear poseen acuerdos con la incubadora global Plug&Play, donde se familiarizan con el ecosistema de emprendimiento, las tec-

**Tabla 3-2. Incentivos y barreras en la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 en países avanzados**

Actores	Incentivos	Barreras
Proveedores de primer nivel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocación de sistemas y transferencia de tecnología por parte de fabricantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acceso limitado a capital humano y recursos.</li> </ul>
Proveedores de segundo nivel y PyMEs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descuentos de proveedores tecnológicos y coinversión.</li> <li>Programas e incentivos gubernamentales (ver Capítulo 3).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología y casos de uso enfocados en proveedores de primer nivel.</li> <li>Acceso limitado a capital humano y recursos .</li> <li>Diferentes prioridades para los estratos gerenciales.</li> </ul>
Grandes fabricantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presión competitiva .</li> <li>Integración vertical e internacionalización.</li> <li>Nuevas tecnologías basadas en web y nube</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multiplicidad de tecnologías no compatibles.</li> <li>Barreras organizativas.</li> <li>Inmadurez tecnológica.</li> </ul>
Proveedores de servicios logísticos y gestores de infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presión del mercado.</li> <li>Codesarrollo con fabricantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dependencia en transportistas pequeños.</li> <li>Estructura de mercado.</li> <li>Multiplicidad de tecnologías no compatibles.</li> <li>Inmadurez tecnológica.</li> </ul>
Transportistas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cierta presión competitiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor disponibilidad tecnológica.</li> <li>Acceso limitado a capital humano y recursos</li> <li>Baja transparencia.</li> <li>Problemas en la interoperabilidad de sistemas.</li> </ul>

nologías emergentes y los proyectos en desarrollo, y se facilita la estructuración de alianzas para la colaboración entre grandes empresas y desarrolladores de tecnología.

28. US Small Business Administration, 2016.

29. Eurostat, 2011.

# 4

## **BUENAS PRÁCTICAS Y LECCIONES APRENDIDAS DE LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN LA TRANSICIÓN HACIA LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0**

Con el reconocimiento de que la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 enfrenta una serie de barreras, los gobiernos de países avanzados, en algunos casos en colaboración con el sector privado, han desplegado programas e iniciativas orientadas a reducir estos obstáculos. Este capítulo presenta una síntesis de buenas prácticas implementadas por tales países. Las mismas pueden agruparse en cuatro tipos de intervenciones:

- Planes nacionales y estrategias con impacto en aspectos específicos de la cadena de suministro;
- Apoyo a la pequeña y mediana empresa;
- Desarrollo de estándares para la comunicación interorganizacional; y
- Programas basados en la colaboración entre los sectores público y privado.

Este capítulo parte del análisis documental y entrevistas de expertos de los sectores público y privado realizadas para este estudio en Alemania, China, Corea del

Sur, España, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, y Singapur.

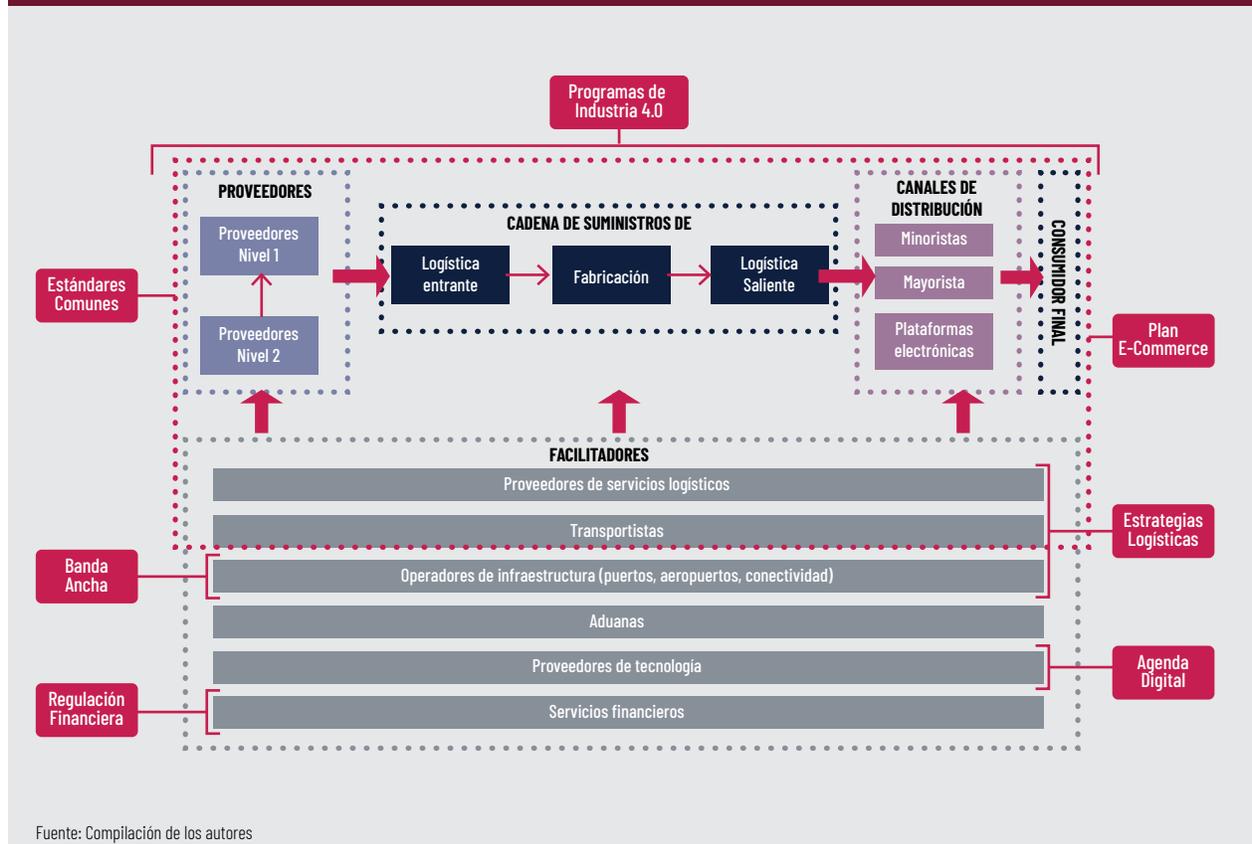
#### 4.1 Estrategias integrales para la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0

Si bien no existen estrategias integrales enfocadas específicamente en la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0, los gobiernos de países industrializados han lanzado, a veces en coordinación con el sector privado, numerosas iniciativas que ejercen una influencia positiva en la transformación digital. Estas pueden ser categorizadas a partir del marco analítico de la cadena de suministro presentado en el Capítulo 2.

##### 4.1.1. Programas de Industria 4.0

La experiencia de países industrializados indica que es mediante la formulación de planes nacionales de Industria 4.0 que los gobiernos definen estrategias para estimular la digitalización de procesos productivos. Estos planes nacionales tienen una influencia directa en el proceso de transformación digital de la cadena

**Figura 4-1** Iniciativas del sector público que aceleran la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0



de suministro. Entre las buenas prácticas identificadas en el marco de dichos planes, el sector público elabora, en colaboración con el sector privado, hojas de ruta y guías metodológicas para ayudar a empresas manufactureras a iniciar el camino hacia la Industria 4.0. Estas iniciativas son complementadas con la construcción de casos de uso de tecnologías digitales avanzadas y el desarrollo de índices de madurez, que permiten a las empresas embarcadas en el camino de la transformación digital medir su grado de avance. En lo que respecta a la documentación de casos de uso, la experiencia alemana es la más avanzada. En cuanto al desarrollo de índices de madurez, España y Singapur brindan los ejemplos más sofisticados. En particular, el índice de madurez de Singapur es el único que contiene un módulo específicamente dedicado a evaluar el nivel de digitalización de la cadena de suministro.

En general, los planes de Industria 4.0 tienden a enfocarse en la digitalización de la pequeña y mediana empresa, reconociendo, de acuerdo con lo expresado en el capítulo 3, que las mismas son las más necesitadas

de apoyo en la transformación digital. Este apoyo se materializa en programas de capacitación, servicios de asesoría y consultoría, centros de desarrollo y prueba de nuevos casos de uso, e incentivos financieros.

El modelo alemán de Industria 4.0 es el ejemplo de mejor práctica. En particular, este país se enfoca en estimular la innovación tecnológica en industrias que tradicionalmente presentan un nivel de digitalización bajo, como lo son la textil, metalúrgica, o de artículos eléctricos. El énfasis en este caso es la introducción de tecnologías avanzadas tales como la nanotecnología, los sistemas robóticos, los materiales compuestos, y la impresión 3D. A partir de este modelo, industrias que tradicionalmente estaban asociadas con un nivel de baja digitalización comienzan a transitar el camino de su transformación. Esto tiene una importancia fundamental para el sector de empresas medianas denominado “*Mittlestand*”.

De acuerdo con este modelo, la estrategia de Industria 4.0 de Alemania se enfoca en el desarrollo tecnológi-

**Tabla 4-1. Nivel de digitalización de la cadena de suministro – Singapur**

Pilar de cadena de suministro – Dimensión de integración horizontal			
Clasificación		Definición	Descripción
1	No definido	Los procesos de la cadena de suministro no están definidos explícitamente.	Los procesos son gestionados y ejecutados en silos, basados en métodos informales ad-hoc.
2	Definido	Los procesos de la cadena de suministro están definidos y son ejecutados por trabajadores, apoyados por herramientas analógicas.	Los procesos son gestionados y ejecutados en silos basados en instrucciones y métodos formalizados.
3	Digital	Los procesos de la cadena de suministro están definidos y son ejecutados por trabajadores, con el apoyo de herramientas digitales.	Los procesos son ejecutados en silos por sistemas de información.
4	Integrado	Los procesos están integrados con proveedores y clientes a lo largo de la cadena de suministro	Los sistemas de información están vinculados de manera formal; sin embargo, la compartición de datos es ejecutada de manera manual.
5	Automatizado	Los procesos y sistemas integrados de la cadena de suministro están automatizados y cuentan con intervención humana limitada.	Los sistemas de información están vinculados de manera formal; la compartición de datos es realizada por sistemas computarizados.
6	Inteligente	Los procesos y sistemas de la cadena de suministro están automatizados, analizando datos y reaccionando de manera acorde, sin intervención humana.	Los sistemas de información están integrados, e incluyen la optimización de procesos mediante el análisis de datos.

Fuente: EDB Singapore (2017), The Singapore Smart Industry Index.

co y su difusión horizontal para tecnologías específicas y verticales dentro de los sectores industriales predeterminados. La red de Institutos Fraunhofer coordina empresas privadas y universidades para realizar investigación en áreas tecnológicas específicas. Este abordaje longitudinal que cubre múltiples sectores es complementado con la acción de consorcios de universidades y empresas privadas, enfocados más específicamente en la aplicación de resultados de I+D para responder a necesidades particulares de sectores industriales. Este modelo ha sido adoptado por los Estados Unidos en el desarrollo de su red de centros tecnológicos (ver recuadro).

Numerosos países estudiados en el marco de este estudio han analizado el ejemplo alemán, con el propósito de imitar algunas de sus prácticas más relevantes (ver Tabla 4-2).

Por su parte, el caso estadounidense es particularmente ejemplificador, en la medida de que el país ha formalizado la colaboración entre entes gubernamentales y el sector privado para el despliegue de centros de investigación y capacitación, enfocados en tecnologías avanzadas con impacto en la cadena de suministro.

Cabe mencionar que, en varios de los casos analizados, las estrategias nacionales se combinan con estrategias regionales enfocadas en la transformación hacia la Industria 4.0. En este sentido, por ejemplo, España cuenta con el Plan Nacional de Industria Conectada 4.0 del Ministerio de Industria, Economía y Competitividad, que se complementa con Programas Regionales como el de *Basque Industry 4.0* para potenciar la transformación de los agentes regionales.

#### 4.1.2 Planes Logísticos

En los últimos años, los países analizados han diseñado o reformulado sus planes logísticos para incorporar a la transformación digital dentro de sus prioridades en este sector. Se busca así aumentar el desarrollo tecnológico de nodos (puertos inteligentes, terminales multi-modales, etc.), la digitalización de la función logística y la simplificación y digitalización de trámites aduaneros y de control. El Plan Federal de Infraestructura de Transporte 2030 y la Agenda Marítima 2025 de Alemania son ejemplos de buenas prácticas en la medida de que estos incluyen específicamente el vínculo

### Estados Unidos

En el año 2012 el gobierno definió las bases del lanzamiento de la Red Nacional para la Innovación Nacional en Industrias Manufactureras (en inglés, *National Network for Manufacturing Innovation*). Rebautizada como *Manufacturing USA*, la red está compuesta por 15 institutos dedicados a investigación y desarrollo orientada a resolver los desafíos ocasionados en la dificultad de asimilación tecnológica en industrias manufactureras. Adicionalmente, los institutos están encargados de desarrollar programas de capacitación tecnológica de la fuerza de trabajo y proveer apoyo a empresas grandes, medianas y pequeñas.

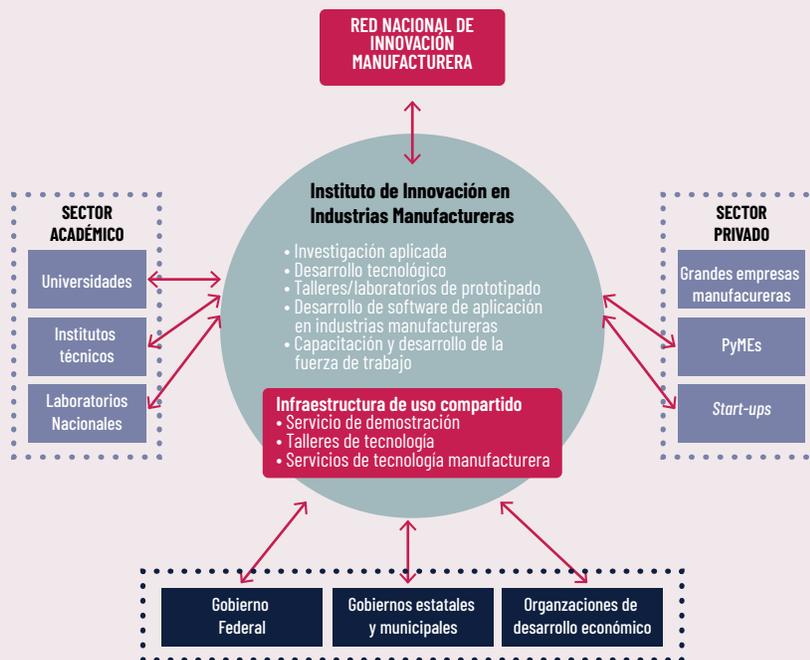


Tabla 4-2. Planes Nacionales con foco en Industria 4.0

País	Planes	Año	Desarrollado por
Alemania	Industria 4.0	2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía</li> <li>Ministerio Federal de Economía y Tecnología</li> </ul>
Japón	Iniciativa de Cadena de Valor Industrial	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Economía, Comercio e Inversión</li> <li>División de Sistemas de Manufactura de la Sociedad de Ingenieros Mecánicos</li> </ul>
	Revitalización de Industria Japonesa	2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oficina del Primer Ministro</li> </ul>
Corea del Sur	Innovación Manufacturera 4.0		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Ciencia, TIC y Planeamiento Futuro</li> <li>Ministerio de Comercio, Industria y Economía</li> </ul>
Italia	Plan Industrial Nacional 4.0	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Desarrollo Económico</li> </ul>
	Clúster de Manufactura Italiana Inteligente	2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asociación de Empresas del Sector Privado</li> </ul>
España	Industria conectada 4.0	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Industria, Economía y Competitividad</li> </ul>
Francia	Alianza Industria del Futuro	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Economía</li> <li>Organización colegiada del sector público, privado y académico</li> </ul>
China	<i>Made in China 2025</i>	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Industria y Tecnología de la Información</li> <li>Fondo de Inversión Multilateral</li> </ul>
	Estrategia de Informatización y Desarrollo Industrial	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comisión de Desarrollo Nacional</li> </ul>
Singapur	Nación Inteligente	2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oficina de Primer Ministro</li> <li>Agencia de Tecnología Gubernamental</li> <li>Oficina de Gobierno Digital</li> </ul>
Estados Unidos	Asociación de Manufactura Avanzada 2.0	2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Departamento de Comercio</li> </ul>
	Manufactura USA	2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>Departamento de Comercio</li> <li>Departamento de Energía</li> <li>Departamento de Defensa</li> </ul>

Fuente: Compilación de los autores

entre logística y digitalización. En el primer caso, se establece la necesidad de crear un marco regulatorio para fomentar la implementación de nuevas tecnologías en la infraestructura de transporte, incluyendo carreteras, puertos, ríos y ferrovías. De manera específica, se establecen como objetivos la dotación de sistemas inteligentes de transporte en: (i) los principales corredores logísticos, a fin de mejorar la captura y transmisión de datos para la gestión de tráfico y la optimización del uso de la infraestructura; y (ii) los corredores fluviales, proveyendo información a los buques para la planificación de su navegación y a los operadores para la gestión de la infraestructura por-

tuaria y de exclusas. Por su parte, la Agenda Marítima 2025 identifica dentro de sus áreas de acción prioritarias la necesidad de aplicar la tecnología 4.0 a la industria y la infraestructura marítima, a fin de incrementar la competitividad del país en el sector. Para ello, se señala la necesidad de avanzar en el despliegue de redes 5G, la investigación y el testeado de tecnologías 4.0 para el sector marítimo, la capacitación de la fuerza laboral, el establecimiento de estándares internacionales y la promoción del diálogo con todos los actores involucrados en las cadenas de suministro marítimas, para avanzar de manera conjunta en la transformación digital.

El Plan de Desarrollo de Infraestructura de Logística para el Mediano y Largo Plazo (2014-2020) de China es también un ejemplo relevante, ya que presenta al sector logístico como una de las industrias estratégicas para el país. De este modo, propone un innovador marco integral para acelerar el desarrollo de la industria logística, mejorar su eficiencia e incrementar su competitividad. Ello se plantea como pilar fundamental en la implementación de la estrategia “One Belt One Road”, promovida por el gobierno chino para mejorar la conectividad de China con sus socios comerciales. La guía publicada en 2017 para reforzar la reducción de costos y la eficiencia del sector logístico incluye la simplificación y digitalización de procesos administrativos y de control; el desarrollo de estándares para compartir datos entre sectores público y privado; el impulso a la digitalización de la comunicación con infraestructura de transporte (carreteras, puertos, aeropuertos) y agencias de gobierno (por ejemplo, aduanas y correos) y a la transmisión de información por vía digital a lo largo de la cadena de suministro; el incentivo a pilotos y empresas que provean soluciones digitales para procesos logísticos; el impulso a la adopción de la robótica y la automatización por parte de las compañías de logística (por ejemplo, en los almacenes dedicados a comercio electrónico); y el fortalecimiento de la inclusión financiera para facilitar el desarrollo del comercio electrónico.

Es importante mencionar que, de acuerdo con las buenas prácticas, los planes estratégicos de logística

deben estar basados en una visión integral del sector transporte e incluir a los diferentes modos dentro de un marco rector integral. El ejemplo más acabado de este concepto es el Plan Maestro Nacional de Logística 2011-2020 de Corea del Sur (ver recuadro). Por otro lado, es interesante notar la diferencia de enfoque adoptada por Estados Unidos acerca de la relación entre tecnología e infraestructura logística: en la Estrategia Nacional de Seguridad de Cadenas de Suministro de este país, se propone como objetivo asegurar la resiliencia de las cadenas de suministro ante potenciales efectos negativos de la tecnología, tales como las interrupciones causadas por eventos de ciberseguridad, incluidos los ciberataques a la infraestructura logística.

El desarrollo de planes nacionales logísticos tiende a ser liderado, en la mayoría de los casos, por Ministerios de Transporte (ver Tabla 4-3).

El ejemplo coreano es particularmente importante, en la medida de que plantea un horizonte de largo plazo (ocho años) guiado por una visión estratégica.

#### 4.1.3 Planes y agendas digitales

Complementando las estrategias logísticas, los planes y agendas digitales se enfocan en temas específicos de infraestructura de telecomunicaciones, como lo son los planes de banda ancha, o en agendas digitales, más

**Tabla 4-3. Planes Nacionales Logísticos**

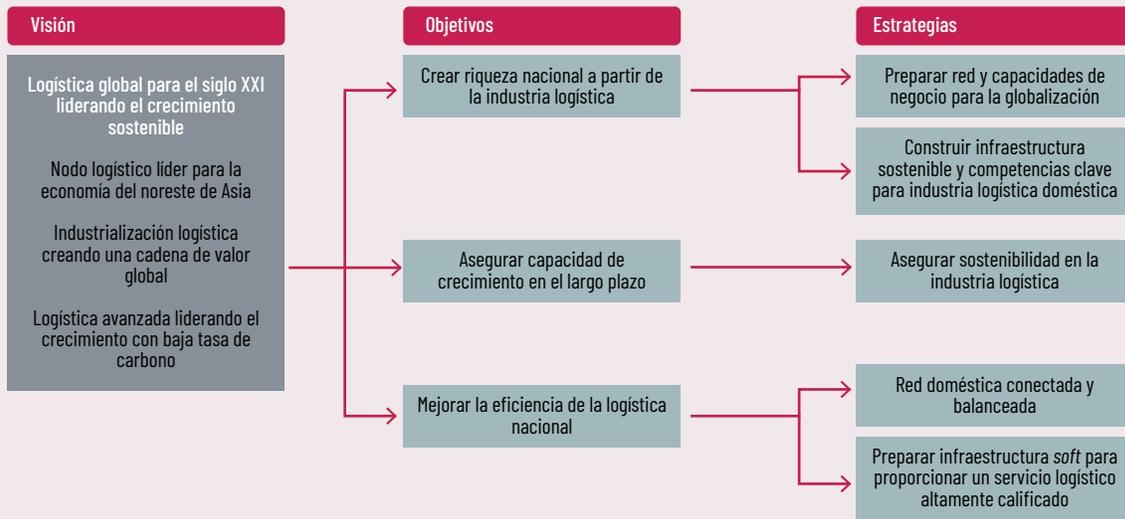
País	Plan	Año	Desarrollado por	Promoción de nuevas tecnologías
	Plan federal de Infraestructura de Transporte 2030	2016	Ministerio federal de Transporte e Infraestructura Digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear un marco regulatorio para fomentar la implementación de nuevas tecnologías en la infraestructura de transporte.</li> <li>• Dotar de sistemas de transporte inteligente a los principales corredores logísticos, fluviales y férreos.</li> </ul>
Alemania	Agenda Marítima 2025	2017	Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover el diálogo entre los actores de las cadenas de suministro marítimas.</li> <li>• Promover y orientar el desarrollo de tecnología 4.0 y estándares para la industria marítima por medio de proyectos colaborativos entre actores del sector.</li> <li>• Fortalecer el capital humano mediante entrenamientos en nuevas tecnologías aplicadas al sector</li> </ul>
Japón	Plan Básico de Políticas de Transporte	2013	Ministerio del Interior, Infraestructura, Transporte y Turismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansión global de sistema de procesamiento de información de exportación e importación (NACCS).</li> <li>• Despliegue de redes de visualización del flujo de mercancías como NEAL-NET.</li> </ul>

País	Plan	Año	Desarrollado por	Promoción de nuevas tecnologías
Corea del Sur	Plan nacional Maestro de Logística 2016-2025	2016	Ministerio del Interior, Transporte y Asuntos Marítimos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar proyectos de investigación sobre nuevos conceptos en el transporte de mercancías, particularmente los relacionados con el transporte sostenible y la promoción de la multimodalidad, a través de la integración tecnológica.</li> </ul>
Italia	Plan Estratégico Nacional Portuaria y de Logística	2014	Ministerio de Infraestructura y Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplificar los procesos aduaneros.</li> <li>Incrementar la transparencia, competencia y calidad de los servicios.</li> <li>Integrar el sistema logístico.</li> <li>Mejorar el desempeño de la infraestructura.</li> <li>Promover la sostenibilidad y la gobernanza.</li> </ul>
España	Estrategia Logística de España	2013	Ministerio de Fomento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento en la penetración del uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en las cadenas logísticas.</li> <li>Despliegue de sistemas de trazabilidad, gestión y seguimiento de mercancías.</li> <li>Incentivar la automatización de procesos de conducción de vehículos y operación de maquinaria.</li> </ul>
Francia	Francia Logística 2025	2016	Ministerio de Economía Ministerio del medio Ambiente, Energía y Mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hacer de la transformación digital un vector del desempeño logístico, estableciendo un sistema de gobernanza de los flujos informáticos con el propósito de su sincronización</li> <li>Estimular la I+D con respecto a aplicaciones tecnológicas dentro del sector privado.</li> </ul>
China	Plan de Desarrollo de Industria Logística de Mediano y Largo Plazo (2014–2020)	2014	Ministerio de Comunicaciones y Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplificar y digitalizar de procesos administrativos y de control.</li> <li>Desarrollar estándares para compartir datos entre sectores público y privado.</li> <li>Impulsar la digitalización de la comunicación con infraestructura de transporte y agencias de gobierno, así como la transmisión de información por vía digital a lo largo de la cadena de suministro.</li> <li>Apoyar pilotos y empresas que provean soluciones digitales para procesos logísticos.</li> <li>Impulsar la adopción de la robótica y la automatización por parte de las compañías de logística.</li> <li>Fortalecer la inclusión financiera para facilitar el desarrollo del comercio electrónico.</li> </ul>
Singapur	Hoja de Ruta de Logística y Productividad del Transporte	2013	Ministerio de Comercio e Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover la innovación y la eficiencia a nivel de empresa y de industria logística.</li> <li>Fortalecer las competencias en la gestión de cadenas de suministro.</li> <li>Servir de marco para acciones específicas como el desarrollo de un <i>toolkit</i> de mejora de productividad, campaña de posicionamiento de la industria logística, programas de formación profesional y establecimiento del Centro de Innovación para la Gestión de la Cadena de Suministro.</li> </ul>
Estados Unidos	Estrategia Nacional de Seguridad de Cadenas de Suministro	2012	Departamento de Seguridad Interior	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fomentar el movimiento eficiente y seguro de mercancías a lo largo de las cadenas de suministro y minimizar los riesgos de amenaza a la infraestructura, servicios e información relacionados con tales cadenas.</li> <li>Promover la resiliencia de las cadenas de suministro ante disrupciones en su infraestructura, servicios o intercambio de información.</li> <li>Actualizar los procesos de gestión de riesgo, alinear programas del gobierno federal y fomentar la colaboración con el sector privado y actores internacionales.</li> </ul>

Fuente: Compilación de los autores

## COREA DEL SUR

La visión del Plan Maestro Nacional de Logística de la República de Corea 2011-2020 tiene como objetivo transformar al país en el nodo logístico principal para el noreste de Asia, basado en una estructura de costos competitiva. Asimismo, se considera a la logística como una de las cinco industrias estratégicas del país, cuyo avance está basado en cinco objetivos estratégicos, entre los que se cuentan un esfuerzo intenso de I+D enfocado en el transporte de carga, el apoyo financiero y regulatorio para el desarrollo de una red de transporte de larga distancia, y una mayor especialización de puertos de comercio exterior.



Fuente: Plan Maestro Nacional de Logística de Corea

enfocadas en el desarrollo de un ecosistema de aplicaciones, con énfasis en la transformación digital.

Los planes nacionales de banda ancha presentan las orientaciones y hoja de ruta para que los sectores privado y público desarrollen las redes fijas y móviles, que son críticas para la transformación digital de la economía y de la sociedad en general. Más específicamente, los planes nacionales de banda ancha pueden incluir no solo redes de alta capacidad sino también definiciones y guías para alcanzar la interoperabilidad de sistemas de IoT. Por ejemplo, basándose en la definición de estrategias de migración a estándares comunes de datos, los gobiernos pueden facilitar la interconexión de plataformas y, por lo tanto, reforzar la transferencia de información en tiempo real entre actores de la cadena de suministro.

En la segunda categoría, las agendas digitales involucran, entre otras áreas, el financiamiento e incubación de empresas de tecnología enfocadas en el desarrollo de productos y servicios para mejorar la eficiencia de

la cadena de suministro (por ejemplo, aplicaciones de inteligencia artificial o sistemas robóticos). Adicionalmente, las agendas digitales proveen una guía para la transformación digital del sector productivo, enfocándose en particular en el sector de pequeñas y medianas empresas. Otras áreas de definición de las agendas digitales son el desarrollo de un sector de comercio electrónico, con el consiguiente énfasis en plataformas de internet y canales virtuales. Finalmente, estas agendas también pueden enfocarse en la regulación de servicios financieros, protección de datos, marco tributario de la economía digital, ciberseguridad y protección de usuarios en transacciones de comercio electrónico —todos ellos aspectos claves para la transformación *digital end-to-end* de una cadena de suministro.

Si bien todos los países avanzados poseen planes nacionales de banda ancha y agendas digitales, el ejemplo coreano es particularmente relevante debido a dos factores: (i) la periodicidad en el planeamiento y actualización de metas; y (ii) la participación formal del sector privado en el desarrollo de planes.

## Plan de Desarrollo TIC de Corea

La planificación de largo plazo para el sector de TIC comenzó en 1982, cuando el gobierno designó al sector de telecomunicaciones como un área prioritaria en el Plan de Desarrollo Socioeconómico Quinquenal (1982-1986). El objetivo era alcanzar el despliegue universal de las líneas de teléfono fijas e impulsar el desarrollo de un sistema digital nacional. Esta iniciativa de promover la industria nacional de telecomunicaciones sentó las bases para el desarrollo tecnológico de Corea y su expansión a nivel internacional. En 1987 se diseñó el primer plan nacional focalizado en TICs, con una duración prevista de ocho años. A partir de 1995, el gobierno comenzó a implementar planes de cinco años, con la flexibilidad de ser modificados en el caso que las condiciones del ambiente de negocio y de desarrollo tecnológico cambiaran.

Una característica fundamental de los planes de desarrollo de TIC es su integralidad. Estos planes son concebidos como herramientas para facilitar la transición hacia una sociedad avanzada en materia de información. Esto implica que los ejes de planificación no sean solamente redes de infraestructura, sino que también incluyan políticas orientadas a desarrollar servicios, aplicaciones y demanda de tecnologías, convirtiendo a Corea en un ejemplo de planificación integral del sector TIC.

Un objetivo central de tales planes es la articulación de políticas industriales, de investigación y de provisión de financiamiento para el desarrollo de infraestructura tal como la red de banda ancha. Otro aspecto a destacar de la experiencia coreana es el rol clave que posee el gobierno en la implementación del plan de desarrollo de TIC. Es frecuente nominar a un "Zar TIC", quien tiene acceso directo al Presidente. Esto confiere la máxima importancia y apoyo para viabilizar la implementación del plan.

Fuente: Plan Maestro Nacional de Logística de Corea

### 4.2 Apoyo a pequeñas y medianas empresas

Tal como se mencionó en el Capítulo 3, las PyMEs constituyen actores importantes en el tejido productivo de la mayoría de las economías avanzadas. En Estados Unidos, 99% de los establecimientos industriales son pequeños o medianos (Oficina del Censo de Estados Unidos, 2016). De manera similar, 97,8% de las empresas manufactureras alemanas son pequeñas y medianas, mientras que 70% de las mismas están ubicadas en zonas rurales (Ezell, 2018). El porcentaje de PyMEs en la manufactura de Corea del Sur es 99%, en Japón 98,6% y en España 92%<sup>30</sup>.

La importancia del sector PyME en la matriz productiva de las economías avanzadas conlleva la importancia estratégica de acelerar su proceso de transformación digital. Sin embargo, como se detalló en el Capítulo 3, este sector está típicamente más rezagado. Las principales barreras a la adopción de tecnologías digitales incluyen conocimiento y capacidades limitadas, y escasa disponibilidad de recursos. Para afrontar estos obstáculos, los gobiernos de países industrializados han desarrollado programas orientados a estimular la

adopción de técnicas asociadas con la Industria 4.0 por parte del segmento PyME. Estas iniciativas suelen concentrarse en tres ejes de acción:

- Despliegue de centros tecnológicos para la promoción de prácticas relacionadas con la digitalización de procesos industriales, la investigación de tecnologías digitales y la capacitación de la fuerza de trabajo;
- Incentivos a la digitalización de procesos productivos mediante el otorgamiento de préstamos a baja tasa de interés o deducciones impositivas; y
- Difusión de conocimiento sobre las ventajas asociadas con conceptos de Industria 4.0, como el aumento de la productividad y la expansión de mercados.
- Si bien el sector público es quien típicamente lidera este tipo de iniciativas, muchos programas involucran la asociación con el sector privado y las universidades (ver Tabla 4-4).

Una de las mejores prácticas referentes al apoyo a la digitalización de PyMEs es la desplegada por la Alianza Industria del Futuro, dependiente del Ministerio de Economía de Francia (ver recuadro).

### 4.3 Estándares

La definición de estándares para la comunicación de datos facilita la interoperabilidad entre plataformas

**Tabla 4-4. Programas de apoyo a pequeñas y medianas empresas**

	Programas y Agencias de Apoyo a PyMEs	Apoyo Financiero a PyMEs
Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asociación de Extensión de Manufactura (APP)</li> <li>Manufactura USA (APP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de deducción impositiva para I+D</li> </ul>
Alemania	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciativa Digital Mittelstand (Ministerio de Asuntos Económicos y Energía)</li> <li>Institutos Fraunhofer (APP)</li> <li>Industrielle Gemeinschaftsforschung</li> <li>Steinbeis Centers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa Central de Innovación para Pymes</li> <li>Programa de Innovación ERP</li> </ul>
China	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centros de Innovación Manufacturera (Ministerio de Industria y Tecnología de Información)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fondo de Innovación para pequeñas empresas de tecnología</li> <li>Proyecto de crecimiento de PyMEs</li> </ul>
Japón	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centros Kohsetsushi (Ministerio de Economía, Comercio e Industria)</li> <li>Agencia de Pequeñas y Medianas Empresas</li> <li>Iniciativa Cadena de Valor Industrial (Ministerio de Empresa, Comercio e Inversión (APP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de préstamos a baja tasa de interés</li> <li>Deducción impositiva para promoción de inversiones de PyMEs</li> </ul>
Corea del Sur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciativa de Fabrica Inteligente de Corea (Ministerio de Comercio, Industria y Energía)</li> <li>Ministerio de PyMEs y <i>start-ups</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Préstamos a baja tasa de interés</li> </ul>
Francia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alianza Industria del Futuro (Ministerio de Economía) (APP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ayuda financiera</li> <li>Deducciones impositivas</li> </ul>
España	<ul style="list-style-type: none"> <li>Federación Española de Centros Tecnológicos</li> <li>Basque Industry 4.0 (SPRI)</li> <li>Laboratorio de Economía Digital (ORKESTRA), Instituto de Competitividad del País Vasco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Préstamos y ayuda directa para investigación industrial e innovación</li> <li>Programas de apoyo y financiamiento para emprendedurismo e innovación en Industria 4.0, incluyendo prototipos y formación de capacidades</li> <li>Índice de digitalización, diagnóstico e iniciativas para facilitar la transformación digital del entramado del País Vasco</li> </ul>
Italia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabrica Inteligente (APP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deducción impositiva por inversión de capital y aumento de I+D</li> </ul>

APP: Asociación Público-Privada  
Fuente: Compilación de los autores

## FRANCIA

El foco principal del programa “Industria del Futuro” son las empresas medianas (*entreprises de taille intermédiaire*). El programa se concentra en tres ejes de intervención:

- **“Efecto vitrina”:** identificar aquellas empresas que han adoptado nuevas tecnologías de manera exitosa, cambiado su modelo operativo y, especialmente, generado resultados financieros positivos. Todas las comunicaciones de la Alianza incluyen una descripción de estos casos exitosos, presentándolos como ejemplos.
- **“Efecto demostración”:** la Alianza firma acuerdos con gobiernos regionales para coinvertir en estudios de diagnóstico de empresas, en los que se evalúa el grado de madurez en su transformación digital. El programa se basa en una visita de una semana a una empresa, lo que permite generar recomendaciones para adoptar tecnologías digitales y cambiar su modelo operativo para aumentar la rentabilidad. Las visitas son llevadas a cabo por gerentes de empresas similares y consideradas como líderes en la transformación digital. Al basar las recomendaciones en la perspectiva de un gerente de empresa se estimula su adopción. Los gerentes que realizan las visitas se ven recompensados por una percepción de notoriedad y prestigio industrial. La Alianza ha confeccionado una lista de alrededor 400 gerentes que donan una semana de trabajo por año para este programa.
- **Capacitación:** la Alianza ha creado programas de capacitación basados en la definición de las capacidades requeridas por ocupación en el marco de la transformación de la producción. Así, se han definido cinco grupos de ocupaciones (logística, mantenimiento, producción, gerencia y *big data*) y tres niveles de capacitación (ingeniero, técnico y operador). Cada intersección entre grupo de ocupación y nivel de capacitación define un programa de formación específico. Estos niveles específicos han sido desarrollados con base en entrevistas con empresas y han sido socializados con los Ministerios de Educación Nacional y Formación Continua.

Fuente: Industria del Futuro

y sistemas tecnológicos. Ello es clave para lograr la transmisión de datos entre actores de una cadena de suministro que pueden estar utilizando sistemas de diferentes proveedores de tecnología. Si bien es común que consorcios industriales de empresas del sector privado inicien el desarrollo de estándares por sí solos, los gobiernos juegan un papel importante en la definición de normas para facilitar la conectividad entre dispositivos y plataformas.

El abordaje seguido por los gobiernos para promover la adopción de estándares es variado. Ciertos países, como por ejemplo China, encaran el desarrollo de estándares de datos de manera centralizada y verticalizada, en un proceso liderado por el gobierno. En otros casos como Estados Unidos, es el sector privado quien asume un papel preeminente, relegando al gobierno a una posición secundaria, relacionada esta con la elaboración del marco legal una vez que las normas han sido definidas. En este último caso, el *Internet Industrial Consortium* (IIC) de Estados Unidos define estándares

de datos para las industrias de energía, salud, manufactura y transporte. Esta tarea incluye el desarrollo de arquitecturas de referencia, marcos teóricos y estándares abiertos para facilitar la interoperabilidad entre sistemas industriales.

Entre estos dos extremos, algunos gobiernos involucran al sector privado desde el inicio del programa de definición de estándares, creando un marco colaborativo sustentado por una relación estrecha entre los sectores público y privado. Por ejemplo, el gobierno de Corea del Sur, basándose en la autoridad de la Agencia Coreana de Estándares y Tecnología (KATS), ha definido un programa estructurado con cada sector industrial, involucrando al sector privado en los trabajos de definición. En el caso de Alemania, la definición de estándares para Industria 4.0 está guiado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Energía y el Ministerio de Educación e Investigación, al tiempo que representantes del sector privado, universidades y sindicatos participan en las mesas de trabajo.

Tabla 4-5. Programas de desarrollo de estándares

	Participación del Sector Público	Participación del Sector Privado
Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Departamento de Transporte promueve la adopción del uso de dispositivos para monitorear servicios de transporte terrestre (<i>Electronic Logging Devices</i>).</li> <li><i>American National Standards Institute</i> coordina las normas estadounidenses con las internacionales para facilitar el uso de productos manufacturados en los Estados Unidos. Asimismo, acredita los estándares desarrollados por organizaciones como asociaciones empresarias, grupos de consumidores, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Industrial Internet Consortium</i> (IIC) define estándares en energía, salud, manufactura y transporte.</li> <li>La Asociación de Tecnología Manufacturera (AMT) lideró el desarrollo de MT Connect, un estándar abierto para interoperabilidad de equipamiento de manufactura, que es utilizado en Europa, Brasil y China.</li> <li>La Coalición de Liderazgo de Manufactura Inteligente (SMLC) ha desarrollado una plataforma abierta para manufactura inteligente, que permite la instalación de aplicaciones industriales colaborativas</li> <li>El Instituto Americano de Estándares Nacionales promueve el desarrollo voluntario y consensuado de estándares para productos, servicios y sistemas.</li> </ul>
Alemania	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Asunto Económicos y Energía</li> <li>Ministerio de Educación e Investigación</li> <li>La Plataforma Industrie 4.0 apoya el desarrollo del Modelo de Referencia de Arquitectura, un marco de estándares e interoperabilidad para dispositivos, equipamiento productivo y dispositivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BITKOM, VDMA y ZVEI son asociaciones industriales privadas involucradas también en el desarrollo de estándares.</li> </ul>
China	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Industria y Tecnología de la Información</li> </ul>	
Japón	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Economía, Comercio e Inversión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciativa de Cadena de Valor Industrial</li> <li><i>E-F@ctory</i></li> <li>Industria 4.0</li> </ul>
Corea del Sur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agencia Corana para la Tecnología y Estándares (KATS)</li> <li>Ministerio de Comercio, Industria y Energía</li> <li>Ministerio de Ciencia, TIC y Planeamiento Futuro</li> <li>Agencia Nacional de Promoción TI</li> <li>Instituto Coreano de Economía Industrial y Comercio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asociaciones industriales</li> </ul>

Fuente: Compilación de los autores

#### 4.4 Colaboración multisectorial

La transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 requiere una colaboración estrecha entre los sectores público y privado. Esta colaboración asume diferentes formas. La más común es la construcción de centros tecnológicos con responsabilidad de investigación y capacitación (Alemania, Estados Unidos y Japón son los ejemplos paradigmáticos de este tipo de colaboración). Otra forma de colaboración menos común incluye el desarrollo de hojas de ruta y herramientas de análisis que ayudan a las PyMEs a gestionar su transformación digital (como presente en España, Estados

Unidos y Singapur). La colaboración para la definición de estándares necesarios para la comunicación interorganizacional es otra forma de trabajo conjunto entre los sectores público y privado (casos de Alemania, Corea y Estados Unidos).

La estructuración de programas de colaboración requiere una definición institucional clara de los roles y objetivos a cumplir por cada sector involucrado. Las experiencias más exitosas de colaboración, como la alemana, están basadas en una clara determinación de responsabilidades a asumir por cada parte. Otra práctica importante para asegurar el éxito de la cola-

boración incluye la definición de marcos colaborativos como políticas de Estado, yendo más allá de ciclos político-electorales. Esto asegura la permanencia de los diferentes programas de colaboración intersectorial, garantizando resultados. Finalmente, es importante remarcar que los programas más exitosos incluyen un riguroso método de evaluación periódica de resultados para refinar las intervenciones.

En este sentido, es importante que esa colaboración permita extender la experiencia generada en el estímulo de la digitalización en el sector manufacturero a otros sectores como los pequeños proveedores de servicios logísticos y las empresas de transporte terrestre. La experiencia internacional demuestra numerosos ejemplos de colaboración público-privada que han servido para acelerar la transformación digital en algunos eslabones de la cadena de suministro, principalmente el manufacturero. Algunos, como lo es la experiencia francesa de la Alianza Industria del Futuro, ya han sido presentados en las secciones precedentes. Otras iniciativas que han generado resultados positivos incluyen los siguientes tres tipos de intervención:

#### **4.4.1. Establecimiento de centros de transformación digital**

Los Centros Kohsetsushi, que operan ya desde hace varias décadas, constituyen una colaboración entre empresas del sector privado y gobiernos locales para desarrollar investigación y desarrollo junto con pequeñas y medianas empresas, así como ofrecer programas de capacitación y el acceso a infraestructura de investigación. Dado el volumen de centros (180 unidades), estos pueden responder a necesidades específicas de industrias a nivel local con tecnologías como robótica, sensores e inteligencia artificial. Los centros reciben amplio financiamiento del gobierno japonés.

En otro ejemplo, el Clúster Italiano Fábrica Inteligente es una cooperación del sector público, empresas del sector privado y universidades para la promoción de plataformas de innovación de la industria manufacturera enfocadas en I+D industrial, análisis de requerimientos tecnológicos, compartición de conocimientos y capacitación de investigadores. De manera similar, gobiernos locales y grandes corporaciones de Corea del Sur (como Samsung, Hyundai-Kia, LG, SKT, GS, Doosan, y Lotte) operan de manera conjunta 17 centros de innovación y economía creativa. En el mismo tenor,

el gobierno de Estados Unidos provee financiamiento para la instalación de centros que promuevan el desarrollo tecnológico y contribuyan a avanzar en la regulación sectorial de tecnologías de transporte como los vehículos aéreos no tripulados (drones) y los coches autónomos.

#### **4.4.2 Desarrollo de hojas de ruta o guías de transformación digital**

Esta iniciativa se enfoca en el desarrollo conjunto de hojas de ruta o guías para ayudar a empresas pequeñas y medianas en su transformación digital. Por ejemplo, véase la guía de transformación desarrollada en base a la colaboración entre McKinsey y el Instituto de Diseño e Innovación de Manufactura Digital de Estados Unidos.

Un esfuerzo similar fue desplegado por la Academia de Ciencias e Ingeniería Alemana, que culminó en el lanzamiento de un índice de madurez Industria 4.0, el cual describe un sendero de desarrollo de seis etapas, que lleva una empresa desde la capacidad de implementación de digitalización básica a la posibilidad de realizar diagnósticos de producción en tiempo real y anticipar cambios en la demanda, optimizando el funcionamiento de operaciones de manufactura.

En otro ejemplo de colaboración público-privada, el Índice de Industria Inteligente de Singapur fue desarrollado por el sector público en asociación con la empresa TÜV SÜD y validado por empresas privadas y expertos universitarios. El índice fue diseñado como una herramienta para ser usada por cualquier empresa, independientemente de su tamaño o industria, enfocándose en tres elementos clave del paradigma de Industria 4.0 (ver Figura 4-1). Corresponde remarcar que este índice incluye un pilar específico sobre cadena de suministro, lo que permite a una empresa evaluar el grado de transformación de la cadena en la que se encuentra inserta.

#### **4.4.3 Documentación de casos de uso para la aplicación de tecnologías digitales avanzadas**

El caso más claro de colaboración intersectorial para a la documentación de casos de uso es el desplegado en el marco de la iniciativa alemana Industria 4.0. Entre los 300 casos de uso relevados, cabe mencionar aquellos enfocados en áreas de digitalización de aspectos específicos de la cadena de suministro (ver Tabla 4-6).

Figura 4-1. Marco teórico del Índice de Evaluación de Desarrollo de Industria Inteligente

Índice de Preparación para Manufactura Inteligente								
Tres Bloques								
Procesos			Tecnología			Organización		
Ocho Pilares								
Operaciones	Cadena de suministro	Ciclo de vida de producto	Automatización	Conectividad	Inteligencia	Talento	Estructura y gestión	
Dieciséis dimensiones								
Integración vertical	Integración horizontal	Ciclo integrado de producto	Taller			Capacitación de fuerza de trabajo	Colaboración interna y externa	
			Empresa			Alistamiento de gerencia	Estrategia y gobernanza	
			Establecimiento					

Fuente: EDB Singapore (2017). *The Singapore Smart Industry Index*

A modo de resumen de este capítulo, el estudio de la experiencia internacional ha identificado las mejores prácticas y lecciones aprendidas en acciones de política pública para acelerar la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0, según se puede ver en la Tabla 4-7.

#### NOTAS:

30. Es importante mencionar que cada país clasifica a las pequeñas y medianas empresas de manera diferente. Por ejemplo, en Estados Unidos este grupo incluye a empresas con menos de 500 empleados, mientras que en la Unión Europea se refiere a establecimientos con menos de 250 empleados. Comisión Europea (2019, “*Small and medium-sized enterprises (SMEs): SME Definition*”, disponible en: [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/sme-definition/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/sme-definition/index_en.htm))

Tabla 4-6. Alemania - Industria 4.0 - Casos de uso documentados en relación con la cadena de suministro

Caso de uso	Descripción
Floor roller autónomo	Desarrollo de un sistema de transporte que consiste en robots que trabajan de manera coordinada y autónoma para asegurar el flujo de materiales en una planta de producción.
Vehículo controlado mediante gestos	Desarrollo de un software que permite el control de un vehículo mediante gestos.
iDisplay + CPS Mobile	Desarrollo de un software que permite recolectar datos sobre inventario mediante video-detección y enviar información sobre el estado de materiales y productos al sistema de ERP.
Logística inteligente	Desarrollo de plataformas de compartición de información en tiempo real con actores de la cadena de suministro acerca del estado de los procesos logísticos.
Plataforma de manufactura flexible	Desarrollo de una plataforma que permite la integración de maquinaria en una red de plantas de producción, permitiendo la fabricación de lotes unitarios vs. producción en masa.
Recolección por visión	Desarrollo de gafas inteligentes para la recolección de inventario y productos por visión.
Solución de conectividad inteligente	Gestión inteligente de flota para vehículos eléctricos, permitiendo conocer el estado de carga de cada vehículo y optimizar su ruta para evitar interrupciones por falta de energía.

Fuente: Plataforma Industria 4.0

**Tabla 4-7. Países Avanzados: Mejores prácticas y lecciones aprendidas en acciones de política pública para la Cadena de Suministro 4.0**

Mejores Prácticas	Lecciones aprendidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importancia de una estrategia integrada (Industria 4.0, Plan Logístico, Infraestructura Digital, Agenda para la Economía Digital).</li> <li>• Desarrollo de estándares para las cadenas de suministros.</li> <li>• Promoción de innovación tecnológica en industrias tradicionales.</li> <li>• Programas de apoyo a PyMEs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lanzar centros tecnológicos de apoyo a PyMEs desde el inicio de la estrategia 4.0.</li> <li>• Desarrollar programas de sensibilización y nivelación de capacidades para facilitar la transformación de cadenas clave. Desarrollar programas innovadores de subsidios para PyMEs.</li> <li>• Enfocar el esfuerzo transformador principalmente en PyMEs.</li> <li>• Basar los programas en la realidad específica del país en cuestión.</li> <li>• Asegurar la conectividad e integración inter-ministerial en los programas de implementación.</li> <li>• Extender el esfuerzo de digitalización al sector logístico.</li> <li>• Enfocarse en desbloquear los cuellos de botella de la cadena.</li> </ul>

# 5

## LA TRANSICIÓN HACIA LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN AMÉRICA LATINA

Habiendo analizado la situación, lecciones aprendidas y mejores prácticas en la transformación digital de la cadena de suministro en economías avanzadas, en este capítulo se presenta una síntesis de los hallazgos para un grupo de países de América Latina. Los países aquí analizados son Argentina, Brasil, Colombia, México y Paraguay. Para cada país, se seleccionaron cuatro de los sectores industriales más importantes para sus economías, a saber: automotriz, alimentos, electrodomésticos y textil. El estado de avance tecnológico de estos sectores, junto con los facilitadores de la cadena de suministro (infraestructura y servicios logísticos, aduanas, telecomunicaciones y políticas públicas), fue analizado sobre la base de entrevistas a más de 80 representantes de alto nivel de los sectores público, privado y académico, así como también una extensa revisión de estudios y datos de fuentes secundarias. Los capítulos 6 a 10 presentan el análisis detallado del estado de cada país en cuanto a la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0.

### 5.1 Estado actual

La transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 en América Latina se encuentra todavía en un estado embrionario, aunque ciertos actores presentan ya avances importantes. Por ejemplo, las empresas multinacionales y las grandes empresas multilaterales demuestran un nivel significativamente más avanzado que el resto de los actores de las cadenas analizadas. Las grandes empresas están familiarizadas con los

conceptos clave de la Industria 4.0 y el potencial de las nuevas tecnologías: por ejemplo, un estudio<sup>31</sup> realizado por la Confederación Nacional de Industrias de Brasil en el 2017 confirma un alto nivel de conocimiento por parte de los ejecutivos encuestados de los conceptos clave en la materia. Este conocimiento incluye, en particular, la digitalización de la gestión de la cadena de suministro: 46,6% de los ejecutivos encuestados indicó una alta probabilidad de que la digitalización mejore la relación con proveedores, mediante el monitoreo en tiempo real de órdenes de compra y la logística a través de servicios web. De manera similar, de acuerdo con un estudio realizado en Argentina el mismo año, el 76% de los ejecutivos de alto nivel entrevistados indicaron que la evolución hacia la Industria 4.0 formaba parte del debate en el nivel gerencial. Entre los temas de mayor interés, los ejecutivos mencionaron manufactura inteligente, gestión de operaciones en tiempo real y la implementación de tableros de control de desempeño<sup>32</sup>. Sin embargo, el nivel de conocimiento y de prioridad no es el mismo para las PyMEs. La Tabla 5-1 presenta un resumen de datos disponibles y entrevistas realizadas en el marco de este estudio para cuatro países de la región, indicando la diferencia presente entre los ejecutivos de grandes empresas y los gerentes de PyMEs.

Lo evidenciado para el proceso de manufactura puede ser generalizado a toda la cadena de suministro: como en el caso de las economías avanzadas, la transformación digital está evolucionando a dos velocidades. Por un lado, existe un reducido número de grandes empre-

**Tabla 5-1. América Latina: diferencia en el conocimiento de Industria 4.0 entre grandes empresas y PyMEs**

País	Gran empresa	PyME
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> <li>76% de grandes empresas encuestadas indica que la evolución hacia Industria 4.0 es parte de la discusión dentro de la alta gerencia. Entre los temas más discutidos se incluyen manufactura inteligente, gestión de desempeño en tiempo real y tableros digitales de desempeño (BCG, 2018). Asimismo son pocas las empresas que tienen una estrategia comprensiva de transformación del negocio apalancada en nuevas tecnologías, la mayoría de ellas cuenta iniciativas puntuales en curso o planes de iniciativas en áreas específicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industria 4.0 no es una prioridad en la agenda estratégica de PyMEs, especialmente en sectores como la industria textil y procesamiento de alimentos. El 60% de PyMEs no posee estrategia alguna de inversión en nuevas tecnologías (IDEA, 2018).</li> <li>Las condiciones del entorno macro y micro no son propicias para la inversión y la inestabilidad percibida aleja a las PyMEs de focalizarse en temas estratégicos. Este fenómeno agrava la situación ya preexistente del bajo nivel de conocimiento de las PyMEs acerca del significado, oportunidades e implicancias de la Cuarta Revolución Industrial y las necesidades de transformación digital.</li> <li>A pesar de ello, el ecosistema emprendedor tiene cierto dinamismo en Argentina y el surgimiento de emprendimientos de base tecnológica es creciente en varias cadenas, logrando despegarse de la dinámica de las PyMEs tradicionales. Sectores como el Agtech en la cadena de alimentos o los emprendimientos asociados a potenciar la competitividad logística muestran creciente actividad y atención de los fondos de inversión.</li> </ul>

País	Gran empresa	PyME
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> <li>48% de 632 empresas encuestadas planea invertir en tecnologías orientadas a la automatización e intercambio de datos en manufactura (CNI, 2018).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>74% de Pymes encuestadas no conocen el concepto de Industria 4.0.</li> <li>La mayoría de Las PyMEs no tiene planes para implementar tecnologías 4.0 en el futuro cercano y carecen de los recursos financieros para hacerlo.</li> <li>A pesar del contexto general de las PyMEs, se perciben espacios relacionados a cadenas y sectores específicos, como es el agro dentro de la cadena de alimentos, que en los últimos años presentan una creciente actividad emprendedora y un significativo desarrollo de la industria de capital de riesgo.</li> </ul>
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> <li>65% de las empresas encuestadas están familiarizadas con la 4ta Revolución Industrial (ANDI, 2017).</li> <li>17,7% de empresas han adoptado IoT, 8,2% sistemas robóticos, 6,3% impresión aditiva y 4,4% inteligencia artificial (Observatorio de Economía Digital).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10% de PyMEs han adoptado IoT, 1,4% sistemas robóticos, 3% impresión aditiva y 2,4% inteligencia artificial (Observatorio de Economía Digital).</li> <li>Según la afirmación de uno de los entrevistados para este estudio, "las PyMEs no solamente no entienden lo que es la 4ta Revolución Industrial; no entienden la oportunidad de la transformación digital".</li> </ul>
México	<ul style="list-style-type: none"> <li>59% de grandes empresas de manufactura poseen una estrategia de transformación digital (Siemens).</li> <li>31% de grandes empresas adquieren insumos por Internet (INEGI).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>19% de PyMEs adquieren insumos por Internet (INEGI).</li> </ul>

Fuente: Compilación de los autores

sas y sus respectivos proveedores de primer nivel, que demuestran un alto grado de conocimiento sobre las nuevas tecnologías y, consecuentemente, de preparación para afrontar la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0. Por otro lado, existe un gran número de PyMEs con bajo nivel de conocimiento y escasos recursos de gestión y financieros como para incorporarse a la transformación digital. Ahora bien, respecto a la experiencia recabada en los países avanzados, donde las empresas multinacionales lideran la transición hacia la Cadenas de Suministro 4.0, el "efecto tracción" de sus subsidiarias en la América Latina es menor. Como se verá más adelante, esto se debe a la complejidad del clima de negocios, la falta de capital humano especializado y una menor disponibilidad de tecnología en la región.

Además de la diferencia en conocimiento y preparación según el tamaño de empresa (entre la gran empresa y las PyMEs), existe una importante variación entre sectores industriales y entre países. Por ejemplo, de manera general, el sector automotriz presenta un mayor grado de preparación que el resto de los sectores. De acuerdo con un ejecutivo de una empresa multinacional del sector automotriz, la implementación de tecnologías digitales posee una importancia estratégica: "[nuestra] empresa ha definido una estrategia mundial para la transformación de la cadena de suministro, que debe ser adaptada por cada subsidiaria de acuerdo con los requerimientos

y condiciones de cada mercado local". Aun así, existen diferencias entre países. Al analizar la situación del sector automotriz por país, se observa que México es el país más avanzado en el diseño de estrategias tecnológicas y la adopción de nuevas tecnologías (en parte debido a la integración vertical con empresas de Estados Unidos), seguido por Brasil. Detrás de ellos se ubican Argentina (donde la transformación digital del sector se encuentra rezagada debido, en gran parte, a la volatilidad del contexto macroeconómico del país) y Colombia (debido a inferiores exigencias de transformación en un mercado local más reducido).

Por su parte, a fin de satisfacer los requerimientos de integración vertical con los fabricantes asiáticos, el sector de electrodomésticos está avanzando gradualmente en términos de su transformación digital. La importancia estratégica de este sector en Brasil y Argentina y los datos relevados mediante las entrevistas indican que, para mantener sus niveles de competitividad, ambas naciones estarían progresando rápidamente en un futuro cercano. Le sigue la industria alimenticia, cuyo nivel de avance se encuentra limitado por el clima de negocios en los países analizados, así como también la presencia de una gran cantidad de PyMEs que poseen obstáculos estructurales para abordar la transformación digital. Finalmente, el sector textil está en el extremo más rezagado del espectro, debido al enfoque de com-

petitividad basado en bajos costos laborales que poseen los países de la región, aunque existen diferencias por país. Así, las industrias textiles de México están ubicadas marginalmente en una posición más avanzada, dada la importancia económica de las maquiladoras<sup>33</sup> textiles en el país. Los capítulos 6 a 10 de este estudio analizan en detalle el estado de la transformación digital de estos sectores y de sus respectivas cadenas de suministro, para los diferentes países seleccionados. A manera de resumen, la Figura 5-1 ilustra el grado de transformación digital de los sectores seleccionados.

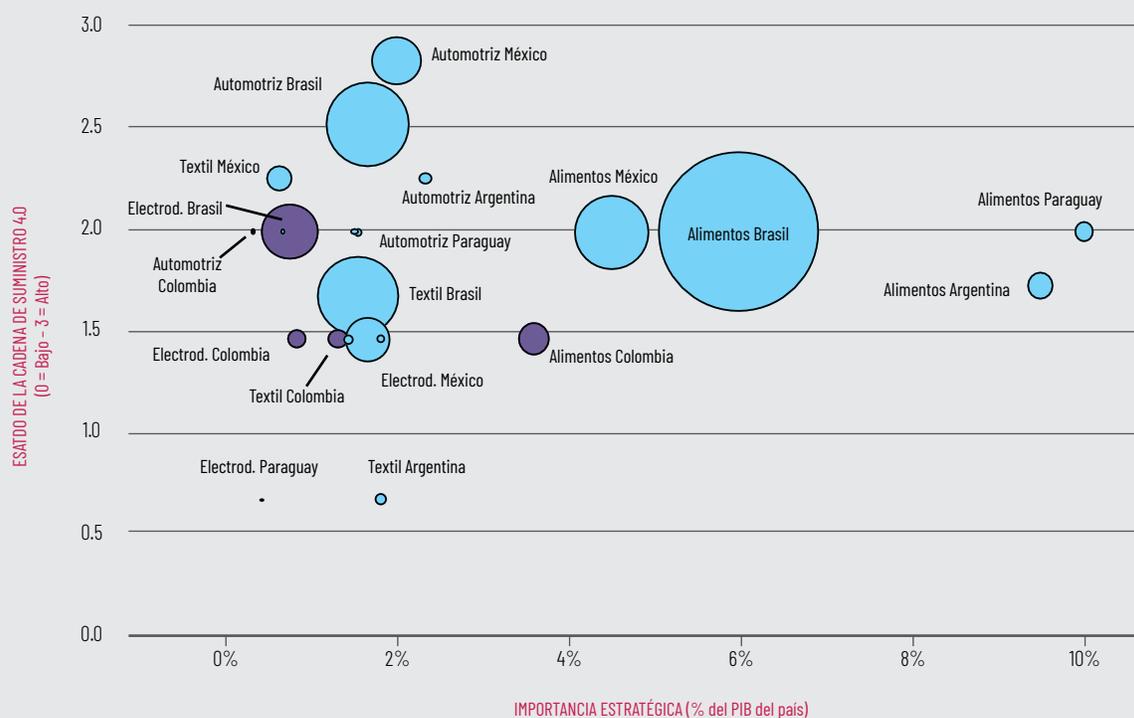
En base a este análisis sectorial, es posible identificar tres factores clave que determinan el grado de preparación para afrontar la transformación digital de la cadena de suministro de empresas de la región:

- **Grado de inserción en cadenas de suministro globales:** Las empresas que forman parte de cadenas globales tienden a estar más avanzadas en términos de su transformación digital, respecto a aquellas empresas enfocadas en mercados domésticos. Por ejemplo, en la industria automotriz, las subsi-

diarias tienden a beneficiarse del desarrollo tecnológico impulsado desde la casa matriz. De la misma manera, los proveedores de primer nivel de multinacionales demuestran un nivel más alto de adopción tecnológica, por el efecto derrame mencionado en el Capítulo 2 y por las exigencias en cuanto visibilidad y calidad de sus clientes.

- **Grado de integración vertical:** Las firmas que ocupan posiciones en más de un estadio o proceso en la cadena de suministro tienden a estar más avanzadas en la transformación digital. Esto es así porque estas buscan la eficiencia integral del negocio y la visibilidad a lo largo de sus diferentes estadios. Por ejemplo, las empresas que internalizan y controlan procesos logísticos (como el transporte terrestre) son más proclives a adoptar plataformas digitales que permiten la gestión integrada de procesos de aprovisionamiento, manufactura y distribución.
- **Nivel de intensidad competitiva:** Los sectores bajo amenaza de disrupción por jugadores no tradicionales son más proclives a implementar nuevas

**Figura 5-1 Estado de transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 en ALC**



Notas: El estado de la transformación digital por sector y país está basado en la información recabada a través de entrevistas a expertos e información de mercado secundaria. El tamaño del círculo indica el porcentaje del PIB que representa cada sector en cada país.  
Fuente: Autores

tecnologías para responder a la competencia. Por ejemplo, como fue presentado en los capítulos 2 y 3, las grandes empresas logísticas están incubando o adquiriendo plataformas digitales para proveer a sus clientes mayor visibilidad y, por lo tanto, mayor valor en procesos de la cadena de suministros como almacenamiento, transporte y gestión de inventario. Ello se debe al ingreso en el mercado de plataformas digitales y multinacionales de comercio electrónico.

Sumada a la dimensión de la empresa y el sector, los datos recabados para este estudio sugieren que el tamaño de la economía de un país —medido en PIB per cápita— representaría una cuarta variable determinante en el estadio de transformación digital de la cadena de suministro. Por ejemplo, en Paraguay todos los sectores presentan un rezago uniforme si son comparados con las economías más grandes de Brasil, México y Argentina. Ahora bien, dado que las maquiladoras textiles y de autopartes de Paraguay participan en cadenas regionales o globales, presentan un grado más avanzado de adopción tecnológica que los restantes aquí estudiados.

Habiendo analizado el estado actual de la transformación digital para los principales sectores industriales (nodo de manufactura de la cadena de suministro), surge la pregunta sobre cuáles son los factores que limitan la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0. En general, pueden señalarse cuatro:

- Desafíos estructurales relacionados con las condiciones regionales
- Bajo nivel de conocimiento y preparación del sector PyME, y disparidades de capacidades y disponibilidad de recursos para la transformación entre los actores de la cadena
- Limitaciones en los facilitadores de la cadena de suministro (subdesarrollo en la infraestructura de transporte y telecomunicaciones, baja eficiencia en agencias aduaneras, etc.)
- Falta de integración y coordinación de políticas públicas dentro de un marco único integrado

A continuación, se abordarán cada uno de ellos, teniendo en cuenta no sólo al nodo de manufactura, sino a los diferentes procesos y actores que intervienen en la cadena de suministro.

## 5.2 Barreras del contexto regional

Algunos de los obstáculos para la transformación digital de la cadena de suministro en América Latina son similares a los identificados en las economías avanzadas y presentados en el Capítulo 3 de este estudio. Adicionalmente a lo relevado en países industrializados, se han identificado otras barreras específicas a la región:

- Entornos económicos y políticos de cierta inestabilidad y condiciones poco propicias para la inversión presentes en algunos países de la región, que retrasan la implementación de iniciativas de transformación de empresas extranjeras innovadoras.
- Bajos costos laborales, los cuales compiten con los beneficios económicos potenciales generados por la adopción de tecnologías digitales
- Disponibilidad local limitada de tecnologías adaptadas a las necesidades de empresas de la región, lo que las obliga a buscar y adquirir soluciones avanzadas en el extranjero, implicando costos más elevados y reduciendo el retorno a la inversión
- Reducida disponibilidad de servicios para la implementación y mantenimiento de las nuevas tecnologías.
- Desconocimiento y falta de priorización por parte de los niveles medios y gerenciales, y falta de trabajadores calificados
- Resistencia cultural ocasionada por factores generacionales y el miedo a la pérdida de empleo
- Escasa disponibilidad de talentos entrenados y con capacidad de liderazgo para conducir estos procesos en empresas medianas y pequeñas

La evidencia recogida en esta investigación indica que los bajos costos laborales de la región tienden a competir directamente con los beneficios que podrían ser generados por la transformación digital. En efecto, la reducción de los costos laborales es uno de los principales incentivos para la adopción de nuevas tecnologías citados por los entrevistados de países avanzados (ver capítulo 4). Esto es evidente en procesos logísticos como etiquetado y preparación de órdenes, los cuales se encuentran altamente automatizados en los países avanzados, mientras

que en la región son realizados por trabajadores con un bajo nivel de retribución relativo. Por ejemplo, en México el costo laboral promedio es de USD \$6,36 por hora, mientras que en Brasil el mismo es de US\$ 11,20, y en Argentina USD \$18,87. Comparativamente, el costo por hora en los Estados Unidos es de USD \$38 y en Canadá USD \$30,60<sup>34</sup>. Por esta razón, en las palabras de un ejecutivo de una empresa multinacional, “al comparar el retorno a la inversión de la tecnología en México con el de otras economías avanzadas, el horizonte para generar resultados positivos es mucho más largo”. Es así como, según el ejecutivo, el horizonte para cubrir la inversión para algunas tecnologías puede alcanzar los diez años, mientras que en Estados Unidos la misma tecnología este es de tan solo dos años. Es importante mencionar, sin embargo, que la tendencia a la reducción de costos de tecnología está gradualmente disminuyendo este diferencial. Por ejemplo, de acuerdo a un ejecutivo entrevistado en México, mientras que en 2005 la tecnología requerida para la gestión de un centro de distribución era tres a cuatro veces más cara que el recurso humano, la diferencia en la actualidad es tan solo del 40%.

Más allá de los costos laborales, existen otros factores de índole microeconómica que actúan como obstáculos a la adopción de tecnologías digitales en la cadena de suministro:

- **Factores de escala:** la inversión en algunas tecnologías digitales en la cadena de suministro (por ejemplo, ciertos sistemas robóticos y clasificadores) está condicionada por las economías de escala, lo que implica que estas resultan atractivas solamente cuando son implementadas en grandes fábricas o centros de distribución. Muchas empresas de la región que disponen de grandes operaciones de distribución tienden a operarlas de manera descentralizada, en pequeños centros de despacho, para reducir riesgos de seguridad. Al descentralizar los centros de distribución, las economías de escala no pueden ser alcanzadas, con lo que la inversión en tecnologías digitales se torna menos rentable.
- **Transformación digital implementada en silos:** la adopción tecnológica en la cadena de suministro es abordada generalmente dentro de una sola función operativa, sin considerar la necesidad de enmarcarla en una reingeniería de procesos integral.<sup>35</sup> Esto tiende a crear barreras a la integración, problemas de interoperabilidad de sistemas y obs-

táculos a la compartición de información, lo que en última instancia conlleva altos costos de implementación.

- **Promesas incumplidas de beneficio de la inversión tecnológica:** de acuerdo con algunos expertos entrevistados, el mercado latinoamericano de tecnologías de información está influenciado por proveedores de tecnología y consultores que promueven una visión excesivamente optimista y, en algunos casos, irreal de los beneficios relacionados con la transformación digital. Esto genera un escepticismo por parte de las empresas respecto a la promesa tecnológica.
- **Dilema del innovador:** es común observar que algunas de las empresas más innovadoras de América Latina presentan costos operativos más altos que firmas con un inferior nivel de transformación. En virtud de esta observación, numerosas empresas tienden a escoger opciones menos innovadoras y potencialmente más rentables en el corto plazo.

Más allá de estos factores generales, cada país de la región debe enfrentar obstáculos específicos. Estos serán abordados en los Capítulos 6 a 10, correspondientes a los cinco países de foco de este estudio (Argentina, Brasil, Colombia, México y Paraguay).

### 5.3 Falta de conocimiento y capacidad de las PyMEs

Si bien las PyMEs de América Latina reconocen la necesidad de innovar, estas poseen un conocimiento limitado del impacto que las tecnologías digitales pueden tener en la cadena de suministro. Mientras muchas manifiestan ser conscientes de que se aproxima un momento de transformación ineludible, expresan cierto nivel de angustia ante la diversidad de tecnologías disponibles y su dificultad para evaluarlas en el marco de una transformación que favorezca a su negocio. En efecto, estas empresas típicamente carecen de los medios financieros, humanos y de gestión para abordar este tipo de transformación. Respecto a esto último, se evidencia capacidades muy limitadas en las posiciones de liderazgo y dirección para conducir el cambio cultural que implica una transformación de la magnitud planteada. Así, no alcanza con tener una agenda estratégica acertada, sino que se requiere también poner en funcionamiento dinámicas organizacionales ágiles orientadas a la innovación, la iteración y

la transformación digital. Muchas empresas medianas, con cierto liderazgo en la cadena, no cuenta con estas capacidades de liderazgo y les resulta difícil acceder a ellos en el mercado. Son pocos los talentos entrenados o con capacidades para desempeñar estos procesos y las compañías medianas no son lo suficientemente atractivas para estos talentos.

Finalmente, se debe considerar que las soluciones existentes en el mercado han sido diseñadas principal-

mente para responder a los requerimientos de grandes empresas en mercados avanzados y, en consecuencia, suelen no ser adecuadas para la escala y particularidades de las PyMEs de América Latina.

En Colombia, por ejemplo, el único país de la región que ha estudiado en profundidad la adopción de tecnologías digitales avanzadas, las estadísticas indican la existencia de una brecha significativa entre las PyMEs y las grandes empresas (ver Tabla 5-2).

**Tabla 5-2: Colombia: Adopción de tecnologías digitales avanzadas (porcentaje, 2017)**

Tecnología	Total (*)		Sector Secundario (**)		Sector Terciario (**)	
	Grandes empresas	PyMEs	Grandes empresas	PyMEs	Grandes empresas	PyMEs
Internet de las Cosas	17.7%	9.9%	17.1%	12.8%	20%	11.1%
Sistemas robóticos	8.2%	1.4%	2.4%	0.3%	12.2%	2.0%
Impresión tri-dimensional	6.3%	3.0%	4.9%	2.4%	6.7%	3.6%
Realidad virtual	3.2%	1.3%	2.4%	0%	4.4%	2.3%
Inteligencia Artificial	4.4%	2.4%	0%	0.3%	7.8%	4.3%

Notas: (\*) Muestra de 2,141 empresas; (\*\*) Muestra de 551 empresas; (\*\*\*) Muestra de 1,090 empresas.

Fuente: Katz, R., M.-C. Duarte, F. Callorda, D. Durán and C. Meisl, Observatorio de la Economía Digital de Colombia, MiTIC/Cámara de Comercio de Bogotá, 2018

**Tabla 5-3: Distribución de empresas por tamaño en América Latina (por número de empleados)**

	Argentina (2018)		Brasil (2014)		Colombia (2017)		México (2016)		Paraguay (2011)	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Grande	3,451	0.64%	13,854	0.30%	5,942	0.5%	10,461	0.19%	1,497	0.67%
Mediana	14,934	2.77%	66,305	1.45%	18,734	1.6%	47,724	0.84%		
Pequeña	70,594	13.09%	524,393	11.51%	71,366	6.3%	263,041	4.65%	6,457	2.88%
Micro	450,401	83.50%	3,952,859	86.73%	1,045,477	91.6%	5,332,788	94.32%	216,288	96.45%
Total	539,380		4,557,411		1,141,519		5,654,014		224,242	

Notas (por número de empleados):

- Argentina: Grande (>200); Mediana (50-200); Pequeña (10-49); Micro (<9)
- Brasil: Grande (>250); Mediana (50-250); Pequeña (10-49); Micro (<9)
- Colombia: Grande (>100); Mediana (51-100); Pequeña (11-50); Micro (<10)
- República Dominicana: Grande (>250); Mediana (50-250); Pequeña (10-49); Micro (<10)
- México: Grande (>250); Mediana (51-250); Pequeña (11-50); Micro (<10)
- Paraguay: Grande y mediana (50+); Pequeña (10-49); Micro (<10)

Fuentes: compiladas por los autores basadas en Argentina (Ministerio de Producción, 2018, GPS de Empresas Argentinas); Brasil (IBGE, Diretoria de Pesquisas, *Coordenação de Metodologia das Estatísticas de Empresas, Cadastros e Classificações, Cadastro Central de Empresas*, 2014); Colombia (DANE, Registro Mercantil de la Cámara de Comercio de Bogotá); República Dominicana (Directorio de Empresas y Establecimientos, 2013, Oficina Nacional de Estadísticas); México (INEGI, Censo Económico 2014 y Cuentas Nacionales, 2016); Paraguay (DGEEC, Censo Nacional Económico, 2011).

Esta brecha es particularmente importante considerando la importancia de la PyME en el tejido productivo de las economías de la región (ver Tabla 5-3).

#### 5.4 Limitaciones en los facilitadores de la cadena de suministro

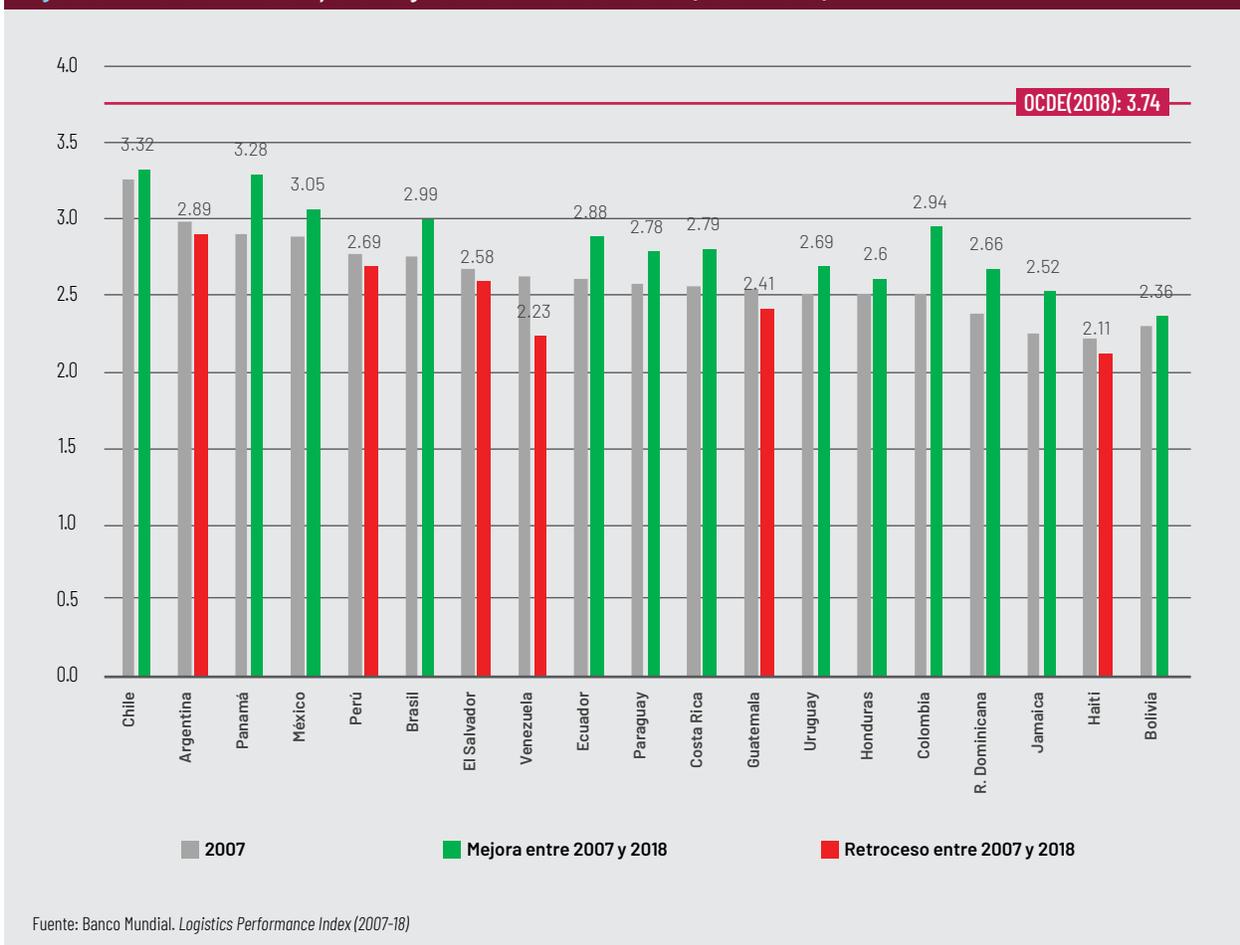
En la última década, la mayor parte de países de la región han mejorado el desempeño de algunos de los facilitadores de la cadena de suministro como, por ejemplo, la infraestructura de puertos, carreteras interurbanas y aeropuertos. Esto se ve reflejado en una mejor posición de la región en los rankings internacionales (ver Gráfico 5-2).

Sin embargo, a pesar del avance demostrado en la Figura 5-2, la región se encuentra aún muy lejos de los niveles de desempeño de las economías avanzadas. En todos los países analizados, la disponibilidad y calidad de la infraestructura de transporte es baja. Por ejemplo, de los

aproximadamente 1.600.000 km de la red vial brasileña, solo el 13% se encuentra pavimentado.<sup>36</sup> Argentina posee cerca de 3.000 km de carreteras de dos carriles, mientras que el país necesitaría el doble para hacer frente a la demanda de transporte<sup>37</sup>. La misma situación se repite para Colombia, México y Paraguay. Estas deficiencias hacen que los planes de inversión se focalicen en intentar cubrir primero la brecha de infraestructura, dejando su modernización tecnológica para un momento futuro.

Esto es consistente con el hecho de que, en aquellos modos donde se ha alcanzado un mayor nivel de desarrollo (i.e. puertos), comienza a haber un cierto despliegue de tecnologías, a fin de optimizar el uso de la infraestructura. Por ejemplo, los puertos colombianos han encarado un programa de modernización (incluyendo almacenamiento mecánico, escáneres para inspección no intrusiva, sistemas de gestión virtual de puertos y procesamiento digital de información), lo cual ha mejorado su eficiencia. En Paraguay, algunos

**Figura 5-2 Índice de Desempeño Logístico de América Latina (2007-2018)**



puertos fluviales han incrementado el monitoreo y la trazabilidad de contenedores mediante GPS e identificación por radio frecuencia. Asimismo, han implementado sistemas avanzados de gestión para la optimización de operaciones en el recinto portuario. De manera similar, algunas de las terminales más avanzadas de Argentina están introduciendo soluciones de IoT para verificar las condiciones de granos en silos, drones para la gestión de inventario y sistemas basados en inteligencia artificial para responder a consultas de clientes. Además, han surgido plataformas que coordinan de manera integral la logística de la cadena de granos, con impactos esperados en temas de trazabilidad, agilidad de los servicios de transporte y eficiencia y ordenamiento de la operación en los puertos. Ahora bien, cabe señalar que las innovaciones de puertos han estado focalizadas más en mejorar las operaciones “del barco al muelle”, que desde el patio de contenedores a los camiones. De este modo, persisten cuellos de botella en los ingresos a puertos, producto también de la escasa coordinación entre los puertos, las agencias municipales de planificación vial y urbana y los usuarios (como lo son los dadores de carga y operadores logísticos y de transporte). La falta de coordinación también ha impactado en algunos casos donde se ha intentado desarrollar sistemas de coordinación virtual, resultando en problemas de interoperabilidad de sistemas o la baja adopción de los mismos por los usuarios.

Por otra parte, la adopción de nuevas tecnologías en servicios logísticos —lo que usualmente se denomina “Logística 4.0”— presenta características similares a las de las economías avanzadas. Así, existen operadores internacionales, como FedEx, UPS and DHL, que se encuentran considerablemente más avanzados en términos de su transformación digital. Del mismo modo, algunos operadores locales también están desplegando tecnologías digitales. Por ejemplo, la industria logística mexicana ya ha adoptado tecnologías 4.0, como el procesamiento automatizado en base a tecnología SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), *big data*, vehículos eléctricos y robots autónomos. Al igual que los operadores logísticos de economías avanzadas, los proveedores mexicanos están adquiriendo empresas emergentes de tecnología para tener acceso a nuevos desarrollos tecnológicos. Sin embargo, la gran mayoría de los operadores logísticos de la región, especialmente las pequeñas empresas locales, demuestra un alto nivel de obsolescencia tecnológica, con gestión de servicios aún en papel o con sistemas que no

pueden conectarse al de otros actores de la cadena de suministro. Esto genera una barrera crítica para la trazabilidad, el monitoreo y la mejora del desempeño a lo largo de toda la cadena.

Particular atención reviste la industria del transporte terrestre, cuyo bajo nivel de digitalización representa un importante cuello de botella para la transformación digital de la cadena de suministro. Este obstáculo es el resultado de numerosos factores. En primer lugar, tal como ocurre en las economías avanzadas (i.e. en Alemania y Japón), la industria del transporte terrestre está excesivamente fragmentada, en la medida de que está compuesta por una mayoría de empresas pequeñas, las que presentan las barreas típicas a la digitalización de una PyME: baja capacidad de inversión, limitaciones en capacidad de implementación tecnológica, y acceso limitado a recursos financieros. Como ejemplo, de las aproximadamente 150.000 empresas de transporte terrestre en México, solamente 10 tienen suficiente escala para llevar adelante una transformación digital.<sup>38</sup> En Colombia, de los 3.500 proveedores de transporte terrestre<sup>39</sup>, expertos del gobierno estiman que tan solo 100 empresas pueden llegar a adoptar tecnologías digitales<sup>40</sup>. Más allá de las dificultades de implementación mencionadas arriba, numerosos expertos entrevistados mencionan que muchos proveedores de transporte son renuentes a adoptar tecnologías digitales en la medida que las mismas proveen mayor transparencia y visibilidad a demoras en tiempos de transporte. En este marco, dos tendencias han sido identificadas para resolver estas barreras. En primer lugar, los proveedores de servicios logísticos están integrando operaciones de transporte terrestre en sus servicios, para así facilitar el despliegue de tecnologías digitales. En segundo lugar, empresas tecnológicas con el perfil de plataforma de vinculación digital (*matching platforms*) están siendo desarrolladas para proveer una relación más eficiente entre proveedores logísticos y servicios de transporte. Estas incluyen a CargoX, Fretebras, Busca Cargas and Truckpad en Brazil, y Humber, Circular and Avancargo en Argentina. Estas firmas proveen servicios digitales con el objeto de resolver los fallos de coordinación entre proveedores de servicios logísticos y transportistas terrestres.

Con relación a la gestión de los procesos aduaneros, en los últimos años ha habido ciertos avances en la simplificación y digitalización de procesos, incluyendo el desarrollo de la ventanilla única de comercio exterior.

Aun así, los países de América Latina todavía están rezagados respecto a las mejores prácticas internacionales. Esto se evidencia, por ejemplo, en el tiempo requerido para procesar la documentación necesaria para comercio exterior (ver Tabla 5-4).

Finalmente, el menor despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en la región genera un obstáculo para utilizar las nuevas tecnologías en todo su potencial. Si bien la cobertura de la red de banda ancha fija es en la mayoría de los casos superior al 95% de la población, los entrevistados mencionan que esta no llega a centros de explotación industrial localizados en zonas aisladas. Asimismo, la cobertura de servicio debe ser provista con cierta velocidad para garantizar un procesamiento eficiente de información. Las velocidades de servicio, especialmente en zonas rurales, no alcanza niveles superiores a los 5 Mbps, lo que no es suficiente para garantizar una transmisión eficiente de datos. Lo mismo sucede con las redes de banda ancha móvil, las cuales son necesarias para proveer a los actores que participan en las cadenas de suministro con acceso a información en todas las localidades y redes de transporte. Los entrevistados mencionan que la carencia de cobertura adecuada y con velocidades como las provistas por redes 4G limita gravemente la visibilidad, particularmente en el proceso de transporte terrestre.

### 5.5 Falta de coordinación multisectorial

Esto será abordado especialmente en los capítulos 6 a 10, los cuales presentan mayores detalles por cada país analizado en este estudio. A manera de anticipo, cabe mencionar aquí que, si bien los países de la región están implementando diferentes programas que impactan en los componentes de una cadena de suministro, tal como el proceso de manufactura, la infraestructura de transporte y el control aduanero, no todos estos programas incluyen un impulso a la digitalización. Especialmente, esto es muy escaso en los programas de infraestructura y logística. Asimismo, al igual que en las economías avanzadas, tampoco existen programas integrales enfocados en transformación digital de la cadena de suministro. La Tabla 5-5 resume las diferentes iniciativas desplegadas por los países, con el potencial de impactar áreas específicas de la cadena de suministro.

A pesar de estas numerosas iniciativas, la ausencia de estrategias nacionales integradas para estimular la transformación digital de la cadena de suministro es un

**Tabla 5-4. Tiempo requerido para procesar documentación de comercio exterior (2018, en horas)**

	Exportación	Importación
Argentina	30	192
Brasil	12	48
Colombia	60	64
México	8	18
Paraguay	24	36
BENCHMARKS		
Países Bajos	1	1
Singapur	2	3

Fuente: Banco Mundial. *Doing Business 2018*

reflejo de la falta de coordinación institucional entre múltiples entidades gubernamentales. Adicionalmente, las políticas públicas orientadas a incrementar la preparación del sector privado para encarar la transformación digital de la cadena de suministro son limitadas. Esta evidencia es de particular preocupación considerando el esfuerzo sustancial que muchos de los gobiernos de la región están desplegando para estimular el desarrollo de Industria 4.0.

#### NOTAS:

31. Confederação Nacional da Indústria. *Oportunidades para Indústria 4.0: aspectos da demanda e oferta no Brasil*, 2017: Brasilia

32. Boston Consulting Group, *Acelerando el desarrollo de Industria 4.0 en Argentina*, 2018: Buenos Aires.

33. Una “maquiladora” es una planta industrial que ensambla componentes importados sin arancel para su exportación. Este esquema permite a fabricantes apalancar bajos costos de mano de obra y pagar impuestos solamente sobre el valor agregado, o sea, sobre el valor del producto terminado menos el costo total de componentes importados para su fabricación.

34. El costo promedio de hora de trabajo para los países pares de México (Argentina, Brasil y Colombia) es USD \$18,70 (de acuerdo con Deloitte 2016 Global Manufacturing Competitiveness Index).

35. Katz, R., P. Dougal, S. de Urquiza and R. Fisch (2017). *Digital Ecosystems: Innovation and Disruption in Latin America*, Miami: gA Center of Digital Business Transformation.

36. Véase Baptista da Costa, F., “*Transport Sector Emissions in Brazil: A Brief Overview*”, Presentación al International Transportation Forum, Berlin, Germany, septiembre 2012.

37. Barbero, J., “*La Logística Argentina: situación actual y mirada al futuro*”, Presentación al 8th Meeting of Loaders and Operators of the Atlantic-Pacific Corridor, 12 octubre 2017.

Tabla 5-5. Iniciativas del Sector Público de América Latina con impacto en ciertas áreas de la cadena de suministro

Iniciativas	Argentina	Brasil	Colombia	México	Paraguay
<b>Industria 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de Innovación Digital 4.0</li> <li>Clústeres de Innovación I+D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrategia Nacional de Industria 4.0</li> <li>Estrategia Brasileña de Transformación Digital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de Transformación Productiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industria 4.0</li> <li>Prosoft 4.0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visión Paraguay 2030</li> </ul>
<b>Logística</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Nacional de Logística y Transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Política Nacional Logística</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Nacional de Transporte y Logística 2014-2018</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Nacional Logístico</li> </ul>
<b>Transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Belgrano</li> <li>APPs de Infraestructura</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Maestro de Transporte 2010-2032</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de Inversión en Transporte 2013-18</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Maestro de Transporte</li> </ul>
<b>Telecomunicaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red Federal de Fibra Óptica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Nacional de Banda Ancha</li> <li>Plan Nacional IoT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vive Digital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrategia Nacional de Digitalización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Nacional de Telecomunicaciones</li> </ul>
<b>Aduanas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventanilla Única de Comercio Exterior</li> <li>Secretaría de Simplificación Productiva</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Estratégico de Aduanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de Modernización Aduanera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan Estratégico de Aduanas</li> </ul>

Fuente: Compilación de los autores

38. Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), Subsecretaría de Transporte (2017), *Estadística Básica del Autotransporte Federal 2017*. México

39. Gobierno de Colombia, Registro Nacional de Despacho de Carga.

40. Gobierno de Colombia. Departamento Nacional de Planeamiento (2017), *Documento Técnico, Misión de Logística y Comercio Exterior*, p. 35.

6

# ARGENTINA

Este capítulo evalúa el grado de preparación de Argentina para afrontar la transformación digital de las cadenas de suministro. El mismo está basado en información pública y entrevistas con ejecutivos de cuatro sectores (automotriz, artículos del hogar, textil y alimentación), proveedores de servicios logísticos, investigadores y representantes del sector público. El análisis está estructurado en base al modelo presentado en el Capítulo 2, el cual incluye los diferentes procesos y actores involucrados en la cadena de suministro.

### 6.1. Contexto macro

Argentina es la tercera economía más grande de América Latina (PIB 2017: USD \$637,6 mil millones<sup>41</sup>). En 2017, el sector agrícola representaba el 11,3% del PIB, el manufacturero 31,7% y el de servicios 57%<sup>42</sup>. En la Tabla 6-1 se presenta el desglose de los cuatro sectores seleccionados para el estudio.

La estructura productiva del país está dominada por las PyMEs y las microempresas, las cuales representan el 99,4% de la totalidad de los establecimientos del sector formal (Ver Tabla 6-2).

En el año 2018, la economía argentina ocupaba el puesto 81° en términos de competitividad<sup>43</sup>, habiendo mejorado 13 posiciones desde 2013, impulsada por un mejor desempeño institucional, innovación y adopción tecnológica, y sofisticación empresarial, lo que indica un proceso de reconversión y refleja nuevas fuentes de

crecimiento. El país presenta un nivel de digitalización relativamente avanzado en comparación con sus pares latinoamericanos, pero muestra retrasos en relación con los países de la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (Ver Tabla 6-3).

Históricamente, el crecimiento de la economía digital de la Argentina se ha visto impulsado principalmente por un aumento acelerado de la digitalización de los hogares (como lo indica el crecimiento de la telefonía celular, la penetración de banda ancha y el uso de Internet) y la conectividad de consumidores. En contrapartida, la digitalización de la producción denota un rezago significativo. Sólo el 18% de las empresas venden productos a través de Internet, mientras que sólo el 5,6% del comercio minorista total se realiza a través de canales electrónicos<sup>44</sup>.

El 51% de la fuerza laboral utiliza computadoras en su trabajo diario, mientras que el 37% accede a Internet de forma regular<sup>45</sup>. Datos comparativos también revelan que Argentina sub-invierte en Investigación y Desarrollo (I+D): 0,6% de su PIB. En particular, la participación del sector privado en la I+D es muy baja en comparación con los niveles internacionales e, incluso, latinoamericanos. En parte, esto puede atribuirse a la preponderancia de PyMEs, las que denotan una dinámica innovadora limitada.<sup>46</sup>

Desde un punto de vista estructural, Argentina enfrenta retos significativos en cuanto a su capacidad para

**Tabla 6-1. Argentina: Valor Bruto Anual en precios de 2004 (en millones de dólares)**

Sector	2016 (*)		2017 (E) (**)	
	Valor	%	Valor	%
Industria Alimentaria (1)	\$ 7.728	10%	\$ 6.530	9,8%
Fabricación Textil y Zapatos (2)	\$ 1.557	2%	\$ 1.228	1,8%
Electrodomésticos (3)	\$ 1.153	1,5%	\$ 969	1,4%
Automotriz (4)	\$ 1.732	2,3%	\$ 1.581	2,4%
Total Economía	\$ 76.772		\$ 66.692	

Notas:

(1) Elaboración de productos alimenticios y bebidas

(2) Incluye (a) Fabricación de productos textiles, (b) fabricación de prendas de vestir, terminación y teñido de pieles, y curtido y (c) terminación de cueros, fabricación de artículos de marroquinería, talabartería y calzado

(3) Incluye (a) Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos, and (b) fabricación de equipos y aparatos de radio, televisión y comunicaciones

(4) Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques

(\*) 1 ARS = US\$ 0,06348

(\*\*) 1 ARS = US\$ 0,05353

Fuente: INDEC

Tabla 6-2. Argentina: Número de establecimientos (por tamaño)

Categoría	Número de Empleados	Total	Porcentaje del total
Grande	200+	3,451	0.64%
Mediana	50-200	14,934	2.77%
Pequeña	10-49	70,594	13.09%
Microempresa	Hasta 9	450,401	83.50%
Total		539,380	100.00%

Fuente: Ministerio de Producción (2018). GPS de Empresas Argentinas, disponible en: <http://datos.gob.ar/dataset/siep-gps-empresas>

Tabla 6-3. Argentina: Clasificación en términos de competitividad y digitalización

	Argentina		Primer país de América Latina	Promedio OCDE	Primer País OCDE
	Posición en América Latina	Índice			
<b>Índice de Desarrollo TIC (UIT) – 2017</b>	2	6,8	Uruguay (7,2)	7,7	Islandia (9)
<b>Índice de preparación de redes (WEF) – 2016</b>	7	3,8	Chile (4,6)	5,2	Finlandia (6)
<b>Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (UN) – 2018</b>	2	0,74	Uruguay (0,79)	0,8	Dinamarca (0,9)
<b>Índice de Digitalización (TAS) - 2018</b>	7	55,2	Chile (61,3)	67,2	Suiza (76,9)
<b>Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (CAF) - 2018</b>	6	58,5	Chile (59,81)	66,7	Noruega (80,2)
<b>Índice de comercio electrónico (UNCTAD) – 2016</b>	4	51,9	Uruguay (62,6)	75,0	Luxemburgo (89,7)
<b>Índice de Economía del Conocimiento (Banco Mundial) – 2012</b>	4	5,6	Chile (7,2)	8,2	Suecia (9,2)
<b>Índice de Innovación Global (Cornell-WIPO) – 2017</b>	7	32	Chile (38,7)	52,9	Suiza (67,7)
<b>Índice de Desarrollo de Banda Ancha (BID) – 2014</b>	4	4,7	Chile (5,8)	6,1	Luxemburgo (7,3)
<b>Índice de Facilidad para los negocios (World Bank) -2018</b>	16	58,1	México (72,3)	78,0	Nueva Zelanda (87,0)
<b>Índice de Rendimiento Logístico (World Bank) - 2018</b>	5	2,9	Chile (3,3)	3,7	Alemania (4,2)
<b>Ranking de Competitividad Mundial (IMD) - 2018</b>	11	58	Chile (75,1)		EE. UU. (100)

Fuente: análisis basado en datos de UIT, WEF, UN, TAS, CAF, UNCTAD, Banco Mundial, WIPO y BID

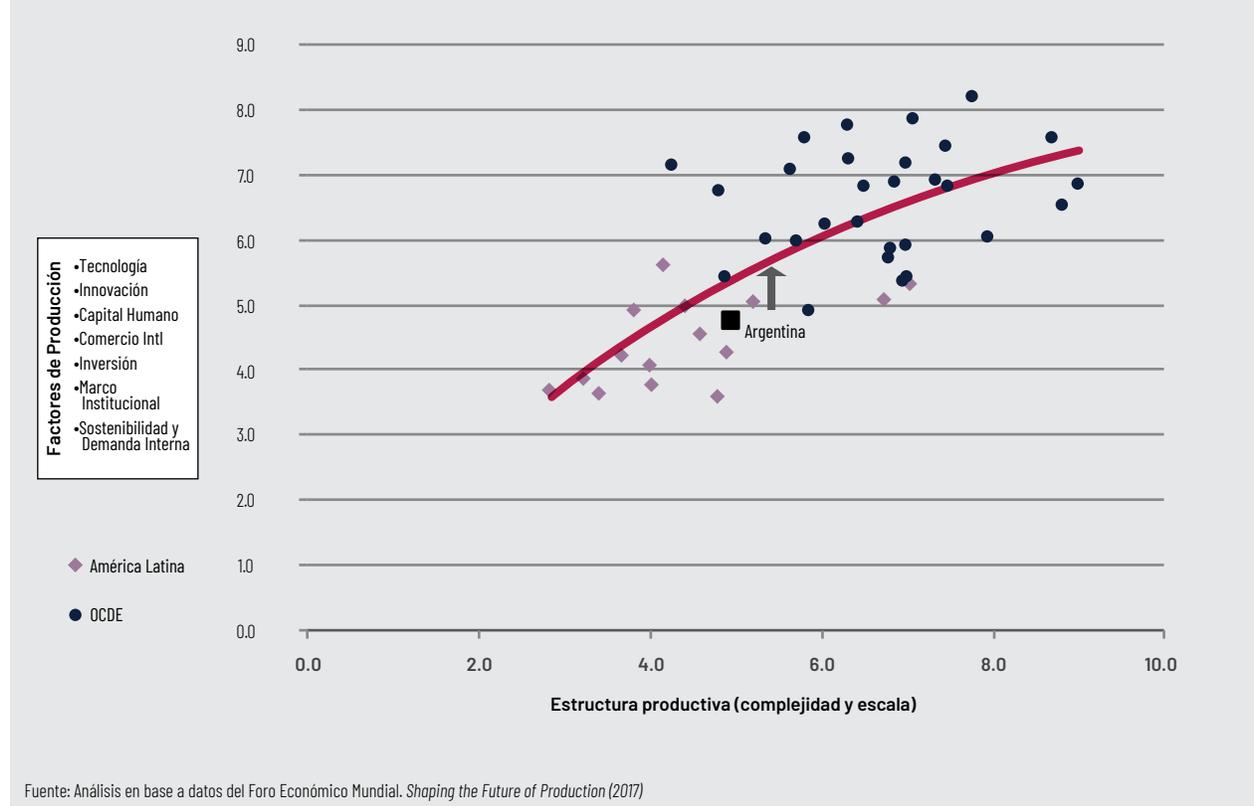
impulsar la transformación digital de sus cadenas de suministro. Por un lado, la estructura de la producción argentina se caracteriza por una baja complejidad en cuanto a los sectores en los que se especializa y el bajo contenido de innovación y tecnología asociados con los mismos. Por otro lado, los factores que influyen en el desempeño de la producción (tecnología, innovación, capital humano, comercio internacional, inversión, marco institucional, sostenibilidad y demanda interna) también presentan un bajo nivel de desarrollo (Ver Gráfico 6-1).

La administración actual asumió en 2015 en un contexto de deterioro económico e institucional significativo. En el plano macroeconómico, destacaban una economía estancada, un PIB per cápita inferior al de 2011, aislamiento de los mercados internacionales de capital, déficit de la balanza comercial, disminución de las exportaciones, déficit en cuenta corriente, altas tasas de interés, restricciones de divisas y elevada inflación. Sumado a esta situación, la rigidez del mercado laboral y el deterioro general de la infraestructura (particularmente la logística) afectaban la competitividad del país.

En este contexto, la nueva administración optó por un enfoque de política "gradualista", centrado en mejorar el clima de inversión y la integración con la economía mundial. Como ejemplos de políticas aplicadas se encuentran:

- Normalización macroeconómica: El esfuerzo principal se centró en desregular el mercado de divisas y retornar a los mercados internacionales de capital.
- Apertura gradual de la economía al exterior, impulsada por el diálogo y la coordinación con el sector privado.
- Simplificación administrativa orientada a mejorar la facilidad de hacer negocios. Bajo la coordinación entre el Ministerio de Producción, el Ministerio de Modernización y la AFIP (la autoridad tributaria), se introdujo una importante mejora en la simplificación de los procesos aduaneros y la regulación de las importaciones.
- Un plan de infraestructura a largo plazo, destinado a mejorar el desempeño logístico y la productividad.

**Gráfico 6-1 Capacidad para abordar la transformación digital de la producción: Argentina vs. países latinoamericanos y de la OCDE**



- Cambios en las políticas fiscales destinados a aumentar los estímulos a la innovación y la creación de nuevas empresas.
- Reducción del déficit público mediante la disminución de las subvenciones a los servicios públicos.

Dentro del enfoque hacia la normalización macroeconómica y la mejora del clima de negocios, algunas reformas relevantes para mejorar el ambiente de inversión e innovación no llegaron a ser abordadas y otras políticas pasaron a segundo plano. La situación se complejizó en 2018, con el aumento de la tasa de inflación<sup>47</sup>, lo que provocó una pérdida de valor del 56% de la moneda local entre enero y julio de ese año. Esta situación, unida al aumento de las tasas de interés y a condiciones climáticas adversas para la producción agrícola, han llevado a una reducción en el crecimiento económico previsto para 2018 de 1,5% a 0,7%<sup>48</sup>.

## 6.2. Preparación para la revolución tecnológica

Uno de los propósitos de este estudio fue evaluar el grado de conocimiento tanto de los beneficios como de la necesidad de impulsar la transformación digital de la cadena de suministro en los diferentes sectores de la Argentina. En este sentido, se asume que este conocimiento es la primera condición necesaria para avanzar en el proceso de transformación. El grado de conocimiento fue analizado sobre la base de entrevistas a responsables de la formulación de políticas públicas, ejecutivos del sector privado y académicos.

### 6.2.1. Preparación del sector público

Los expertos en la materia entrevistados coinciden en que, si bien la transformación digital de la cadena de suministro es un imperativo estratégico para Argentina, esto no forma parte de la agenda política actual. Esta conclusión es, en sí misma, particularmente notable considerando el nivel de esfuerzo desplegado por el actual gobierno en la promoción de una mayor digitalización, evidenciado en iniciativas como el Programa de Innovación Industrial Digital 4.0, el desarrollo de la Red Federal de Fibra Óptica, la Ley de Promoción de Software y la promulgación de la Ley de Economía de Conocimiento en 2019, que supera y amplía los beneficios asociados a la Ley de Promoción de Software.

Los representantes del sector público reconocen que la Cuarta Revolución Industrial está en marcha y que ello tendrá un impacto económico significativo. En este sentido, se han realizado diagnósticos por parte del Ministerio de la Producción sobre el estado de la Industria 4.0 en el país. Asimismo, numerosos entrevistados mencionan como ejemplos positivos a seguir la experiencia de digitalización de la producción de países como Alemania, Francia, España o regiones como el País Vasco. Sin embargo, este reconocimiento aún no se ha traducido en una hoja de ruta y un plan de acción específicos para una agenda de Industria 4.0 o, en general, la transformación digital de la cadena de suministro. Por su parte, y comparado con las acciones mencionadas en el Capítulo 4 por parte de las economías avanzadas en materia de infraestructura y servicios de transporte, las políticas y planes que están siendo implementados en la actualidad se enfocan principalmente en la expansión y mejora de la red de infraestructura física.

Ahora bien, en palabras del sector privado, dados los problemas macroeconómicos que requieren pronta atención, sería poco realista exigir en este momento la formulación de una estrategia digital. Por ello, los representantes del sector privado asumen que la transformación digital de la cadena de suministro, en términos de orientación estratégica, financiación y ejecución, será de su competencia exclusiva. En este sentido, los empresarios consultados consideran que el papel del gobierno en este ámbito sería el de crear las condiciones que favorezcan la transformación digital, a saber:

- Seguir mejorando las políticas fiscales para estimular la inversión en tecnología e I+D
- Mejorar los mecanismos de negociación con los sindicatos;
- Desarrollar la infraestructura logística (ferrocarriles, puertos y autopistas);
- Desarrollar la infraestructura de telecomunicaciones; y
- Simplificar las regulaciones y procesos para mejorar el clima de negocios.

**6.2.2. Preparación del sector privado**

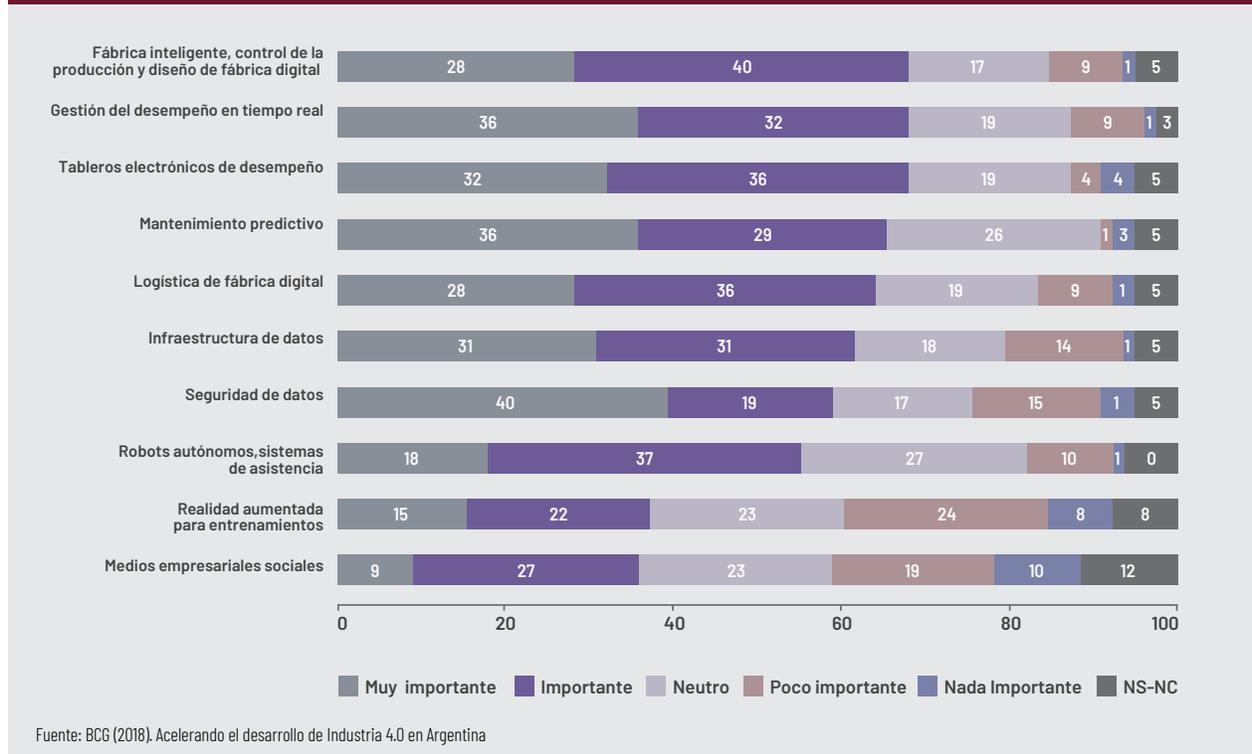
La mayor parte de los ejecutivos del sector privado argentino están familiarizados con la digitalización y el potencial de la Industria 4.0. Según una encuesta realizada por Siemens a 313 ejecutivos, el 33% conoce mucho y el 36% conoce algo del concepto de digitalización<sup>49</sup>. De ellos, el 83% considera que la digitalización repercute en la calidad del servicio y del producto, mientras que el 82% le asigna valor a la digitalización para lograr una mayor eficiencia en procesos. Según la misma encuesta, el 18% de las empresas argentinas tiene una estrategia digital plenamente desarrollada y el 55% han desarrollado al menos una estrategia que afecta a algunas áreas de la empresa (mercadeo, compras, etc.). Esto se encuentra en línea con los resultados de la encuesta realizada por *Boston Consulting Group* a 78 ejecutivos de empresas industriales en el país. Según los datos recabados, el 76% de los encuestados indica que la evolución hacia la Industria 4.0 forma parte del debate dentro de la alta gerencia de empresas. Entre los temas más críticos, los ejecutivos mencionan la fabricación inteligente, la gestión del desempeño operativo en tiempo real y los tableros digitales de control (ver Gráfico 6-2).

Ahora bien, de acuerdo con la encuesta realizada por Siemens, el 62% de los encuestados reconocía que las empresas no habían avanzado mucho en la aplicación de la estrategia digital. Es así que, aunque existe un alto nivel de conocimiento sobre el concepto de digitalización y su valor intrínseco para las empresas, la implementación de estrategias de transformación digital se encuentra muy rezagada si es comparada con la experiencia de las economías avanzadas. Estos datos concuerdan con las perspectivas recogidas en entrevistas realizadas en el marco del presente estudio.

Las principales razones expuestas en las entrevistas para explicar la brecha entre la concientización y preparación para la transformación digital de la cadena de suministro pueden agruparse en torno a dos categorías: factores del entorno y conocimiento limitado de aspectos específicos de la transformación digital (Ver Tabla 6-4).

Además de los factores de entorno y del conocimiento práctico limitado, existen también barreras en los sistemas de gobernanza y los modelos organizativos de las empresas para abordar la transformación digital. Las respuestas a entrevistas detalladas en la Tabla 6-5 indican que todos estos factores pueden ser detecta-

**Gráfico 6-2 Argentina: ¿Qué temas son especialmente importantes para su empresa con respecto a la Industria 4.0?**



**Tabla 6-4. Argentina: Razones que explican la falta de urgencia en la transformación digital**

Factores del Entorno	Conocimiento Limitado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La debilidad del entorno de inversión ha repercutido negativamente en el avance en la transformación digital de las filiales locales de las empresas multinacionales.</li> <li>• El entorno macroeconómico dificulta la gestión empresarial: incluso los líderes de la industria dedican buena parte de su tiempo a gestionar los desafíos financieros o a negociar con los sindicatos.</li> <li>• Las condiciones microeconómicas, la escasa sofisticación de las agrupaciones industriales locales y la falta de infraestructura adecuada de telecomunicaciones o energía retrasan la transformación digital.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La concientización de la gerencia sobre el potencial de las tecnologías no implica una comprensión acabada de cómo proceder a la implementación de la transformación digital.</li> <li>• Los ejecutivos de empresas siguen necesitando claridad en relación con las nuevas tecnologías, cómo estas van a aplicarse y qué impacto podrían tener.</li> <li>• Las empresas deben evaluar numerosas alternativas y oportunidades tecnológicas, mientras que el retorno de la inversión de las mismas no es claro.</li> <li>• La mayoría de los sectores industriales presentan una tasa de adopción lenta debido a los altos costos de inversión e implementación.</li> <li>• El abordaje a la transformación digital actual requiere dinámicas más ágiles, muy distintas a las dinámicas tradicionales de implementación de sistemas (i.e. ERP). La velocidad, la experimentación y la iteración son esenciales en esta nueva ola de transformación. Las capacidades del management son limitadas en la mayor parte de las empresas para llevar adelante esos procesos.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

dos en las cuatro cadenas de suministro que son objeto de este estudio.

### 6.3. Transformación digital en las cadenas de suministro

El estado de la transformación digital de las cadenas de suministro en Argentina varía sustancialmente entre los cuatro sectores estudiados (automotriz, alimentario, textil y electrodomésticos). Hay tres variables que explican los diferentes estados de desarrollo:

- **Alcance del negocio:** las empresas que forman parte de las cadenas de suministro globales (por ejemplo, las automotrices) tienden a presentar un mayor grado de digitalización que las focalizadas en el mercado doméstico.
- **Grado de integración vertical:** Las empresas que ocupan posiciones en más de un nodo o proceso de la cadena de suministro (por ejemplo, integración de transformación y distribución), aun si están enfocadas exclusivamente en el ámbito nacional, tienden a presentar un mayor avance en términos de transformación digital.

- **Nivel de competitividad:** las industrias más afectadas por las variables macroeconómicas internas y la competencia internacional (por ejemplo, la fabricación de productos textiles/calzado) tienden a estar más rezagadas en términos de la transformación digital de la cadena de suministro.

Así como en el caso de las economías avanzadas, las empresas multinacionales y las empresas "multilatinas" tienden a liderar la transformación digital de la cadena de suministro. Sin embargo, cabe destacar que las subsidiarias argentinas de las empresas multinacionales presentan un cierto rezago respecto al nivel de transformación digital de filiales en otros países de la región, tales como Brasil y México.

Por su parte, es necesario notar que, mientras las multinacionales de capitales extranjeros suelen tener mejor acceso al conocimiento, cuentan con la experiencia de sus casas matrices y tienen acceso mayores recursos técnicos, financieros y humanos, las multilatinas deben realizar un mayor esfuerzo para desarrollar su estrategia de transformación, acceder a mejores prácticas y adquirir los recursos adecuados. Asimismo, en muchos casos han avanzado en la implementación de

Tabla 6-5. Argentina: Razones que explican la falta de urgencia en la transformación digital

Sector	Compañía	Razones
Alimenticio	Multilatina A	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general, la industria tiene una tasa de adopción tecnológica lenta. La gerencia tiene que viajar al extranjero para aprender de otros; en Argentina no se encuentran referentes o casos interesantes.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Los casos empresariales que demuestran el retorno de la inversión de las principales iniciativas de transformación digital son difíciles de documentar.</li> </ul>
	Empresa nacional A	<ul style="list-style-type: none"> <li>El adverso clima macroeconómico ha repercutido negativamente en la inversión en transformación digital de la filial local.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>La transformación digital es un reto para todas las empresas argentinas. Nadie está completamente preparado.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>El tamaño del sector informal en la distribución de alimentos reduce la posibilidad de incrementar la transparencia por medio de tecnología digital.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Si bien existe un entendimiento general que la tecnología está disrumpiendo casi todas las actividades empresariales, los niveles de concientización y madurez en el agronegocio son diferentes, dado que los actores de la industria todavía necesitan mayor claridad relacionada con las nuevas tecnologías, cómo van a aplicarse y qué impacto podrían tener.</li> </ul>
Empresa Multinacional A	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la actualidad, el sector agroindustrial depende de las inversiones y tecnologías de los últimos 20 años, mientras que la situación macro afecta las decisiones de realizar nuevas inversiones.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general, la industria de elaboración de alimentos tiende a una tasa de adopción tecnológica lenta, debido a los elevados costos de inversión e implementación.</li> <li>Las empresas se enfrentan a numerosas alternativas y oportunidades tecnológicas, mientras que el retorno a la inversión no es claro.</li> </ul>	
Empresa Multinacional B	<ul style="list-style-type: none"> <li>La industria es consciente de que algo nuevo está llegando y que se requerirán transformaciones para competir. Algunos operadores están entendiendo que se trata de una oportunidad para aumentar la competitividad. Pero, por otro lado, muchos actores están abrumados por el número de tecnologías disponibles y no tienen una comprensión clara de su impacto potencial. No saben por dónde comenzar y, para muchas de estas tecnologías, les resulta difícil evaluar el retorno a la inversión.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aunque todos los operadores están trabajando en el tema, la adopción varía según los diferentes segmentos de la industria o el grado de madurez de cada geografía. En Argentina estamos explorando sólo algunas iniciativas. Sin embargo, las condiciones macroeconómicas, la escasa sofisticación de los proveedores y la falta de infraestructuras de telecomunicaciones o energía retrasan la transformación.</li> </ul>	
Automotriz	Empresa Multinacional C	<ul style="list-style-type: none"> <li>La Cadena de Suministro 4.0 está en agenda. Sin embargo, la región avanza lentamente en comparación con las mejores prácticas europeas. El conocimiento, preparación y adopción es mayor en la filial de Brasil que en Argentina.</li> </ul>
	Empresa Multinacional D	<ul style="list-style-type: none"> <li>A nivel de la industria, la gerencia es consciente de que la transformación digital está disrumpiendo la industria. La adopción de tecnología para comprender la demanda, responder mejor a las necesidades de los clientes e integrar aún más la cadena de suministro es clave para mejorar la competitividad. Sin embargo, la Industria 4.0 todavía no es una prioridad en la agenda local. La fabricación de calzado es una industria intensiva en mano de obra y la fabricación para el segmento masivo tiende a estar localizada en países con salarios más bajos, lo que desincentiva la inversión en tecnología.</li> </ul>
Textil	Empresa nacional B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los líderes del sector son conscientes del impacto de la Cuarta Revolución Industrial y de los retos de competitividad que esta implica. La mayoría de las empresas están trabajando en programas para la transformación digital y la compañía está evaluando diferentes iniciativas para mejorar su competitividad en la región. Sin embargo, la estabilidad macroeconómica y las condiciones microeconómicas relacionadas con los procedimientos administrativos, las normas regulatorias, las negociaciones sindicales y los costos logísticos siguen siendo temas con alto impacto en las decisiones de inversión en la región y en Argentina.</li> </ul>
Electrodomésticos y Electrónica	Multilatina C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los líderes del sector son conscientes del impacto de la Cuarta Revolución Industrial y de los retos de competitividad que esta implica. La mayoría de las empresas están trabajando en programas para la transformación digital y la compañía está evaluando diferentes iniciativas para mejorar su competitividad en la región. Sin embargo, la estabilidad macroeconómica y las condiciones microeconómicas relacionadas con los procedimientos administrativos, las normas regulatorias, las negociaciones sindicales y los costos logísticos siguen siendo temas con alto impacto en las decisiones de inversión en la región y en Argentina.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

nuevas tecnologías empujadas por las exigencias de su participación en cadenas globales.

En términos generales, puede señalarse que:

- De los cuatro sectores estudiados, el sector automotriz es el más avanzado en lo que respecta a una visión e implementación de la transformación digital de la cadena de suministro;
- Mientras que el sector alimentario comparte un nivel similar de preparación al del sector automotriz, la transformación digital se encuentra más avanzada en aquellas empresas de alcance internacional (ya sean multinacionales o “multilatinas”);
- El rubro textil está consistentemente rezagado en términos de su transformación digital por razones económicas estructurales (por ejemplo, la competencia internacional);
- El sector de los electrodomésticos se encuentra por detrás del sector alimentario. A partir de la apertura de la economía en los últimos años, algunas grandes empresas locales se vieron obligadas a redefinir su cartera de productos y/o sus modelos operativos. Esos cambios estructurales retrasaron la adopción de tecnología. Dicho esto, la evolución de la dinámica competitiva en los

sectores de los electrodomésticos y la electrónica está dando lugar a la aparición de algunas empresas locales innovadoras, que están redefiniendo gradualmente su estrategia de transformación digital.

Además de los factores que afectan a cada industria, en todas las entrevistas se mencionaron los retos específicos del país para alcanzar una transformación digital de la cadena de suministro. Los factores mencionados con más frecuencia son:

- Infraestructura limitada de transporte (por ejemplo, rutas, ferrocarriles) y su impacto en los costos (especialmente en los servicios de transporte terrestre) y visibilidad a lo largo de las cadenas de suministro.
- Bajo nivel de adopción tecnológica por parte de los proveedores de servicios logísticos y los transportistas, lo que representa una barrera para integrarse digitalmente con las empresas de manufactura.
- Limitaciones de capital humano: esta variable se refiere no sólo al bajo nivel de preparación de la fuerza laboral para la adopción de nuevas tecnologías, sino también a la falta de conocimiento o acción por parte de los estamentos gerenciales y las barreras organizacionales (por ej., el trabajo en silos) para la transformación digital de las cadenas de suministro.

**Tabla 6-6. Argentina: Adopción y dificultades para la transformación digital de la cadena de suministro**

Sector	Importancia estratégica	Implementación en argentina	Desafíos en la cadena de suministro								
			Infraestructura de transporte	Limitaciones de capital humano	Resistencia de sindicatos	Infraestructura de telecomunicaciones	Limitaciones en la integración con proveedores y distribuidores	Limitación de la integración con los proveedores de servicios logísticos	Organización interna de silos	Disponibilidad de tecnología limitada	Normas y principios
Automotriz	Alto	Medio Alto	M	B	B	B					
Procesamiento de Alimentos	Alto	Bajo-Medio	A	A		B	A	B	B	B	M
Textiles y Cuero	Bajo	Bajo	A		B	B	A	A	B	B	B
Electrodomésticos	Medio	Bajo-Medio	A	A	B		M		A		M

Nivel: A - Alto M - Medio L - Bajo Fuente: Entrevistas

- Integración limitada con proveedores y distribuidores: la fragmentación de procesos entre un gran número minoristas y proveedores de tamaño pequeño (PyMEs), combinada recursos limitados para la innovación, obstaculiza la transformación integral de la cadena de suministro.

El análisis de los datos de las entrevistas es presentado sintéticamente en la Tabla 6-6.

El resto de esta sección presenta los resultados de análisis específicos por sector industrial.

### 6.3.1. Sector Automotriz

Todas las empresas de la industria automotriz y los proveedores de nivel 1 entrevistados reportan disponer de una estrategia de transformación digital que ha sido desarrollada en la casa matriz y está siendo implementada progresivamente en las subsidiarias. Dentro de este proceso de difusión, Argentina es un país de menor prioridad frente a Brasil y México. Las condiciones del mercado local dictan un enfoque de inversión más prudente para la transformación digital en Argentina. Dentro de este sector, se detecta una diferencia entre las empresas que tienen capacidad de producción local para automóviles de gama mediana y las empresas que importan coches de alta gama. Mientras que los importadores de automóviles de alta gama presentan un nivel más avanzado de implementación de la transformación digital, los fabricantes locales de vehículos de gamas media y baja están menos desarrollados. Los proveedores argentinos de nivel 1 que forman parte de las cadenas de producción mundiales también representan un alto nivel de transformación digital (Ver Tabla 6-7).

### 6.3.2 Sector de Procesamiento de Alimentos

El grado de despliegue internacional de empresas y cadenas de suministro repercute en el nivel de transformación digital del sector. Las filiales de empresas multinacionales extranjeras tienen una estrategia clara de transformación digital, aunque, como ocurre en el sector automotriz, la posición de la subsidiaria argentina se encuentra rezagada respecto a otros países (Ver Tabla 6-8).

Como miembros de la cadena de alimentos, el sector agropecuario muestra una creciente tendencia hacia la

innovación y experimentación con tecnologías 4.0. Las inversiones en AgTech vienen creciendo y se orientan mayormente a innovaciones para mejorar la eficiencia agronómica (soluciones de agricultura de precisión) donde el uso de drones, sensores e imágenes satelitales se integran a plataformas con algoritmos de inteligencia artificial para facilitar la toma de decisiones con impacto en el rinde, la aplicación de insumos y el tratamiento de malezas. Entre los oferentes de estos servicios basados en nuevas tecnologías podemos destacar la presencia de grandes jugadores tradicionales, como Monsanto con Fieldview, o Frontec como jugador local. Si bien la tecnología se encuentra disponible, los niveles de adopción avanzan más lento de lo deseado. La falta de servicios de soporte en tiempo y forma, y la disponibilidad de recursos humanos calificados para la aplicación o gestión bajo el nuevo contexto tecnológico son factores críticos que lentifican la digitalización de la cadena.

Además de las innovaciones para mejorar la eficiencia agronómica, surge un creciente interés por el desarrollo de *marketplaces*, el desarrollo incipiente de soluciones de trading y el surgimiento de plataformas digitales para gestión integral de la logística incorporando a productores, acopiadores, empresas de transporte, choferes y puertos. En el caso de la logística, la oportunidad de mejorar la eficiencia y trazabilidad del transporte de granos a lo largo de toda la cadena es relevante para mejorar la competitividad del sector. Iniciativas con enfoques alternativos están empezando a surgir para cargas generales en distintas industrias.

Siguiendo una dinámica diferente a la del sector de alimentos procesados, y a pesar del bajo atractivo de las condiciones macro y micro para el desarrollo de inversiones, el dinamismo del sector agro en Argentina ha propiciado la innovación y se ha convertido en uno de los focos de atención de fondos de capital de riesgo interesados en invertir en proyectos que involucran tecnologías 4.0. Argentina es actualmente el segundo país, después de Brasil, en volumen de inversiones de capital de riesgo en AgTech.

### 6.3.3. Sector Textil

Este sector carece de una estrategia de transformación digital y se encuentra retrasado en la adopción de tecnología digital. La erosión de la competitividad no ha favorecido la inversión necesaria para esta

**Tabla 6-7. Argentina: Adopción y desafíos de la transformación digital de la cadena de suministro de la industria automotriz**

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Argentina	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Empresa Multinacional C	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Las tecnologías de transformación digital son el núcleo de la estrategia de la empresa.</li> <li>•Los objetivos principales en Argentina son construir la lealtad de marca, sobresalir en la experiencia del cliente a través de servicios excepcionales, y al mismo tiempo minimizar el costo operativo. La transformación digital contribuye a su consecución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Los concesionarios de automóviles están integrados con los fabricantes y tienen plena visibilidad de las opciones personalizadas, los plazos de fabricación y el estado de entrega.</li> <li>•El software permite a los concesionarios personalizar y cambiar los pedidos una vez enviados a la plant.</li> <li>•La empresa posee un sistema integrado de monitoreo que incluye la distribución del producto al cliente.</li> </ul>	
Empresa Multinacional D	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La industria 4.0 y la integración de la cadena de suministro se encuentran presentes en la agenda estratégica de la empresa..</li> <li>•Objetivos estratégicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- aumentar la personalización y alinear la cadena de suministro para responder a las necesidades de la demanda,</li> <li>- reducir las inversiones fijas en almacenes,</li> <li>- aumentar la automatización de los pedidos de piezas de repuesto,</li> <li>- reducir el capital de trabajo (inventarios mínimos, alta productividad por empleado),</li> <li>- trabajo flexible, y</li> <li>- reducción de costos logísticos.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La mayoría de los proveedores de servicios de transporte tienen sensores para seguimiento de vehículos en tránsito. Sin embargo, su integración con los fabricantes de equipamiento es baja. Las órdenes de servicio todavía se hacen manualmente por teléfono.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La gerencia de la subsidiaria argentina es consciente de la necesidad de cambio. Sin embargo, señala la necesidad de disponer de más información sobre los casos de uso para la industria, el riesgo de implementación y el retorno a la inversión.</li> <li>•Sindicatos fuertes y con alta resistencia a la digitalización.</li> </ul>
Multilatina D	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Estrategia de transformación digital altamente desarrollada. La estrategia ha estado en ejecución durante varios años y actualmente se encuentra en su tercera fase de implementación, centrada en las tecnologías de Fábrica Inteligente e Industria 4.0 Incrementar la productividad laboral.</li> <li>•Los factores que motivan la transformación son reducir los costos operativos, incrementar la productividad, mejorar la seguridad de los empleados y satisfacer las necesidades del cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Se ha desarrollado una plataforma en la nube para la integración con proveedores y clientes. Las soluciones son multidispositivo, multilingüe y tienen GPS de seguimiento.</li> <li>•Implementación de fábrica inteligente, incluyendo las tecnologías de Internet de las Cosas, robótica, analítica de big data.</li> </ul>	

Fuente: Entrevistas

Tabla 6-8. Argentina: Adopción y desafíos de la transformación digital de la cadena de suministro de alimentos

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Argentina	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Multilatina A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Industria 4.0 está incluida en la agenda de la empresa y se han realizado ejercicios de benchmarking y obtención de información sobre diferentes tecnologías</li> <li>• La transformación digital puede ayudar a alcanzar los principales objetivos para la cadena de suministro: reducir los costos operativos, optimizar procesos, aumentar la eficiencia y la calidad del abastecimiento por parte de proveedores, anticipar los cambios de la demanda y mejorar la trazabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayor parte de los avances se relacionan con la aplicación de tecnologías más maduras para la gestión de la cadena de suministro, tales como ERP.</li> <li>• Los planes para desplegar nuevas tecnologías digitales incluyen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Añadir aprendizaje automático para implementar mantenimiento preventivo.</li> <li>– Utilizar tecnologías 4.0 para mejorar el flujo de información y la trazabilidad a la calidad a lo largo de la cadena de suministro.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la integración digital con proveedores y distribuidores es un reto porque muchos proveedores son PyMEs que carecen de recursos y competencias, y se centran en problemas tácticos a corto plazo.</li> <li>• Mayor integración en la planificación de la cadena de suministro de toda la empresa, lo que incluye romper los silos de la organización, mejorar los niveles de servicio, reducir el costo de las operaciones y ganar agilidad para reaccionar a las necesidades del cliente y resolver contingencias más eficazmente.</li> <li>• La transformación digital de la cadena de suministro es un desafío para toda la organización a todos los niveles: gerencia, gestión intermedia y empleados.</li> </ul>
Empresa Multinacional A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aunque la empresa no cuenta con un plan estratégico global definido para probar e implementar diferentes tecnologías, existen varios proyectos en marcha. Cada área dentro de la empresa trabaja de forma independiente y define sus propias prioridades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de una aplicación móvil que mejora las comunicaciones con distribuidores y minoristas, y estandariza las comunicaciones con más de 400 empresas diferentes. Implementación de una plataforma que utiliza la realidad virtual y lentes 3D para capacitar a sus vendedores y a quienes trabajan para sus distribuidores.</li> <li>• Desarrollo de una plataforma web para mejorar la comunicación con el área de ventas, mejorar los procesos y reducir el tiempo de ciclo de ventas, y mejorar el nivel de servicio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La integración con los minoristas es muy difícil. Muchos de ellos no tienen ningún control de sus inventarios. La gestión de las reposiciones en este canal es un reto para alcanzar los objetivos de niveles de servicio que posee la empresa.</li> </ul>
Empresa nacional A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La digitalización es uno de los temas prioritarios de la agenda estratégica de la empresa. La compañía cuenta con una estrategia integral quinquenal para la transformación de negocios enfocada en tres objetivos principales: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aumento de la productividad en el negocio tradicional con una visión de la cadena de suministro de principio a fin.</li> <li>– Reforzar la sostenibilidad del negocio.</li> <li>– Innovación y creación de nuevos negocios.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan estratégico con 67 iniciativas tecnológicas.</li> <li>• Se ha debatido con el gobierno y otros agentes de la industria sobre la integración digital de la cadena de suministro. El gobierno está evaluando una "norma" para integrar digitalmente las transacciones y aprobaciones para envíos.</li> </ul>	

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Argentina	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Multilatina B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La tecnología se considera una oportunidad para mejorar el servicio y la coordinación con los clientes y proveedores. Para continuar siendo uno de los líderes de la industria, la empresa necesita invertir en nuevas tecnologías de forma continua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se desarrolló una plataforma para difundir la agricultura de precisión en el segmento agroindustrial.</li> <li>• Evaluación de tecnologías de plataformas para crear un mercado b2b para soluciones y desarrollo de nuevos servicios para sus clientes.</li> <li>• La integración con los proveedores se realiza mediante el intercambio de información sobre los niveles de inventario a fin de reducir los plazos, mantener el inventario lo más bajo posible y mejorar los niveles de servicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La gran dispersión de los niveles de madurez en proveedores y clientes dificulta el desarrollo de una cadena de suministro más integrada o la creación de plataformas b2b para la creación de valor.</li> <li>• Falta de normas y estándares.</li> </ul>
Empresa Multinacional B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La empresa cuenta con una agenda global para la transformación digital.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se han introducido herramientas digitales para el control de la logística y el transporte.</li> <li>• Mientras la fabricación inteligente es implementada en Chile, aún no se ha realizado en la Argentina.</li> <li>• La integración con proveedores y minoristas es una estrategia clave para los próximos años.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es necesario volver a capacitar a los empleados para que operen en un entorno digitalizado.</li> <li>• Es necesario adoptar un nuevo paradigma de gestión en los niveles medio y superior de conducción .</li> </ul>
Empresa Multinacional C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mientras que la empresa posee una estrategia de transformación global, esta fue adaptada a la realidad de los países del Cono Sur (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de planificación de ventas y operación fue adoptado hace una década.</li> <li>• Posee un sistema de gestión de proveedores y de los clientes minoristas.</li> <li>• Plataforma integrada con operadores logísticos que permite a la empresa planificar los pedidos de reposición y reducir los costos operativos.</li> <li>• Solución de optimización que ayuda a ejecutar escenarios estratégicos, considerando la capacidad y las restricciones de costos.</li> <li>• En proceso de implementación de tecnologías de impresión 3D y soluciones IoT para el mantenimiento autónomo de líneas de producción.</li> <li>• Menos procesos en papel y conexión con trabajadores mediante una plataforma integrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar habilidades de liderazgo para emprender la transformación.</li> <li>• Cambios en la demanda: el nuevo comportamiento del cliente requiere de rapidez y agilidad en la respuesta.</li> <li>• Se requiere una mayor transparencia de la información y una mayor integración con los supermercados y mayoristas.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

transformación. Con una elevada preponderancia de PyMEs, este sector es menos propenso a avanzar en la digitalización de su cadena de suministro (Ver Tabla 6-9).

#### 6.3.4. Sector de Electrodomésticos

Los cambios actuales en la dinámica de la competitividad del sector a nivel internacional, combinados con el contexto macroeconómico, han obligado a las empresas a adoptar una estrategia de transformación digital de “baja intensidad”. La industria se compone de juga-

dores posicionados en diferentes puntos de su estrategia de transformación digital.

### 6.4. Facilitadores de la cadena de suministro

#### 6.4.1. Infraestructura

Argentina tiene un gran déficit de infraestructura. En efecto, el subíndice de Calidad de la Infraestructura del Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial ha ido disminuyendo progresivamente desde 2012, impactando a su vez en el posicionamiento global del país (Ver Gráfico 6-3).

**Tabla 6-9. Argentina: Adopción y desafíos de la transformación digital de la cadena de suministro textil**

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Argentina	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Empresa nacional B	<ul style="list-style-type: none"> <li>La transformación digital no es una prioridad en la agenda estratégica. La fabricación de calzado es una industria de mano de obra intensiva y de bajo costo, lo que desincentiva la transformación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La compañía ha implementado sistemas de información transaccional (SAP) y algunas soluciones personalizadas (por ej., se ha implementado un sistema para rastrear actividades de distribución minorista en tiempo real).</li> <li>Obtener datos de las redes sociales, utilizar redes neurálgicas y mejorar la herramienta para estimar la demanda serán algunos de los próximos pasos de la empresa donde se espera implementar tecnologías digitales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen tres barreras principales:               <ul style="list-style-type: none"> <li>incertidumbre y falta de confianza en el entorno económico y de inversión;</li> <li>capacidad de gestión limitada para adoptar nuevas tecnologías que cambien el modelo operativo; y</li> <li>falta de preparación de las empresas minoristas que participan en la cadena de suministro.</li> </ul> </li> </ul>
Empresa nacional C	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el contexto actual casi no hay inversiones en nuevas tecnologías en la fabricación de calzado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tres áreas principales en las que la industria necesita invertir en más y nuevas tecnologías:               <ul style="list-style-type: none"> <li>aplicaciones de gestión de la cadena de suministro, integradas con sistemas de ERP para controlar inventarios, integrar (al nivel posible para esta industria) con proveedores y clientes, reducir existencias y mejorar el nivel de servicio;</li> <li>mejorar la utilización de la capacidad de la planta; y</li> <li>soluciones de logística que ayuden a bajar los costos de transporte.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las condiciones básicas que deben cambiar para que las empresas locales sean rentables y, por lo tanto, apoyen un proceso de transformación digital son:               <ul style="list-style-type: none"> <li>costo de capital: a una tasa de interés del 45% es muy difícil pagar casi cualquier inversión;</li> <li>estructura tributaria: los impuestos corrientes no apoyan las inversiones ni la generación de nuevos puestos de trabajo;</li> <li>regulación: cambios continuos en las regulaciones, impuestos y otros gastos administrativos afectan a los ingresos netos de las empresas; y</li> <li>acceso a financiamiento</li> </ul> </li> </ul>

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Argentina	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Empresa nacional D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cuarta revolución industrial está teniendo un gran impacto en la industria textil mundial en su cadena de suministro. La adopción de nuevas tecnologías está obligando a los países a implementar políticas de innovación que fomenten la modernización de una industria que crea muchos puestos de trabajo.</li> <li>• Aunque el país tiene algunas empresas innovadoras en los sectores de hilado y tejido y algunas buenas marcas de prendas de vestir, el sector sufre un deterioro de la competitividad estructural que hace casi imposible que las empresas tradicionales inviertan y transformen.</li> <li>• Sin embargo, Argentina tiene la oportunidad de transformarse para ganar competitividad en segmentos específicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si bien la transformación digital se encuentra rezagada, existen oportunidades en: <ul style="list-style-type: none"> <li>- nuevos materiales y productos de innovación;</li> <li>- producción textil inteligente;</li> <li>- planificación digitalizada e integrada de la cadena de suministro; y</li> <li>- tecnología para comprender mejor las necesidades de los clientes.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones macroeconómicas inestables (inflación y tasa de interés)</li> <li>• Grandes deficiencias en las principales condiciones microeconómicas que están haciendo de Argentina un lugar con alto costo de hacer negocios: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mercado de trabajo y reglamentaciones.</li> <li>- La presión fiscal y la estructura.</li> <li>- Falta una visión compartida de la oportunidad mundial.</li> <li>- Falta de construcción de marca nacional.</li> <li>- Falta de financiamiento e incentivos a la innovación.</li> <li>- No hay programas para reeducar a la fuerza de trabajo y fortalecer sus competencias.</li> </ul> </li> </ul>

Fuente: Entrevistas

**Gráfico 6-3 Argentina: Índice de Calidad de Infraestructura (2007-2018)**



Fuente: Banco Mundial 2007-18 Índice de Rendimiento Logístico

Si bien se ha implementado un plan para incrementar la inversión en la infraestructura de transporte (ver Sección 4.2), el país todavía tiene un largo camino por recorrer y llevará muchos años ver los resultados. Mientras tanto, todos los expertos entrevistados concuerdan en señalar a los altos costos de transporte de Argentina, en parte debido a la deficiente cantidad y calidad de infraestructura, como una barrera clave para el desempeño de las cadenas de suministro. Por ejemplo, datos recientes<sup>50</sup> muestran que el país posee la mitad de kilómetros de autovías que necesitaría para satisfacer la demanda creciente de transporte (3.000 vs. 6.000 necesarios). Asimismo, la infraestructura ferroviaria es obsoleta y su mal desempeño repercute negativamente en la fiabilidad y seguridad de las cadenas de suministro que la utilizan, particularmente las agroindustriales. Por ejemplo, una de las empresas entrevistadas señaló que, en promedio, se necesitan 15 días para transportar la producción de azúcar de la

**Tabla 6-10. Argentina: Adopción y desafíos de la transformación digital de la cadena de suministro de electrodomésticos**

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Argentina	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Multilatina C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se están evaluando en la región algunas iniciativas relacionadas con la Industria 4.0.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La mayoría de los productos que se comercializan en Argentina son importados. La compañía está trabajando con servicios en la nube y tecnología móvil. IoT y sistemas robóticos se encuentran bajo consideración para ser implementados en la gestión de almacenes.</li> </ul>	
Multilatina D		<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilización de tecnologías maduras para la gestión de procesos, incluyendo ERP.</li> <li>Se explorará la utilización de sistemas robóticos para el control de calidad de los acondicionadores de aire y la carga de diferentes productos, aunque su adopción dependerá en gran medida de las economías de escala y del futuro del régimen especial que existe para el sector.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para incrementar la competitividad del sector y así pensar en una estrategia de transformación, se necesita primero resolver cuestiones como las demoras en el procesamiento aduanero, que actualmente oscila entre algunos días y dos semanas, así como también reducir los costos de transporte.</li> <li>Resistencia a una mayor automatización en fábricas por parte de sindicatos.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

planta manufacturera al puerto, los horarios son impredecibles y las condiciones de seguridad, bajas. La mercancía a veces es vandalizada, o dañada durante el transporte. Esta situación es especialmente grave para los productos regionales (siendo el azúcar uno de ellos)(Ver Tabla 6-11).

En este contexto, el mejoramiento de la infraestructura física asume una importancia prioritaria, pasando

su transformación digital a un segundo plano por las evidentes necesidades y demandas de infraestructura, principalmente ferroviaria y carretera. De la misma manera, el estado rezagado de la infraestructura existente desincentiva y resulta un obstáculo para la inversión en tecnologías avanzadas, por ejemplo, para la gestión flotas de transporte, que requieran de la utilización de información proveniente de la infraestructura física.

**Tabla 6-11. Argentina: Distancia media a puerto por producto**

Categoría	Productos	Parte de Carga (en %)	Distancia media a puerto (en km)
Minería	Arena, Grava, Etc.	36.8 %	405
Granos	Soja, grano, cebada, etc.	17.3 %	166
Productos regionales	Vino, azúcar, frutas,	12.0 %	975
Combustibles		10.4 %	545
Productos semiterminados	Acero, Cemento	6.4 %	330
Carne		2.4 %	470
Productos manufacturados	Harina, Aceite de cocina, Electrónica, electrodomésticos, vehículos	14.7 %	439

Fuente: Estudio Nacional de Cargas. Subsecretaría de Planificación de Transporte de Cargas y Logística, Ministerio de Transporte, 2017 Datos de 2012.

El caso de la infraestructura portuaria presenta una gran variabilidad en cuanto a su nivel de desarrollo y de adopción tecnológica. El segmento más avanzado es el de los puertos vinculados a las exportaciones agrícolas. Su despliegue tecnológico se encuentra casi a la altura de lo observado en los países desarrollados. Entre los avances recientes, cabe destacar el desarrollo de un sistema electrónico de asignación y gestión de turnos para la descarga de camiones que transportan granos hacia las terminales portuarias y establecimientos de acopio. El sistema fue diseñado por el Ministerio de Transporte, con el apoyo de la Secretaría de Agroindustria, AFIP, el Centro de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA), el Centro de Exportadores de Cereales (CEC), la Cámara de Puertos Privados y las Cámaras de Transporte Automotor de Cargas. Por detrás de estos avances se ubican las terminales de contenedores y de vehículos, las cuales han incluido el imperativo de la transformación digital en sus agendas estratégicas, aunque el grado de implementación de las mismas es heterogéneo (Ver Tabla 6-12).

Para finalizar con el análisis de la infraestructura, la falta de conectividad de las telecomunicaciones en las zonas remotas constituye un obstáculo para la aplicación de nuevos modelos de negocio o soluciones que requieran servicios móviles. Por ejemplo, los entrevistados señalan que los sensores de telecomunicaciones en camiones o aplicaciones móviles no funcionan en las zonas rurales, debido a la falta de conectividad inalámbrica. Como puede observarse en los siguientes mapas basados en la compilación de registros de usuarios (vía *crowdsourcing*), la cobertura de las telecomunicaciones móviles (zonas verdes) está principalmente concentrada en centros urbanos y rutas principales, con grandes zonas no cubiertas (Ver Figura 6-1).

#### 6.4.2. Proveedores de servicios logísticos

De acuerdo con el componente de calidad y competencia logística del Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, en 2018 Argentina ocupaba el puesto 68º, con una puntuación de 2,78 sobre 5. Esto sitúa al

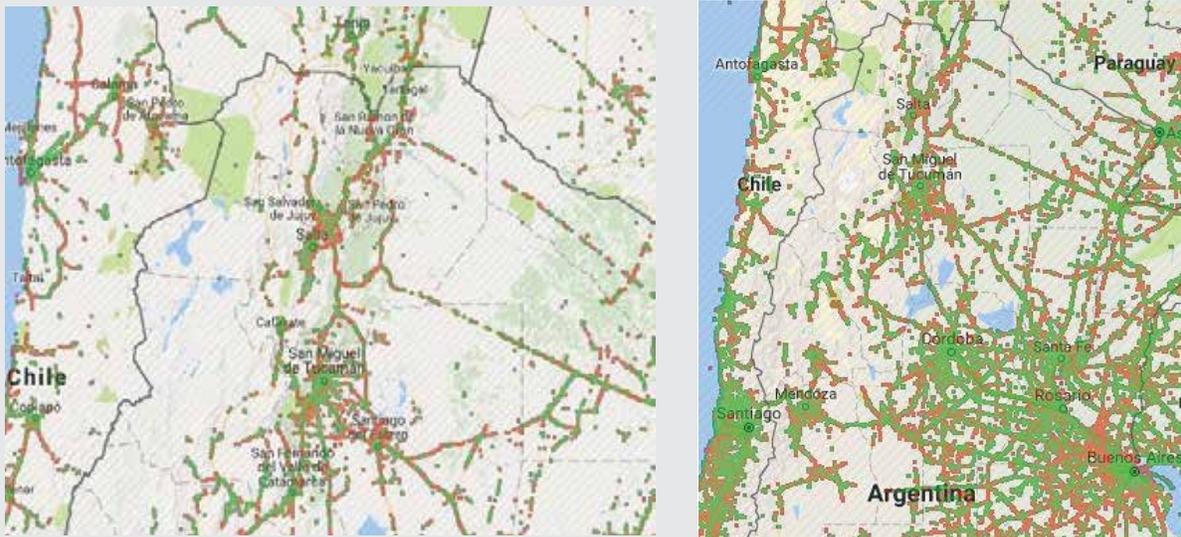
**Tabla 6-12. Argentina: Adopción y desafíos de la transformación digital en puertos**

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Terminal A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consciente de la necesidad de avanzar hacia una cadena de suministro más digitalizada y con implementaciones en marcha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluciones IoT para controlar el estado de los granos en los silos para evitar la contaminación, y soluciones para controlar y gestionar camiones dentro del puerto.</li> <li>• Evaluación del uso de nuevas tecnologías para digitalizar aún más la gestión de las franjas horarias y el flujo de camiones hacia el puerto. Esto es un reto, ya que requiere la colaboración con múltiples actores con diferentes competencias y preparación.</li> <li>• Evaluación de códigos de barras para evitar duplicaciones.</li> <li>• Tecnologías para aumentar la seguridad y el control ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomentar una mayor integración con los organismos gubernamentales, los productores de cereales y los conductores de camiones.</li> <li>• Los operadores de logística y empresas de transporte automotor (camiones) no se encuentran preparados para la implementación de soluciones digitales avanzadas.</li> </ul>
Terminal B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa ha estado trabajando en su transformación de negocio desde hace un tiempo, aunque no cuenta aún con una estrategia 4.0.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevas tecnologías para pesar cargas sin manipulación. Esto reduce el tiempo y el riesgo y permite un mejor nivel de servicio para los clientes.</li> <li>• Algunas iniciativas de IoT para controlar las condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.) en contenedores.</li> <li>• Identificaciones por Radiofrecuencia para garantizar la trazabilidad de los contenedores dentro de las terminales portuarias.</li> <li>• Evaluación de iniciativas de blockchain para integrarse mejor con las aduanas y mejorar los procesos de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mentalidad conservadora en algunas áreas específicas de la gestión, que ven difícil hacer de la tecnología un requisito fundamental para la competitividad.</li> </ul>

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Terminal C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La empresa cuenta con una estrategia integral que incluye tecnologías digitales para transformar los servicios logísticos. El plan incluye realidad aumentada, Internet de las Cosas, drones, inteligencia artificial e impresión 3D</li> <li>• La estrategia considera la transformación del modelo de negocio, el rediseño de procesos y la adopción de tecnología.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utilizan herramientas tradicionales de ERP para planificación</li> <li>• Optimización de los modelos para simular operaciones de almacenamiento y logística</li> <li>• Sistema de gestión de transporte para optimizar las rutas y el control mediante GPS</li> <li>• Sistema móvil de distribución en línea para proporcionar información en tiempo real sobre el enrutamiento</li> <li>• Asimismo, se han implementado las siguientes innovaciones:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración con clientes a través del inventario administrado por el proveedor</li> <li>• 100% sin papel</li> <li>• Centro inteligente de transferencia de carga</li> <li>• Realidad aumentada: Integración del sistema integrado de gestión del transporte con lentes de realidad aumentada y escáner de anillos para facilitar la recepción de mercancías a granel en las sucursales y su asignación a los transportistas</li> <li>• Tecnología IoT que proporciona datos de vehículos, informes sobre el nivel de combustible, consumo medio, nivel de aceite, presión de los neumáticos, etc.</li> <li>• Drones para la gestión de inventario</li> <li>• Inteligencia artificial para responder a las quejas y consultas de los clientes mediante el análisis del lenguaje natural y la detección de patrones de comportamiento</li> <li>• Aplicación de la impresión 3D a B2C.</li> </ul> </li> </ul>	

Fuente: Entrevistas

**Figura 6-1 Argentina: Cobertura inalámbrica (2G, 3G y 4G - todos los operadores)**



Fuente: OpenSignal

Tabla 6-13. América Latina y el Caribe: Índice de Calidad y Competencia Logística (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking en América Latina
Argentina	2,78	68	6
Bahamas	2,27	130	16
Bolivia	2,21	139	17
Brasil	3,09	46	3
Chile	3,13	43	2
Colombia	2,87	56	5
Costa Rica	2,70	79	11
Cuba	2,20	143	20
República Dominicana	2,44	108	14
Ecuador	2,75	70	7
El Salvador	2,56	91	12
Guatemala	2,25	136	18
Honduras	2,72	75	8
Jamaica	2,54	94	13
México	3,02	52	4
Panamá	3,33	35	1
Paraguay	2,72	76	9
Perú	2,42	110	15
Uruguay	2,71	78	10
Venezuela	2,21	141	19

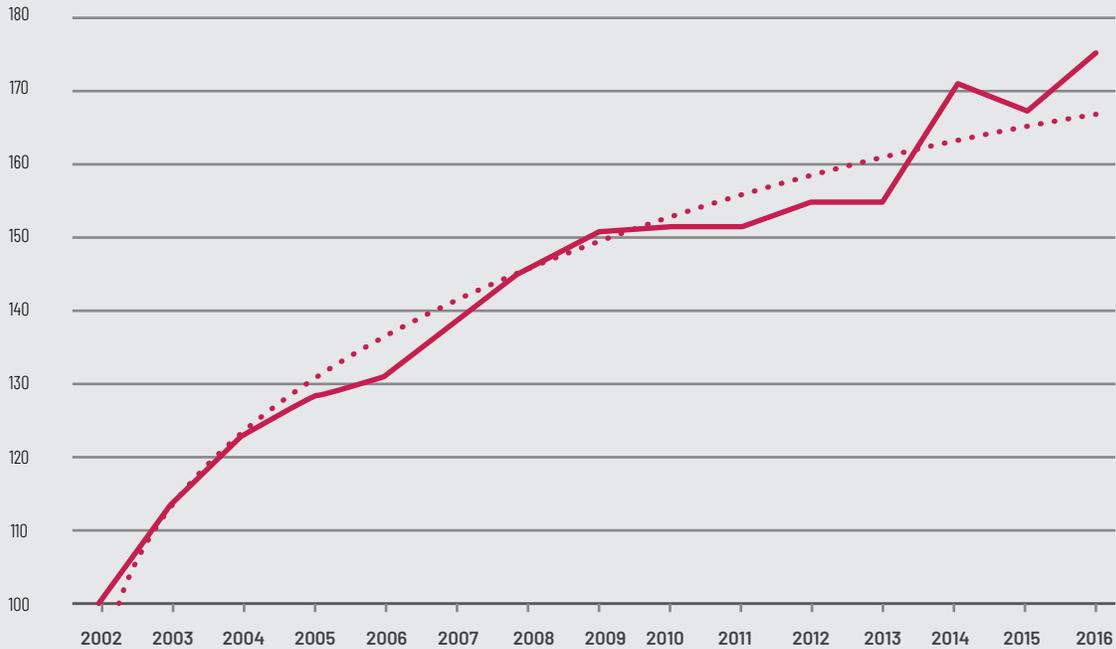
Fuente: Banco Mundial. 2018 Índice de Desempeño Logístico

país en la sexta posición entre las naciones de América Latina (Ver Tabla 6-13).

Los costos de transporte han venido aumentando, no sólo debido al déficit de infraestructura, sino también al bajo desempeño de las empresas de transporte de carga (esto por una mayor edad de la flota de transporte, bajo nivel de utilización de unidades, baja capacidad de gestión empresarial, entre otros) (Ver Gráfico 6-4). Siendo un componente fundamental de los costos logísticos, los altos costos de transporte determinan que las empresas terminen dedicando el 12% de sus ingresos a los costos logísticos (frente al 8% en los países de la OCDE). Si bien no hay datos oficiales, varios entrevistados coincidieron en mencionar que un camión transcurre más tiempo esperando o viajando sin carga, que viajando con ella. Se estima que, del tiempo operativo de un camión, sólo el 40% se utiliza correctamente. Esto se debe a varios factores, que se pueden resumir en la falta de coordinación entre los actores de la cadena. En este marco, junto con AgTech, las inicia-

tivas o emprendimientos focalizados en Logística 4.0 se encuentran entre las pocas actividades que, a pesar de la situación macroeconómica, despiertan el interés de los fondos de inversión. El potencial de mejora de productividad a través de plataformas que mejoren la coordinación de los actores en las operaciones logísticas es muy alto, y de allí el interés de los emprendimientos y fondos en este sector.

De la información recabada sobre el estado de transformación digital de los proveedores de servicios logísticos, se evidencia una clara diferencia entre las grandes empresas —las que poseen una estrategia en proceso de implementación— y los actores medianos y pequeños —que carecen de cualquier sofisticación estratégica y tecnológica. Aun así, las empresas de manufactura destacaron que los grandes proveedores de servicios logísticos también tienen dificultades para integrarse digitalmente con sus sistemas, lo que resulta en una visibilidad limitada del estado de las entregas y tasa de cumplimiento de los pedidos.

**Gráfico 6-4 Argentina: Incremento de los costos del autotransporte de carga en valores constantes**

Fuente: Índice de costos logístico de FADEEAC e Inflación (2018)

### 6.4.3. Aduana

Prácticamente todos los entrevistados señalaron la necesidad de mejorar el desempeño de los procesos aduaneros para incrementar la eficiencia de las cadenas de suministro. En efecto, de acuerdo con el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, Argentina ocupa el puesto 98° a nivel mundial, con un valor de 2,42 puntos sobre un total de 5. Esto sitúa al país en la undécima posición entre las naciones de América Latina (Ver Tabla 6-14).

Con la excepción de la mejora en 2016, el posicionamiento del país a nivel mundial ha venido deteriorándose significativamente, pasando del puesto 51° en 2007 al 98° en 2018 (Ver Gráfico 6-5).

Ahora bien, los entrevistados mencionaron que en los últimos dos años hubo una mejora en esta área, especialmente a través de simplificar los procesos de comercio exterior. Se espera que esta mejora continúe con la creación de la Ventana Única para el Comercio

Exterior. Esta permitirá un avance importante en la digitalización de procesos e integración de los mismos con sistemas de gestión de cadenas de suministro, mejorando a su vez la coordinación público-privada.

**Gráfico 6-5 Argentina: Índice de Eficiencia Aduanera (2007-2018)**

Fuente: Banco Mundial 2007-18 Índice de Rendimiento Logístico

Tabla 6-14. América Latina- Índice de Eficiencia Aduanera (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking en América Latina
Argentina	2,42	98	11
Bahamas	2,68	61	5
Bolivia	2,32	117	15
Brasil	2,41	102	13
Chile	3,27	32	1
Colombia	2,61	75	8
Costa Rica	2,63	70	7
Cuba	2,03	143	19
República Dominicana	2,41	103	14
Ecuador	2,80	48	3
El Salvador	2,30	120	16
Guatemala	2,16	132	18
Honduras	2,24	125	17
Jamaica	2,42	99	12
México	2,77	53	4
Panamá	2,87	45	2
Paraguay	2,64	68	6
Perú	2,53	86	9
Uruguay	2,51	87	10
Venezuela	1,79	156	20

Fuente: Banco Mundial. 2018 Índice de Desempeño Logístico

#### 6.4.4. Proveedores de tecnología

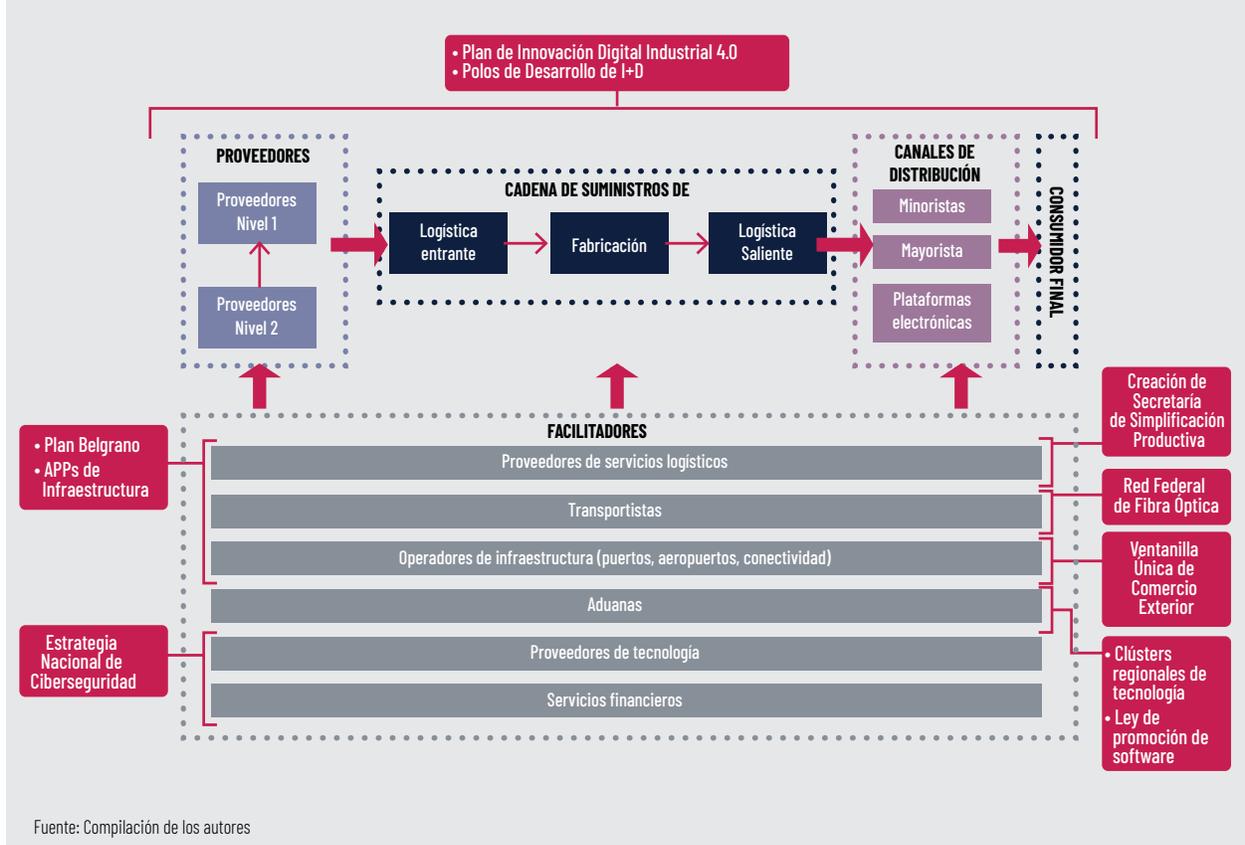
Si bien en el país puede accederse a tecnologías maduras que se utilizan en los diferentes procesos de la cadena de suministro –i.e. GPS, ERP–, el desarrollo de nuevas tecnologías es muy incipiente. Aun así, Argentina cuenta con un emergente ecosistema de *start-ups* que están explorando la utilización de impresión 3D, drones, IoT, entre otros, para los nodos de producción primaria (especialmente, agricultura), el comercio electrónico y la distribución de última milla. A su vez, el país cuenta con aceleradoras de empresas de tecnología y una creciente disponibilidad de capital humano calificado en materia de informática, lo que podría impulsar el avance tecnológico en el mediano plazo. Ahora bien, durante las entrevistas se han relevado obstáculos en cuanto a carencia de tecnologías para la gestión portuaria y, en general, una escasa disponibilidad de las empresas de tecnología para facilitar

pruebas tecnológicas. Por lo tanto, las inversiones se realizan a entero riesgo de la empresa lo que, ante la incertidumbre sobre el retorno de la inversión, desincentiva la adopción tecnológica. En este marco, la reciente Ley de economía del conocimiento debería contribuir a revertir esta situación, favoreciendo el enriquecimiento del entramado de proveedores de tecnología y servicios para la economía 4.0.

#### 6.5 Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro

Frente a prioridades mucho más apremiantes, como la estabilidad macroeconómica, la transformación digital de la economía y, por ende, de sus cadenas de suministro ha tomado una posición secundaria en la agenda de política pública. A pesar de ello, como se muestra en las siguientes secciones, existen varios programas gubernamentales que pueden apoyar la transformación digital (Ver Figura 6-2).

**Figura 6-2 Argentina: Iniciativas del sector público que contribuyen a la transformación digital de la cadena de suministro**



En esta sección se detallan algunas de estas iniciativas.

### 6.5.1. Políticas de apoyo a la innovación en las PyMEs manufactureras

Existen varias políticas para apoyar la innovación y digitalización de las PyMEs. La principal entidad gubernamental encargada de los servicios de apoyo a las PyMEs es el Ministerio de Producción, a través de su Secretaría de Pequeñas y Medianas Empresas y Desarrollo Regional (SEPYME). Dentro del Ministerio de Producción, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) presta servicios de extensión tecnológica. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva también desempeña un papel importante en la promoción de la innovación y la productividad en el segmento PyME.

Los programas más importantes de SEPYME incluyen: prestación de asistencia e información para facilitar el acceso a los mercados de exportación;

diagnóstico de los procesos operativos de las PyMEs y apoyo económico para aplicar las recomendaciones de mejoras operacionales; subvenciones para gastos relacionados con la mejora de la competitividad; innovación de productos y procesos y certificaciones de calidad; capital inicial para la creación de nuevas empresas; reembolsos de los gastos de inversión realizados en formación de recursos humanos; asistencia técnica y económica para ejecutar, desarrollar y fortalecer proyectos productivos; creación de agrupaciones empresariales; asistencia financiera para reducir el costo del crédito y los préstamos para la construcción de parques industriales; suministro de infraestructura para conectar parques industriales; y crédito para la adquisición de capital circulante<sup>51</sup>. Por su parte, los servicios de INTI para PyMEs incluyen asistencia técnica; apoyo a I+D; orientación sobre procesos industriales y de calidad; capacitación y desarrollo de habilidades; calidad y certificación de productos; protección ambiental; y pruebas, análisis y calibración<sup>52</sup>.

De manera adicional, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva apoya en la creación de sinergias entre las empresas, universidades y centros de investigación para incrementar la adopción de tecnología. El principal programa del Ministerio es el Fondo Tecnológico (FONTAR)<sup>53</sup>. El fondo financia proyectos centrados en la modernización tecnológica de productos o procesos, la integración de personal con doctorado o la adopción de tecnologías. FONTAR busca promover la I+D vinculando a las PyMEs con los laboratorios públicos, ofreciendo créditos fiscales de I+D y proporcionando subvenciones directas a proyectos públicos de I+D.

Finalmente, es importante mencionar el Plan de Innovación Industrial Digital 4.0, liderado por el Ministerio de Modernización. El programa tiene por objeto racionalizar los procesos del sector público (incidiendo en esferas como los procesos de comercio exterior y los trámites administrativos). Asimismo, se centra en mejorar el acceso de las PyMEs al hardware, el software y la conectividad mediante la provisión de descuentos y cupones ofrecidos en asociación con instituciones financieras estatales. En tercer lugar, el programa proporciona acceso a la formación mediante el apoyo financiero. Si bien su título incluye "4.0", cabe señalar que este programa se centra en mayor medida en los requisitos tecnológicos básicos de las PyMEs.

### 6.5.2. Programas de mejora de la infraestructura vial, ferroviaria y de telecomunicaciones

En 2017, el gobierno lanzó un programa de USD \$26,5 mil millones en inversión de alianzas público-privadas, incluidos 6.800 km de carreteras. Además, el programa está orientado a la modernización de las vías ferroviarias existentes (ferrocarriles Belgrano y San Martín) y la construcción de nuevas vías por un total de 665 kilómetros.

En lo que respecta a las telecomunicaciones, el Ministerio de Modernización y el organismo regulador de las telecomunicaciones, ENACOM, han estado implementando numerosos programas destinados a mejorar la conectividad, si bien con mayor hincapié en aplicaciones de gobierno electrónico y la educación en zonas rurales y aisladas (Ver Tabla 6-15).

### 6.5.3. Programas para promover el desarrollo de proveedores de tecnología

El Ministerio de Producción y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva han puesto en marcha varios programas centrados en proporcionar incentivos para el desarrollo de *start-ups*, algunas de las cuales pueden centrarse en la incubación de tecnologías digitales con impacto en la cadena de suministro (Tabla 6-16).

**Tabla 6-15. Argentina: Programas destinados a desarrollar la infraestructura de telecomunicaciones**

Ministerio	Programa	Detalle
Ministerio de Modernización	Wi-Fi País Digital	Acceso Wi-Fi gratuito en todos los espacios públicos del país.
	Plan Federal de Internet	Plan dirigido a extender la conectividad de fibra óptica a 1.300 municipios
Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM)	Plan Nacional de Banda Ancha – Última Milla	Programa enfocado en desarrollar conectividad de última milla a hogares en municipios seleccionados.
	Internet inalámbrico y telefonía móvil en pequeñas localidades sin SBT – Última milla	Programa centrado en el despliegue de conectividad inalámbrica en municipios que carecen de servicio de telefonía fija.
Empresa Argentina de Soluciones Satelitales (ARSAT)	Iluminación de la Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO)	Despliegue de 120 nodos de conectividad en la red estatal de fibra óptica.
	Internet gratuito para organismos públicos en localidades asociadas a ARSAT	Ofrecer servicio de interconexión a los ISP a través de una tarifa fija de USD \$18.

Fuente: Compilación de los autores

Tabla 6-16. Argentina: Programas destinados a promover el desarrollo de la tecnología y de *start-ups*

Ministerio	Programa	Detalle
Ministerio de Producción	Ley de emprendedores	Simplifica los procesos de lanzamiento digital de nuevas empresas.
	Ley de promoción de software	Hasta un 60% de exención de impuestos sobre ganancias y acceso a bonos para pagar deudas; enfocado en compañías de software.
	Clústeres tecnológicos regionales	Prestación de asistencia técnica para el desarrollo de grupos de tecnología radicados en el interior del país.
	Asistencia Financiera para PyMEs Tecnológicas	Financiación de pequeñas <i>start-ups</i> de software para que puedan cumplir con los requisitos de registro, patente y certificación.
	Fondo Nacional de Capital Emprendedor (FONDCE)	Provisión de Tarifa Cero a las PyMEs para promover la innovación.
	Ley de Economía del Conocimiento	Simplificación de requisitos e incentivos fiscales para el desarrollo de la economía del conocimiento. Aplica a empresas de software, electrónica, informática, producción audiovisual, industria satelital, biotecnología, nanotecnología, nanociencia, ingeniería para la industria nuclear, entre otras.
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva	FONSOFT	Financiación para el desarrollo de PyMEs centradas en el software.
	FONARSEC	Financiación centrada en la capacitación tecnológica de los directivos en sectores estratégicos clave.
	Concurso Emprendedor Tecnológico	Financiación para la formación de las nuevas <i>start-ups</i> y el desarrollo de planes de negocio.
Comisión Nacional de Valores	Sistema de Financiamiento Colectivo	Lanzamiento de un portal gestionado por la Comisión de Valores para facilitar el acceso a la financiación de <i>start-up</i> .

Fuente: Compilación de los autores

#### 6.5.4. Programas para mejorar la facilidad de hacer negocios

Como se mencionó anteriormente, el Gobierno Nacional ha venido desplegando varios programas e iniciativas destinados a reducir las complejidades de la interacción con el sector público. Estas iniciativas se centran en el lanzamiento de plataformas de acceso digital y en la introducción de mecanismos de transacciones financieras electrónicas (Ver Tabla 6-17).

#### NOTAS:

41. Fuente: Banco Mundial.

42. Fuente: INDEC. Cuentas Nacionales. Agregados macroeconómicos (PIB)

43. Foro Económico Mundial (2018). Informe de Competitividad Global 2018. Coligny.

44. Fuente: Euromonitor (2018).

45. Fuente: Telecom Advisory Services – Estimación en base a datos del INDEC.

46. Kristian Thorn (2005). “*Science, Technology and Innovation in Argentina*,” Documento de trabajo del Departamento de Desarrollo Humano de la Región de América Latina y el Caribe del Banco Mundial, septiembre, <http://siteresources.worldbank.org/INTARGENTINA/Resources/ScienceTechnologyandInnovationinArgentina.pdf>.

47. Cavallo, Alberto and Bertolotto, Manuel, Serie completa de Inflación de Argentina desde 1943 a 2016 (*Filling the Gap in Argentina's In-*

Tabla 6-17. Argentina: Programas destinados a mejorar la facilidad para hacer negocios

Ministerio	Programa	Detalle
Iniciativa multiministerial de coordinación Ministerio de Producción, Ministerio de Modernización y Hacienda	Ventanilla Única de Comercio Exterior	Plataforma para simplificar y acelerar los procedimientos para mejorar la eficiencia y la transparencia del comercio internacional.
Ministerio de Modernización	Estrategia Nacional de Ciberseguridad	Instalación de centros enfocados en la detección del delito cibernético y la generación de respuestas.
	Portal de Compras Públicas de la República Argentina	Digitalización de todos los procesos relacionados con la adquisición de bienes y servicios de la administración pública.
	Plataforma Digital del Sector Público Nacional	Plataforma destinada a unificar, normalizar y simplificar el acceso a todos los instrumentos y servicios ofrecidos por el Gobierno Federal.
Banco Central	PEI: Pago Electrónico Inmediato: nuevas modalidades de hacer transferencias.	Plataforma centrada en la inclusión financiera a través de pagos iniciados con teléfonos inteligentes.
	ALIAS CBU	Simplificación segura y digital del número de identificación fiscal.
	DEBIN: Debito Inmediato	Aplicación de apoyo a los pagos de débito/crédito a través de transferencias web.
Administración Nacional de Seguridad Social (ANSES)	Oficina Nacional de Atención Integral y Ventanilla Única Digital de ANSES	Simplificación de los procedimientos interinstitucionales que requieren el acceso a los datos del Seguro Social.

Fuente: Compilación de los autores

*flation Data* (18/05/2016). Recuperado en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2787276> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2787276>

48. Fuente: <http://www.iprofesional.com/notas/270288-pbi-crecimiento-macri-consumo-inflacion-gasto-economia-inversion-ajuste-actividad-2019-cambiamos-2018-pbi-jp-morgan-Cuanto-crece-la-Argentina-en-2018-segun-JP-Morgan>

49. Siemens (2017). *Digitalization: Trends and Insights for Argentina*.

50. Barbero, J., "La Logística Argentina: situación actual y mirada al futuro", Presentado en la 8va Reunión de cargadores y operadores del Corredor Atlántico-Pacífico", 12 de octubre de 2017.

51. Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa, Ministerio de Industria, <http://www.sepyme.gob.ar/#>.

52. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, "About Us," <https://www.elannetwork.org/partners/inti-instituto-nacional-de-tecnologia%3%ADa-industrial>.

53. Ministerio de Economía y Finanzas, "Presupuesto del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva para el año 2012", Ministerio de Economía y Finanzas, (2011), 33, <http://www.mecon.gov.ar/onp/html/presutexto/ley2012/jurent/pdf/D12J71.pdf>.

**7**

**BRASIL**

Este capítulo evalúa el grado de preparación de Brasil para afrontar la transformación digital de sus cadenas de suministro. El mismo está basado en información pública y entrevistas con ejecutivos de cuatro industrias (automotriz, artículos del hogar, textil y alimentación), proveedores de servicios logísticos, investigadores y representantes del sector público. El análisis está estructurado en base al modelo presentado en el Capítulo 2, el cual incluye los diferentes procesos y actores involucrados en la cadena de suministro.

### 7.1. Contexto macro

Brasil es la economía más grande de América Latina y la octava del mundo (PBI 2017: USD \$3.856,2 billones<sup>54</sup>). En 2014, el sector agrícola representaba el 6,15% del PIB, la manufactura el 21,1% y los servicios 72,2%. La

Tabla 7-1 presenta el desglose de los cuatro sectores seleccionados para el estudio.

La estructura productiva del país está dominada por las PyMEs y las microempresas, las cuales representan el 99,7% de la totalidad de los establecimientos del sector formal (Ver Tabla 7-2).

En el año 2018, la economía brasileña ocupaba el puesto 72° del Ranking en términos de competitividad<sup>55</sup>, habiendo disminuido cuatro posiciones respecto al año 2017, como resultado de un menor desempeño institucional y el deterioro de las condiciones macroeconómicas. Este declive fue amortiguado de alguna manera por la adopción tecnológica, la sofisticación empresarial y la innovación. El país presenta un nivel intermedio de digitalización en comparación con sus pares

**Tabla 7-1. Brasil: Valor Bruto Anual (Valores Actuales en USD \$1 millón)**

Sector	2013		2014	
	Valor	%	Valor	%
Alimentación (1)	238.578	6,2%	226.318	6,1%
Textil (2)	61.754	1,6%	57.227	1,6%
Electrodomésticos (3)	30.628	0,8%	27.373	0,7%
Automotriz (4)	80.100	2,1%	61.914	1,7%
Total economía	3.853.167		3.679.771	

NOTAS:

- (1) Incluye: (a) Carne vacuna y otros productos derivados de la carne, b) Carne de cerdo, c) Pollo, d) Pescado industrializado, e) Leche refrigerada, esterilizada y pasteurizada, f) Otros productos lácteos, g) Azúcar, h) Conservas de frutas, verduras, otros vegetales y zumos de frutas, i) Aceites y grasas animales y vegetales, (j) Café, (k) Arroz y productos derivados del arroz, (l) Productos derivados del trigo, mandioca y maíz, (m) Alimentos balanceados para animales, (n) Otros productos alimenticios y (o) Bebidas
- (2) Incluye: (a) Hilados y fibras textiles, (b) Tejidos, (c) Productos textiles para el hogar y artículos para el hogar, artículos de confección y accesorios y (e) calzado y artículos de cuero
- (3) Incluye: (a) Máquinas, aparatos y materiales eléctricos y (b) Electrodomésticos
- (4) Incluye: (a) Automóviles, camionetas y utilitarios y (b) Camiones y colectivos, incluye cabinas, carrocerías y remolques.

Fuente: IBGE

**Tabla 7-2. Brasil: Número de establecimientos (por tamaño)**

Categoría	Número de Empleados	Total	Porcentaje del total
Grande	250+	13.854	0,30%
Mediana	50-250	66.305	1,45%
Pequeña	10-49	524.393	11,51%
Microempresa	Hasta 9	3.952.859	86,73%
Total		4.557.411	100,00%

Fuente: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Metodologia das Estatísticas de Empresas, Cadastros e Classificações, Cadastro Central de Empresas 2014

Tabla 7-3. Brasil: Clasificación en términos de competitividad y digitalización

	Posición en América Latina	Índice	Primer país de América Latina	Promedio OCDE	Primer país de OCDE
Índice de desarrollo de las TIC (UIT) – 2017	5	6,1	Uruguay (7,2)	7,7	Islandia (9,0)
Índice de Preparación de Redes (WEF) – 2016	6	4,0	Chile (4,6)	5,2	Finlandia (6,0)
Índice de desarrollo de Gobierno Electrónico (ONU) – 2018	4	0,7	Uruguay (0,8)	0,8	Dinamarca (0,9)
Índice de Digitalización (TAS) – 2018	8	49,2	Chile (59,1)	67,2	Suiza (76,7)
Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (CAF) - 2018	7	53,8	Chile (59,8)	64,9	Noruega (77,1)
Índice de Comercio Electrónico (UNCTAD) – 2016	3	56,2	Uruguay (62,6)	75,0	Luxemburgo (89,7)
Índice de Economía del Conocimiento (Banco Mundial) – 2012	2	6,1	Chile (7,2)	8,2	Suecia (9,2)
Índice de Innovación Global (Cornell-WIPO) – 2017	7	33,1	Chile (38,7)	52,1	Suiza (67,7)
Índice de Desarrollo de Banda Ancha (BID) – 2014	3	5,2	Chile (5,8)	6,1	Luxemburgo (7,3)
Índice de facilidad para los negocios (Banco Mundial) -2018	14	56,4	México (72,3)	78,0	Nueva Zelanda (87,0)
Índice de Desempeño Logístico (Banco Mundial) - 2018	4	3,0	Chile (3,3)	3,7	Alemania (4,2)
Ranking de Competitividad Mundial (IMD) - 2018	6	55,8	Chile (75,1)	83,8	EE. UU. (100,0)

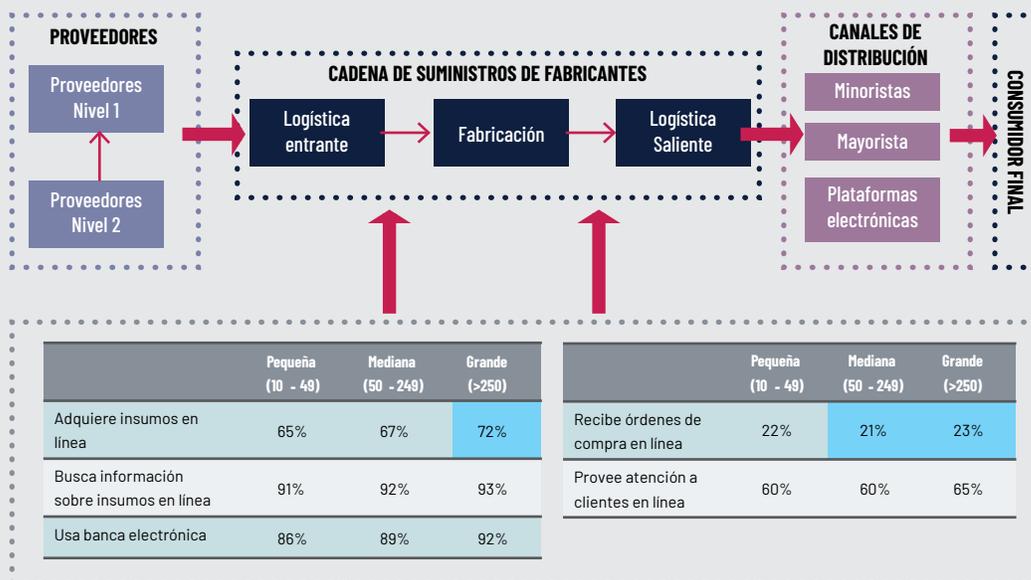
Fuente: Análisis en base a datos de UIT, WEF, ONU, TAS, CAF, UNCTAD, Banco Mundial, WIPO and BID

latinoamericanos, aunque se encuentra rezagado con respecto a los países de la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) (Ver Tabla 7-3).

Históricamente, el crecimiento de la economía digital de Brasil ha sido impulsado por un aumento acelerado de la digitalización de los hogares (como lo indica el crecimiento de la telefonía celular, la penetración de banda ancha y el uso de Internet) y la conectividad de consumidores. A ello se ha sumado, en los últimos años, cierto avance en la digitalización de la producción: datos recientes evidencian que el 91% de las empresas brasileñas señalan haber buscado información sobre productos y servicios en Internet, el 86% ha utilizado la banca electrónica, mientras que más del 65% ha comprado insumos en Internet en los últimos diez meses. Ahora bien, sólo el 22% de las empresas señala haber vendido productos en Internet en los últimos 12 meses. En el Gráfico 7-1 se presentan datos sobre la adopción de tecnología, desglosados por tamaño de la empresa.

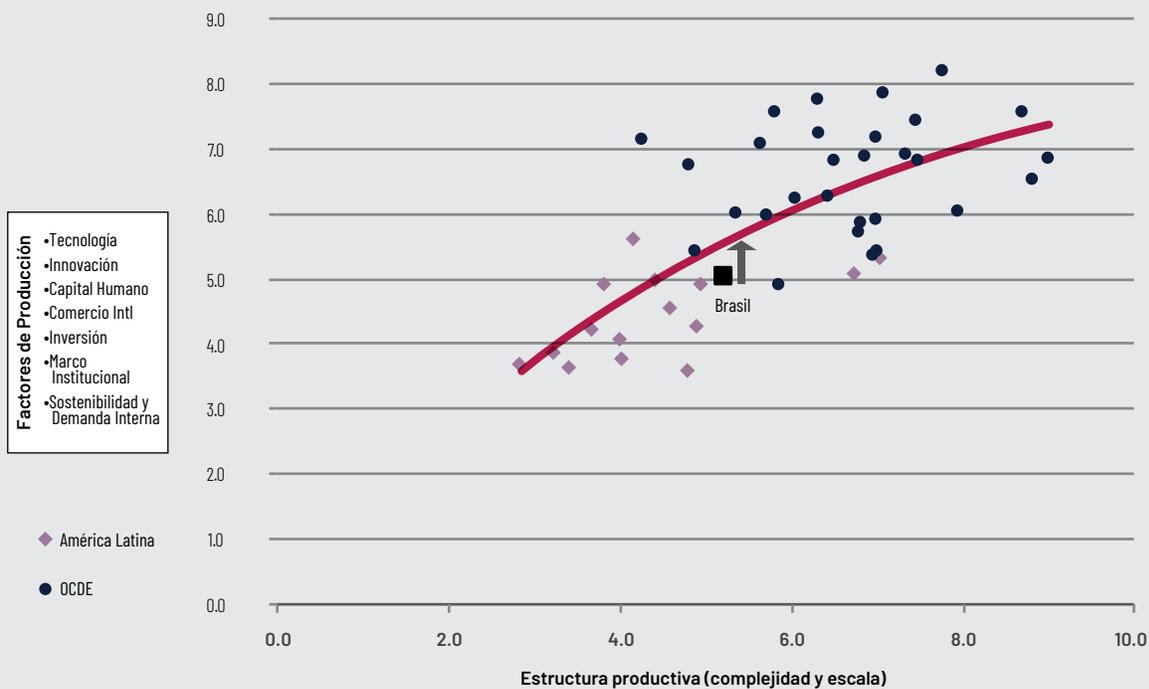
Desde un punto de vista estructural, la economía del país está preparada para avanzar en una mayor transformación digital: su estructura productiva se caracteriza por una mayor complejidad relativa que la de sus pares latinoamericanos, en cuanto a los sectores en los que se especializa y el mayor contenido de innovación y tecnología asociados con los mismos. Brasil posee un sector de tecnología dinámico, que puede contribuir considerablemente a facilitar la transformación digital, brindando servicios de soporte y valor agregado a las cadenas de suministro, y generando la masa crítica de recursos humanos necesaria. En efecto, Brasil se encuentra entre los países con mayor cantidad de empleos en el sector de TIC, con 1.237.000 empleos en 2018. Aun así, Brasil necesita mejorar su desempeño en formación de capital humano y la capacidad institucional para alcanzar la frontera esperada según su nivel de complejidad económica y cerrar la brecha existente con los países más avanzados (Ver Gráfico 7-2).

Gráfico 7-1. Brasil: Adopción de tecnología en la cadena de suministro (2017)



Fuente: Cetic.Br Investigación sobre el Uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en las Empresas Brasileñas 2017; análisis Telecom Advisory Services

Gráfico 7-2 Capacidad para abordar la transformación digital de la producción: Brasil vs. Países latinoamericanos y de la OCDE



Fuente: Análisis en base a datos del Foro Económico Mundial. *Shaping the Future of Production* (2017)

La crisis institucional que afectó al país en los últimos años y que terminó con la destitución de su presidente en mayo de 2016 afectó negativamente el clima de inversiones y las perspectivas macroeconómicas. El país enfrentó una caída del 10% del PIB per cápita y perdió en cierto modo el preponderante rol económico internacional que había alcanzado hasta ese momento. Sin embargo, las instituciones brasileñas demostraron ser lo suficientemente maduras para superar la crisis y el nuevo gobierno logró tomar el control de la situación económica, en particular de la inflación y el déficit público. Esto colocó a Brasil frente a una nueva oportunidad para los años venideros.

Sin embargo, varios factores siguen contribuyendo al deterioro de las expectativas de crecimiento<sup>56</sup>:

- Entorno mundial menos favorable: crecimiento moderado de la economía china, mercados de materias primas menos favorables, aumento de las tasas de interés en los Estados Unidos y amenazas proteccionistas obstaculizan la recuperación del crecimiento económico.
- Desaceleración de la economía argentina, un mercado importante para los productos brasileños.
- Elevado déficit público: los aumentos de impuestos y controles de gasto promulgados en los últimos cinco años no han sido suficientes para revertir el deterioro fiscal (la deuda pública se sitúa en el 77% del PIB).
- Volatilidad financiera y, con ello, potencial de generación de nuevas presiones inflacionarias.

En el mediano y largo plazo, el crecimiento económico de Brasil depende de revertir la caída de la productividad (aproximadamente 7% en la década 2006-2016). Un mayor nivel de adopción de tecnología no sólo en la producción industrial sino a lo largo de las cadenas de suministro del país (incluyendo procesos logísticos y de abastecimiento de insumos) puede contribuir significativamente a revertir dicha tendencia.

## 7.2. Preparación para la revolución tecnológica

Uno de los propósitos de este estudio fue evaluar el grado de conocimiento tanto de los beneficios como de la necesidad de impulsar la transformación digital

de la cadena de suministro en los diferentes sectores de Brasil. En este sentido, se asume que este conocimiento es la primera condición necesaria para avanzar sobre este proceso de transformación. El grado de conocimiento fue analizado sobre la base de entrevistas de responsables de la formulación de políticas públicas, ejecutivos del sector privado y académicos.

### 7.2.1. Preparación del sector privado

Los ejecutivos del sector privado brasileño reconocen la importancia del concepto de digitalización y el potencial de la industria 4.0. Según una encuesta de Siemens de 250 ejecutivos realizada en 2015<sup>57</sup>, el 95% de los entrevistados consideró que la digitalización podría generar una mayor eficiencia de los recursos, el 90% estimó que el impacto más importante se reflejaría en la optimización de los procesos de toma de decisiones, mientras que factores tales como el establecimiento de nuevos modelos de negocio (64%) y la formación de una cultura corporativa abierta a la innovación (67%) también fueron considerados como efectos importantes. Según la misma encuesta, el 40% de las empresas brasileñas ya disponen de una estrategia digital integral, mientras que el 28% ha desarrollado una estrategia que afecta al menos a ciertas áreas funcionales de la empresa (marketing, logística, etc.). En esta línea, una segunda encuesta realizada por la Confederación Nacional de Industrias (CNI) en 2017 indicó un alto nivel de conocimiento de la Industria 4.0 e, incluso, de la transformación digital de la cadena de suministro, por parte de ejecutivos del sector privado (Ver Tabla 7-4).

Sin embargo, el conocimiento del potencial de la transformación digital registrado tanto la encuesta de la CNI como en las entrevistas de este estudio no se traduce todavía en un sentido de urgencia con respecto a la implementación generalizada de procesos de transformación digital. Si bien las grandes empresas ya han comenzado un (lento) proceso de transformación, las PyMEs brasileñas continúan demostrando un nivel de preparación limitado (Ver Tabla 7-5).

En línea con esta reflexión, un estudio patrocinado por Dell Technologies e Intel revela que Brasil se encuentra retrasado en materia de transformación digital y muestra que, incluso las empresas avanzadas en esta área, todavía están inseguras acerca del posible impacto de las iniciativas. Asimismo, de acuerdo al Índice de transformación digital para empresas medianas y grandes, elaborado por

**Tabla 7-4. Brasil: Probabilidad de que las tecnologías digitales avanzadas se conviertan en factores dominantes del desempeño de las empresas**

Área	Probabilidad alta	Probabilidad media-alta
Relación con proveedores (supervisión en tiempo real de pedidos y logística a través de servicios web)	46,6 %	31,2 %
Desarrollo de productos (modelado virtual de productos y procesos)	36,0 %	24,2 %
Gestión automatizada de la producción (soluciones M2M)	38,4 %	17,1 %
Relación con el cliente (tecnologías para el seguimiento del uso del producto)	45,3 %	27,0 %
Gestión de empresas (procesos automatizados apoyados por Inteligencia Artificial y uso de Big Data Analíticas)	32,3 %	25,6 %

Fuente: CNI (2017).

**Tabla 7-5. Brasil: Evaluación de la preparación para la transformación digital de acuerdo con entrevistas**

	Preparación	Implementación
Multinacionales/ Multilatinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buen entendimiento de las tecnologías 4.0.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Una de cada dos empresas de manufactura planea invertir en tecnologías de automatización y la compartición de datos en los procesos de manufactura, sin embargo, su implementación de encuentra aún en una etapa embrionaria<sup>58</sup>.</li> <li>En general, las multinacionales están mucho más adelantadas en el proceso de preparación, aunque todavía denotan una aplicación limitada.</li> <li>Las corporaciones multinacionales provenientes de otros países de América Latina están menos avanzadas que las multinacionales europeas o americanas.</li> <li>La implementación lenta de la transformación se debe, en parte, a la incertidumbre político-económica.</li> </ul>
PyMEs	<ul style="list-style-type: none"> <li>74% de las PyMEs desconocen los conceptos básicos de la industria 4.0 y los beneficios que pueden proporcionar a sus empresas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre las que reconocen la necesidad de capacitarse e implementar nuevas tecnologías digitales, mencionan que carecen de la información para diseñar una hoja de ruta y de los recursos humanos y financieros para implementarla.</li> <li>Los proveedores de tecnología se centran en el segmento local y/o los servicios de exportación de multinacionales, sin atender a las necesidades particulares del segmento PyME.</li> </ul>

esta fuente para 42 países, sólo el 6% de las empresas brasileñas pueden considerarse líderes digitales y el 26% de los profesionales encuestados creen que sus empresas serán superadas por la competencia.

Las principales razones expuestas en las entrevistas para explicar la brecha entre el nivel de conocimiento y el grado de preparación para afrontar la transformación digital pueden agruparse en dos categorías (Ver Tabla 7-6).

Con relación a la labor del sector público, los representantes del sector privado entrevistados señalan que la transformación digital de la cadena de suministro debe ser un imperativo estratégico para Brasil, aunque reconocen disponer de un conocimiento muy limitado de

las políticas e iniciativas del sector público para avanzar en este proceso. El sector privado percibe que la transformación productiva, así como la transformación digital de la cadena de suministro, no son temas prioritarios de la agenda de políticas públicas. Esta conclusión, en sí misma, es particularmente sorprendente teniendo en cuenta el nivel de esfuerzo desplegado por el actual gobierno en el desarrollo de la digitalización (ver la última sección de este capítulo). Ninguno de los entrevistados del sector privado conoce la existencia de un plan nacional de Industria 4.0, evidenciando la necesidad de mejorar la coordinación público-privada:

- “No percibo que el gobierno brasileño disponga de una agenda prioritaria enfocada en la transformación digital de la producción, como es el caso de China e India”;

**Tabla 7-6. Brasil: Razones que explican la falta de urgencia en la transición a la Industria 4.0**

Entorno macro	Conocimiento Limitado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sector público está focalizado en mejorar primero la situación macroeconómica y luego elaborar estrategias de más largo plazo, como la transformación digital.</li> <li>• Impulsadas por el contexto económico, las empresas se centran en gestionar el corto plazo, mantener sus negocios y preservar su cuota de mercado. En este contexto, la inversión en nuevas tecnologías no constituye una prioridad.</li> <li>• Cuando las empresas multinacionales tienen que decidir en qué país van a invertir en nuevas tecnologías digitales, estas consideran el contexto económico del país y la región. En los últimos tres años, la coyuntura macroeconómica y política de Brasil ha desestimulado nuevas inversiones.</li> <li>• Los líderes del sector privado perciben otras brechas en los determinantes microeconómicos clave para la competitividad (estructura tributaria, infraestructura logística, conflicto laboral en el sector del transporte, etc.), a los cuales dedican atención prioritaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si bien hay mucha mención a la Industria 4.0, existe desconocimiento sobre la tecnología y cómo obtener beneficios de ella.</li> <li>• “La mayoría de las empresas en Brasil aún no están preparadas para la implementación de tecnologías 4.0. La mayoría de los conceptos han sido importados de economías avanzadas como Alemania y los Estados Unidos, que tienen una situación y una competitividad muy diferentes de lo que presenta Brasil. En Brasil se observa empresas que todavía están en la segunda o tercera revolución industrial, pero muy pocas están pensando en la cuarta. En una situación así, se ve muy lejos la implementación de tecnologías como inteligencia artificial, robótica e IoT.”</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

- “El gobierno es consciente de que necesitamos cambiar para mantener nuestra competitividad, pero todavía no ha formulado una agenda estratégica para trabajar en este importante aspecto”;
- “En mi opinión, Brasil es uno de los países de América Latina que tiene menos incentivos para fomentar la innovación a nivel privado”;
- “He participado en muchos foros y eventos de la industria, y no vi al gobierno implicado en ninguna discusión sobre la industria 4.0. Esto no es una prioridad del gobierno; no tengo conocimiento de ningún programa o incentivo para ayudar a las empresas a adquirir o implementar nuevas tecnologías digitales”;
- “No tengo conocimiento de ningún programa de gobierno concreto centrado en ayudar a las empresas a comprar e implementar tecnologías digitales avanzadas”;
- “No puedo identificar ninguna iniciativa del gobierno relacionada con las tecnologías 4.0. La mayoría de las iniciativas digitales se centran en mejorar la recaudación de impuestos”;
- “La reciente crisis económica y política ha retrasado el desarrollo de un plan de gobierno centrado en la industria 4.0. Aunque hay algunas iniciativas

en algunos ministerios, éstas se concentran únicamente en unas pocas áreas e industrias, con muy poca coordinación”.

### 7.3. Transformación digital en las cadenas de suministro

El estado de transformación digital de la cadena de suministro en Brasil varía sustancialmente entre los cuatro sectores de la industria bajo estudio. Tres factores explican los diferentes estados de desarrollo:

- **Alcance del negocio:** las empresas que forman parte de las cadenas de suministro globales (por ejemplo, las automotrices) tienden a presentar un mayor grado de digitalización que las focalizadas en el mercado doméstico.
- **Grado de integración vertical:** Las empresas que ocupan posiciones en más de un nodo o proceso de la cadena de suministro (por ejemplo, integración de transformación y distribución), aun si están enfocadas exclusivamente en el ámbito nacional, tienden a presentar un mayor avance en términos de transformación digital.
- **Nivel de competitividad:** las industrias más afectadas por las variables macroeconómicas internas y

la competencia internacional (por ejemplo, la fabricación de productos textiles) tienden a estar más rezagadas en términos de la transformación digital de la cadena de suministro.

Al igual que las economías avanzadas, las empresas multinacionales y las “multilatinas” tienden a liderar la transformación digital de la cadena de suministro. Asimismo, cabe destacar que las subsidiarias brasileñas de las corporaciones multinacionales presentan un cierto avance (aunque mínimo) respecto al nivel de transformación digital de las filiales en Argentina. Frente a las multinacionales y las multilatinas, las PyMEs de todos los sectores registran un importante rezago. En términos generales, puede señalarse que:

- De los cuatro sectores estudiados, el automotriz es el más avanzado en lo que respecta a la formulación de una visión e implementación de la transformación digital de la cadena de suministro, aunque este estado de desarrollo no es consistente en todas las empresas.
- Mientras que el sector de procesamiento de alimentos presenta un nivel similar de preparación que el sector automotriz, la transformación digital de la cadena de suministro está más avanzada en las empresas multinacionales y multilatinas que en las domésticas. Asimismo, algunos subsectores se encuentran más rezagados que otros en términos de transformación digital debido a márgenes más reducidos, que llevan a evaluar cuidadosamente las inversiones en nuevas tecnologías, para determinar el retorno de inversión antes de proceder a su implementación.
- El sector de electrodomésticos está detrás del sector de procesamiento de alimentos en términos de Industria 4.0 y transformación digital de la cadena de suministro. En general, las empresas multinacionales están más avanzadas que las nacionales. Aun así, las tecnologías 4.0 no son una prioridad actual para las empresas multinacionales, al menos hasta que Brasil resuelva temas referentes a la estructura tributaria para generar incentivos a la inversión en tecnologías digitales.
- El sector textil está considerablemente rezagado en términos de la transformación digital de su cadena de suministro, principalmente por razones económicas estructurales (competencia interna-

cional). Sin embargo, las grandes empresas multinacionales de los sectores textil y de confección están mucho más avanzadas que las PyMEs del mismo sector. Algunas multinacionales ya han adoptado tecnología de manufactura similar a la aplicada en Europa.

Todas las empresas entrevistadas en el Brasil coincidieron en señalar las barreras del entorno para abordar la transformación digital de la cadena de suministro. Los factores más frecuentemente mencionados fueron:

- Limitada disponibilidad local de tecnología, lo que obliga a las empresas a buscarla en el extranjero, con el consiguiente impacto en los costos;
- Bajo nivel de formación de la mano de obra (por ejemplo, en la industria automotriz tanto supervisores como operarios no están bien preparados para implementar de tecnologías 4.0);
- Capacidad gerencial limitada para liderar el diseño y la implementación de la transformación digital. Gran parte de la gerencia pertenece a la generación anterior y tiene, por lo tanto, algunas dificultades para visualizar una estrategia de transformación;
- Altos costos de capital;
- Baja conectividad a Internet, especialmente en el interior del país;
- Cierta nivel de resistencia sindical.

En particular, los entrevistados mencionaron el marco tributario como una de las principales barreras para afrontar la transformación digital de la cadena de suministro. De acuerdo con lo mencionado en entrevistas, el costo de la adquisición de tecnología avanzada, lo que incluye derechos de importación, aumenta sustancialmente el período de amortización de la inversión. Por ejemplo, en México un vehículo con guía automática cuesta US\$ 80.000, mientras que en Brasil el costo del mismo alcanza los USD \$120.000, en gran parte debido a los aranceles a la importación. Estos derechos crean una barrera a la innovación, ya que aumenta el costo de realización de pruebas piloto.

Otros factores señalados por los entrevistados son la falta de planes integrales de transformación para la cadena

de suministro y la fragmentación de plataformas y sistemas entre los actores que la conforman. Un ejemplo mencionado para el primer caso es el de algunas empresas automotrices, las cuales se han enfocado principalmente en la transformación digital interna, liderando iniciativas a nivel funcional, aunque sin un plan estructurado e integrado a lo largo de toda la cadena de suministro. En el segundo caso, empresas que adquieren productos de proveedores en China mencionaron deber utilizar sistemas y medios de comunicación diferentes en los cuatro pasos del proceso logístico: (1) enviar orden de compra al proveedor; (2) contratar el transporte marítimo desde China, (3) recibir mercancía en el puerto de Brasil, (4) transporte de la carga del puerto a la planta. Cada proceso se basa en una aplicación diferente no integrada, algunas de ellas manuales, para realizar el seguimiento del pedido. Cuando las empresas necesitan recopilar información sobre qué productos están en cada buque, y en cada contenedor, tienen que llamar a la línea de transporte, que obtener esa información vía papel.

En resumen, el nivel de implementación y los desafíos relacionados con la transformación digital de la cadena

de suministro en las empresas brasileñas varían según el sector. El análisis de los datos de las entrevistas es presentado en la Tabla 7-7. A continuación, en esta sección se presentan los resultados de las entrevistas por sector.

### 7.3.1. Sector Automotriz

La industria automotriz brasileña opera 65 fábricas en 10 estados y 42 municipios, tiene capacidad para producir cinco millones de vehículos anualmente (más de tres turnos), proporciona 1,3 millones de empleos directos e indirectos y representa el 22% del PIB industrial. En 2017, Brasil fue el octavo mercado automotriz más grande y el noveno mayor productor del mundo.

La industria automotriz es el sector más avanzado en términos de transformación digital en Brasil. Esto se refleja en las mejoras tecnológicas al interior de cada empresa, más que en las interrelaciones con proveedores y distribuidores en la cadena de suministro. Los ejemplos de tecnologías que ya han sido adoptadas incluyen sistemas robóticos, vehículos semiautomáticos

**Tabla 7-7. Brasil: Adopción y dificultades para la transformación digital de la cadena de suministro**

Sector	Importancia estratégica	Implementación en Brasil	Desafíos en la cadena de suministro								
			Infraestructura de transporte	Limitaciones de capital humano	Resistencia sindical	Infraestructura en telecomunicaciones	Integración limitada con proveedores y distribuidores	Integración limitada con los proveedores de servicios logísticos	Organización interna de los silos	Disponibilidad de tecnología limitada	Normas y principios
Automotriz	Alto	Medio	M	A	A	A	M	M*	M	M	A
Procesamiento de Alimentos	Alto	Medio-Bajo	A	M	B		M	A		A	A
Textiles	Medio-Bajo	Bajo	A	M	B		M				
Electrodomésticos	Medio	Medio	A	M	B		M	A		M	A

Niveles: A - Alto M - Medio B - Bajo

\*El nivel medio se refiere a que la integración en el sector automotriz es mayor que en las otras industrias; por lo tanto, es una barrera más baja para avanzar en la digitalización

Fuentes: Entrevistas

Tabla 7-8. Brasil: Adopción y desafíos a la transformación digital de la cadena de suministro automotriz

Compañía	Importancia estratégica	Implementación en Brasil	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Multinacional A	<ul style="list-style-type: none"> <li>No posee una agenda 4.0.</li> <li>Las iniciativas de transformación digital son analizadas de manera aislada y no forman parte de un plan integral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lanzó un proyecto para mejorar la integración con los proveedores, pero se ve obstaculizado por la interacción limitada de sistemas de producción (ERP).</li> <li>Implementación de sistemas de robótica en manufactura.</li> <li>Introducción de sistemas de realidad aumentada para diseñar autopartes y realizar reingeniería de procesos.</li> <li>Implementación de vehículos semi automatizados para el transporte de materiales dentro de la planta.</li> <li>Uso de <i>big data</i> y software de mantenimiento predictivo para reducir los tiempos de interrupción de la línea de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia interna a la implementación de nuevas tecnologías.</li> <li>Cautela de la subsidiaria a invertir en Brasil debido a la coyuntura política y económica.</li> </ul>
Multilatin A (proveedor de nivel 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enfoque importante en Industria 4.0. con una estrategia, hoja de ruta y un presupuesto que se utilizará para implementar numerosas innovaciones.</li> <li>La hoja de ruta tiene 3 etapas: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fase 1: Migración a modelo operativo en tiempo real. ERP + Principales procesos de digitalización basados en múltiples software y soluciones.</li> <li>Negocio Extendido: Integración de la Cadena de Suministro.</li> <li>Fábrica Inteligente: Industria 4.0.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de una plataforma logística que rastrea los envíos con información en tiempo real y la ubicación del camión (plataforma desarrollada por un proveedor de logística).</li> <li>Utilización de herramienta tecnológica para optimizar la distribución y controlar los costos de transporte.</li> <li>Automatización de los procesos de manufactura para reducir la intervención manual.</li> <li>Automatización de los centros de distribución mediante códigos de barras y captación de voz.</li> <li>Implementación de un proyecto centrado en mejorar la planificación de ventas y operación para optimizar las previsiones, los planes de fabricación y reducir inventarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia del estrato gerencial.</li> <li>Baja disponibilidad de presupuesto y alto costo de capital.</li> <li>Poder de los sindicatos, especialmente en los puertos donde es muy difícil implementar nuevos proyectos para mejorar la tecnología y ser más productivo.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

para el transporte de materiales, realidad aumentada para el diseño de autopartes y la reingeniería de procesos productivos, y *big data* y *machine learning* para el mantenimiento predictivo. Ahora bien, las filiales brasileñas de las empresas multinacionales presentan un rezago en el proceso de transformación digital respecto de las subsidiarias de las mismas empresas en Europa, Estados Unidos y China. Para aprobar nuevas inversiones en Brasil, las multinacionales automotrices mencionan necesitar mejores condiciones macroeconómicas. Otros factores externos a la industria que afectan la transformación digital son: la estructura tributaria, los costos de transporte y rezagos en la infraestructura logística (ver Sección 6.4). Finalmente, muchos proveedores de nivel 2 son PyMEs, las cuales enfrentan importan-

tes obstáculos para invertir en nuevas tecnologías o capacitar a la mano de obra.

### 7.3.2. Sector de procesamiento de alimentos

En los últimos años, Brasil se consolidó como potencia agrícola, habiendo sido décadas atrás un importador neto de alimentos. Es el segundo exportador agrícola del mundo y ya ha superado a países como Australia y Canadá. Es el principal productor de jugo de naranja, café y azúcar. Es uno de los líderes mundiales en exportación de soja, etanol y carne vacuna. De este modo, la agroindustria es uno de los motores clave para el crecimiento de Brasil, representado aproximadamente el 50% de las exportaciones y el 23% del PIB. La participación de Brasil en las cadenas globales de suminis-

**Tabla 7-9. Brasil: Adopción y desafíos de la transformación digital de la cadena de suministro de procesamiento de alimentos**

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Brasil	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Multilatina B	<ul style="list-style-type: none"> <li>A nivel corporativo, la empresa ha definido un plan estratégico 2020 que posee 12 pilares, de los cuales cuatro se centran en el uso de tecnologías 4.0 para mejorar la cuota de mercado y la eficiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el área de fabricación se está automatizando la producción en línea, introduciendo tecnologías para automatizar la mezcla y el envasado.</li> <li>En aprovisionamiento y distribución, la empresa implementó modelos de optimización que incluyen la planificación estratégica y diseño de redes, así como la planificación táctica para generar el plan semanal de fabricación y distribución.</li> <li>En 2019 la compañía trasladará su ERP a la nube e implementará nuevas funciones del sistema, como planificación de transporte y compra.</li> <li>Se están evaluando dos nuevos proyectos para mejorar las operaciones de almacén (vehículos autónomos en almacenes y recogida de voz para preparar pedidos).</li> <li>En finanzas, la compañía está planeando automatizar algunas operaciones que se realizan manualmente (por ejemplo: obtener estados bancarios diarios de la web de cada banco y generar informes automáticos).</li> </ul>	
Multilatina C	<ul style="list-style-type: none"> <li>La empresa no posee una estrategia para la industria 4.0 o una hoja de ruta de transformación digital.</li> <li>Si bien existen algunas iniciativas tecnológicas, las mismas no están estructuradas y no forman parte de una estrategia corporativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de soluciones tecnológicas para inteligencia de negocios, planificación de ventas y operaciones y modelo de optimización para la planificación táctica.</li> <li>La empresa ha invertido en dos proyectos de trazabilidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>Seguimiento de los animales desde la granja hasta el producto final.</li> <li>Rastreo de contenedores desde la planta hasta su destino final (principalmente para las exportaciones).</li> </ul> </li> <li>Se planea invertir en tecnologías de manufactura para automatizar el embalaje y almacenamiento, y control de temperatura para contenedores basados en la tecnología IoT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los bajos márgenes de la industria hacen que las inversiones en nuevas tecnologías se estudien y decidan cuidadosamente.</li> <li>La principal barrera para implementar nuevas tecnologías es cultural y gerencial.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

tro de alimentos es de relevancia y la aceleración de la transformación digital de su cadena es un imperativo para mantener su posición de liderazgo.

Complementariamente al sector tradicional de agroindustria y alimentos procesados, Brasil ha desarrollado recientemente un dinámico ecosistema emprendedor. La proliferación de emprendimientos de AgTech promete potenciar la competitividad de la industria, con

la introducción de modelos de negocio disruptivos en toda la cadena: insumos, maquinaria, agricultura de precisión, innovación en alimentos, seguridad y trazabilidad de alimentos, logística y distribución.

En este contexto, el sector brasileño de procesamiento de alimentos, especialmente las empresas multinacionales y las "multilatinas", se encuentra relativamente avanzado en términos de transformación digital de

Tabla 7-10. Brasil: Adopción y desafíos de la transformación digital de la cadena de suministro textil

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Brasil	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Compañía nacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>En un marco de crecimiento de la industria, el sector está avanzando en términos de digitalización para ubicarse a la par de empresas de economías avanzadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas automatizados en tiempo real de gestión de inventario en distribuidores.</li> <li>Monitoreo de producción en tiempo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo retorno a la inversión tecnológica, comparado con los bajos costos laborales.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

su cadena de suministro. Las tecnologías que se han adoptado incluyen la ERP en la nube, sistemas de planificación del transporte, vehículos autónomos en almacenes, recogida de voz para la preparación de pedidos, automatización de procesos y modelos de optimización para apoyar la planificación integrada de suministros (Ver Tabla 7-9). Adicionalmente, ha surgido una diversidad de plataformas para potenciar y dar transparencia a, por ejemplo, la compra de insumos y la gestión de la logística.

### 7.3.3. Sector Textil

Este sector está rezagado en términos de la transformación digital de la cadena de suministro, en la medida de que no han comenzado un proceso generalizado de adopción tecnológica. De todas maneras, las empresas entrevistadas están realizando un proceso de análisis de factibilidad de adopción de nuevas tecnologías. Más allá de tecnologías digitales avanzadas, el sector textil también está explorando el uso de nuevos materiales en la manufactura de productos.

### 7.3.4. Sector de Electrodomésticos

Brasil cuenta con un sector de electrónica relevante, ya que se encuentra entre los 10 países con mayor manufactura de computadoras, electrónica, y productos ópticos. Por este motivo, la transformación digital de la cadena de suministro de electrodomésticos debería ser relevante para el país, a fin de mantener este sector estratégico. Ahora bien, los datos relevados en este estudio evidencian que la transformación digital en la cadena de suministro de electrodomésticos varía según el tipo de empresa. Como en el caso de las otras industrias estudiadas, las empresas multinacionales se encuentran más avanzadas, principalmente en sus procesos de manufactura, mientras que las empresas locales están más rezagadas. Sin embargo, es importante mencionar que, a nivel general, las tecnologías

4.0 no son una prioridad actual para las empresas multinacionales, al menos hasta que Brasil resuelva cuestiones básicas (principalmente estructura tributaria) para generar incentivos a la inversión en tecnologías digitales (Ver Tabla 7-11).

## 7.4. Facilitadores de la cadena de suministro

### 7.4.1. Infraestructura

Brasil presenta un déficit de infraestructura. De una red vial de 1.596.683 km, sólo 13% se encuentra pavimentada. Teniendo en cuenta el tamaño del territorio, la red ferroviaria también está poco desarrollada: sólo 29.817 km están en operaciones dentro de la red ferroviaria nacional, el 95% de los cuales se concentra en la parte meridional del país (Ministerio de Infraestructura, 2018). Esto repercute en una matriz de transporte desequilibrada hacia el transporte terrestre: el 58% de los movimientos se realizan vía terrestre, 25% en ferrocarril, 13% por vía marítimo-fluvial y 4% por vía aérea.

En consecuencia, si bien la infraestructura de Brasil está relativamente avanzada cuando comparada con el resto de los países de América Latina, su clasificación mundial no ha mejorado sustancialmente en los últimos diez años (Ver Gráfico 6-3). Para revertir esta situación, el gobierno está implementando un plan de inversiones en infraestructura (véase Sección 6.5). Al igual que en el caso argentino, el mejoramiento de la infraestructura física asume una importancia prioritaria, pasando su transformación digital a un segundo plano por las evidentes necesidades y demandas de infraestructura, principalmente ferroviaria y carretera. De la misma manera, el estado rezagado de la infraestructura existente desincentiva y resulta un obstáculo para la inversión en tecnologías avanzadas, por ejemplo para la gestión flotas de transporte, que requieran de la utilización de información proveniente de la infraestructura física.

Tabla 7-11. Brasil: Adopción y desafíos a la transformación digital de la cadena de suministro de electrodomésticos

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Brasil	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
<b>Multinacional B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La empresa no tiene una estrategia digital global o local.</li> <li>• Los proyectos son abordados por unidad de negocio: automotriz, audio y vídeo y electrodomésticos. Cada sector tiene su propia visión y estrategia en términos de necesidades tecnológicas.</li> <li>• Las tecnologías 4.0 no son una prioridad al momento.</li> <li>• Brasil necesita resolver los problemas básicos primero (principalmente estructura tributaria) para generar incentivos para implementar nuevas tecnologías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación Cloud Mobile para rastrear envíos.</li> <li>• Aplicación Cloud WMS integrada a aplicaciones móviles.</li> <li>• La casa matriz está evaluando la aplicación de IoT en electrodoméstico.</li> </ul>	
<b>Multinacional C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El principal objetivo en los últimos años ha sido la integración con distribuidores minoristas y proveedores. Dado que la empresa fabrica el 92% de sus productos localmente, la relación con los proveedores locales es clave para reducir el nivel de inventario, mejorar el servicio y reducir los costos de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con los grandes proveedores, la empresa ha podido introducir la reposición automatizada de inventario.</li> <li>• Al mismo tiempo, la empresa lanzó una iniciativa para integrarse con la mayoría de sus distribuidores minoristas a través de VMI.</li> <li>• Por el lado de la fabricación, la empresa introdujo numerosas tecnologías para automatizar los procesos de manufactura: PLC y aplicaciones específicas recogen toda la información generada a nivel de la línea de producción para monitoreo. Esta solución ayuda a identificar los problemas potenciales, comprender las causas de demoras de la línea e identificar las causas de deficiencias en la calidad de la producción. Al mismo tiempo, esta aplicación reduce el tiempo de inactividad de la línea (aumentando la productividad) y genera planes de mantenimiento preventivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de capital: muchos proyectos tienen que ser aprobados en la casa matriz y, a pesar de que generan buenos beneficios para la operación, el largo período de amortización y/o retorno de la inversiones a veces hace que la iniciativa sea difícil de aprobar.</li> <li>• Falta de capacitación y de capacidad de los recursos humanos, especialmente en el sector manufacturero. Ha sido un reto encontrar personas con disposición para incorporar nuevas tecnologías. Para cerrar esta brecha, la empresa ha venido haciendo hincapié en la capacitación en nuevas tecnologías y conceptos.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

El caso de la infraestructura portuaria es más acuciante. Mientras que el tráfico de contenedores en Brasil, estimado en 10 millones de TEU<sup>59</sup>, ha crecido en un 4,8% CAGR (un punto porcentual más alto que el promedio de ALC), el Índice de Calidad Portuaria de Brasil (3,1 en 2018)<sup>60</sup>, es inferior al promedio regional (4,2), como resultado principal de las limitaciones en capacidades operativas y accesos terrestres. El congestionamiento también se evidencia en los accesos marítimos. Por ejemplo, en el mes de junio de 2018, el puerto de Santos tenía 28 barcos esperando en fon-

deadero y 32 en atraque. Los entrevistados mencionan que los buques graneleros enfrentan tiempos de espera de cuatro a cinco días en todos los puertos. Ahora bien, cabe destacar que los puertos brasileños están comenzando a adoptar nuevas tecnologías digitales a fin de mejorar la gestión de sus operaciones. Entre ellos se encuentra el caso del sistema "Cadena Logística Inteligente" del puerto de Santos, cuyo objetivo es sincronizar la llegada de camiones y carga a las terminales, para reducir la congestión en el acceso al puerto.

Gráfico 7-3 Brasil: Índice de Calidad de Infraestructura

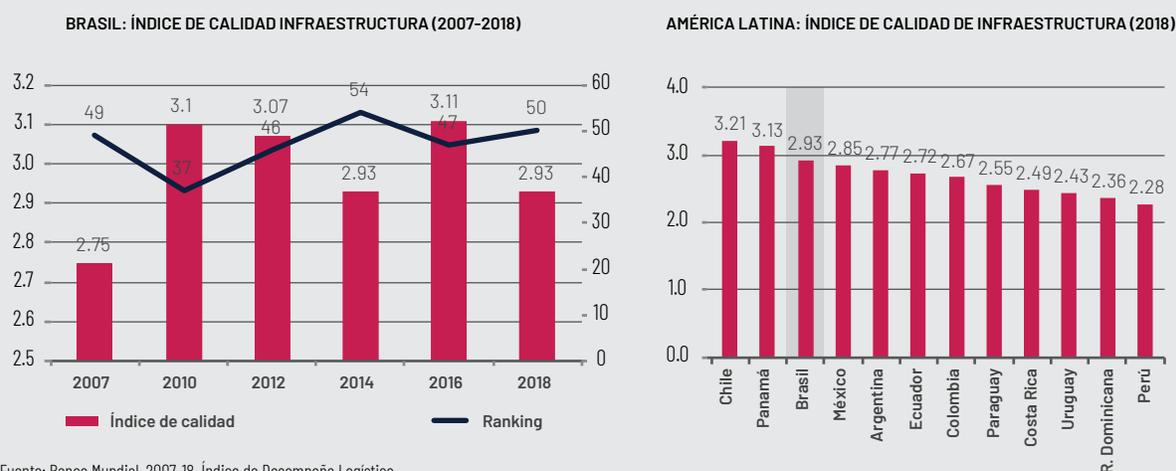
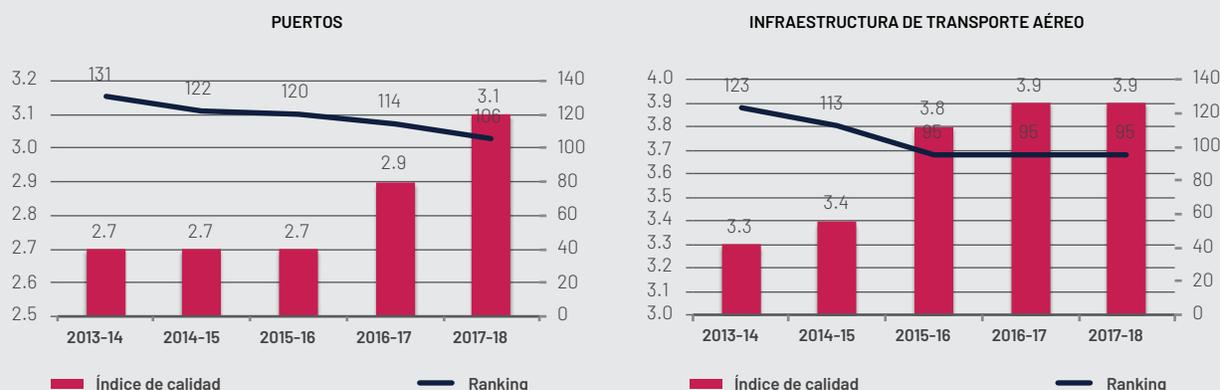


Gráfico 7-4 Brasil: Índice de Calidad y Ranking de Infraestructura (2013-2018)



Nota:

1) La calidad de los puertos es un compuesto de Linear Shipping Connectivity Index que evalúa la conectividad de un país a las redes globales de transporte marítimo. Se basa en cinco componentes del sector del transporte marítimo: el número de buques, su capacidad de porta-contenedores, el tamaño máximo de los buques, el número de servicios y el número de empresas que despliegan buques portacontenedores en los puertos de un país (UNCTAD), y una pregunta subjetiva: En su país, ¿cuán eficientes (i.e., frecuencia, puntualidad, velocidad, precio) son los servicios portuarios (transbordadores, barcos) (para los países sin litoral: evaluar el acceso a los servicios portuarios) [1 = extremadamente ineficiente—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente eficiente—entre los mejores del mundo]

2) La calidad de la infraestructura de transporte aéreo es un índice compuesto del indicador de conectividad del aeropuerto de la IATA que mide el grado de integración de un país en la red mundial de transporte aéreo y una cuestión subjetiva: En su país, ¿cuán eficientes son los servicios de transporte aéreo (p. ej., frecuencia, puntualidad, velocidad, precio)? [1 = extremadamente ineficiente—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente eficiente—entre los mejores del mundo.

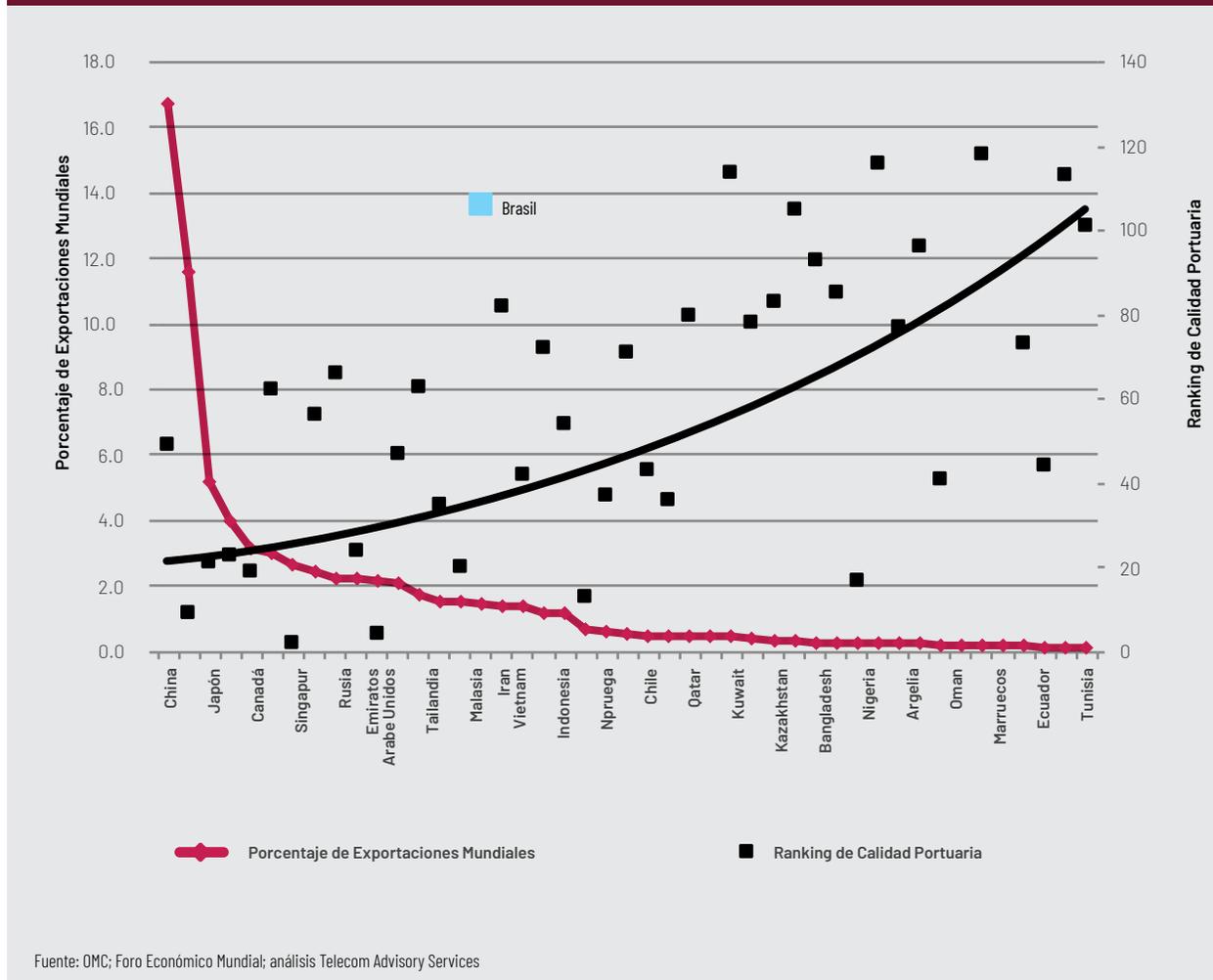
Fuente: Recopilación del Foro Económico Mundial

Al observar la tendencia a largo plazo, la clasificación de Brasil en términos de desarrollo de nodos de acceso internacional (puertos y aeropuertos) ha ido mejorando constantemente desde 2013 (Ver Gráfico 7-4).

Aun así, la calidad de los nodos brasileños está lejos de lo que el país requiere en relación con su posición en el comercio mundial. El Gráfico 7-5 presenta la participación de países en las exportaciones mundiales (en el

eje izquierdo) y su clasificación en términos de índice de calidad portuaria (en el eje derecho). La premisa de base es que, a mayor cuota de las exportaciones mundiales, más alta debe ser la clasificación de calidad de los puertos (en otras palabras, una alineación entre la oferta y la demanda). Brasil, un país que controla el 1,36% de las exportaciones mundiales, ocupa el puesto 106° en el ranking mundial de calidad portuaria, lo que representa un gran desajuste entre las necesida-

**Gráfico 7-5** Proporción de las exportaciones mundiales y clasificación de la calidad de infraestructura portuaria



des del país y su infraestructura portuaria. Una simple estimación requeriría que Brasil mejorase al menos en 50 posiciones en dicha clasificación, para que reflejara el posicionamiento del país a nivel de comercio internacional. Evaluaciones sobre las necesidades de inversión para mejorar la infraestructura portuaria confirman esta necesidad. Se estima que Brasil requerirá una inversión de USD \$6.500 millones hasta 2040 para acomodar el crecimiento del tráfico<sup>61</sup>, junto con una actualización en tecnología de procesamiento portuario.

**7.4.2. Proveedores de servicios logísticos**

Según el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, Brasil ocupa el puesto 56 a nivel mundial, con un valor de 2,99 sobre 5. Esto sitúa al país en la 4ª posición entre los países de América Latina y el Caribe (Ver Tabla 7-12).

La evolución de dos subíndices logísticos entre 2007 y 2018 indica, por un lado, una mejora moderada en el desempeño de la infraestructura y los servicios logísticos de Brasil y, por otro, una caída significativa en cuanto a rastreo y trazabilidad en los procesos (ver Gráfico 7-6).

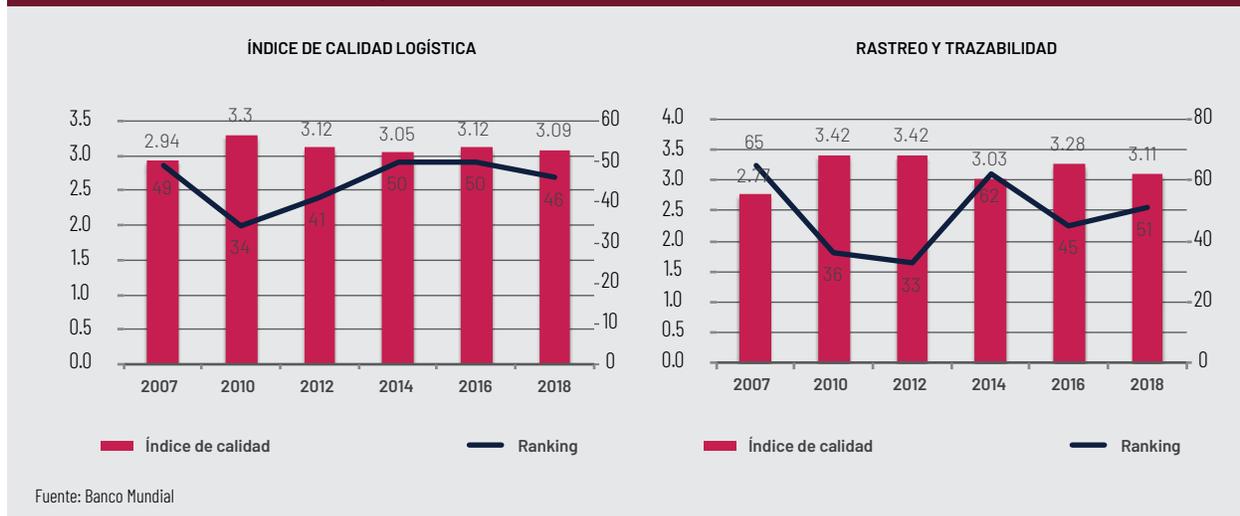
Por otra parte, los costos logísticos brasileños han venido aumentando, pasando de 11,7% de los ingresos brutos de las empresas en 2015 a 12,4% en 2018<sup>62</sup>. Ello se ubica por encima del 8% promedio para los países de la OCDE. Los servicios logísticos brasileños se ven afectados por tres factores que actúan de común acuerdo para incrementar costos: costo elevado de transporte, servicios de valor añadido y embalaje. En particular, el costo del transporte terrestre se ha incrementado de manera significativa en los últimos años, debido al costo del seguro necesario para afrontar los robos de mercancías.

Tabla 7-12. América Latina y el Caribe: Índice de desempeño logístico (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking América Latina y Caribe
Argentina	2,89	61	6
Bahamas	2,53	112	15
Bolivia	2,36	131	17
<b>Brasil</b>	<b>2,99</b>	<b>56</b>	<b>4</b>
Chile	3,32	34	1
Colombia	2,94	58	5
Costa Rica	2,79	73	8
Cuba	2,20	146	19
República Dominicana	2,66	87	12
Ecuador	2,88	62	7
El Salvador	2,58	101	14
Guatemala	2,41	125	16
Honduras	2,60	93	13
Jamaica	2,52	113	16
México	3,05	51	3
Panamá	3,28	38	2
Paraguay	2,78	74	9
Perú	2,69	83	10
Uruguay	2,69	85	11
Venezuela	2,23	142	18

Fuente: Banco Mundial. 2018 índice de Desempeño Logístico

Gráfico 7-6 Brasil: Subíndices Logísticos (2007-2018)



El desempeño de los proveedores de servicios logísticos no es homogéneo. En primer lugar, los operadores internacionales de 3PL, como FedEx, y DHL, están muy avanzados en términos de su transformación digital y han incorporado todas las normas y tecnologías inter-

nacionales. En segundo lugar, existe un grupo reducido de proveedores de servicios locales brasileños enfocados sólo en un área de la cadena de suministro, como el almacenamiento o transporte, con un buen nivel de servicio, uso limitado de tecnología digital (por ejem-

plo, RFID y robótica) y costos inferiores a los de los operadores internacionales. Por último, la mayoría de los proveedores de servicios logísticos se compone de empresas pequeñas que no están integradas en la cadena de suministro debido a la falta de recursos, la obsolescencia tecnológica y la falta de normas de calidad.

En el caso de los proveedores de servicios logísticos, existe una clara diferencia entre las grandes empresas, que poseen una estrategia tecnológica definida y en proceso de implementación, y las compañías medianas y pequeñas que carecen de la sofisticación estratégica y tecnológica. En consecuencia, los grandes jugadores logísticos son más fáciles de integrar digitalmente con las empresas manufactureras. Sin embargo, aun en este caso, los entrevistados mencionan que a veces se presentan dificultades para integrar los sistemas de ERP, lo que reduce la visibilidad en las rutas de entrega y la capacidad de monitoreo del estado de las entregas. En la mayoría de las entrevistas con empresas manufactureras, se señaló la necesidad de lograr una mayor integración con

los principales operadores de logística. Dicho esto, los entrevistados también indicaron que la brecha entre los grandes operadores de transporte y la gran mayoría de las pequeñas empresas de camiones (muchas de ellas del tipo hombre-camión) sigue aumentando.

### 7.4.3. Aduana

Según el componente de eficiencia de la gestión aduanera y fronteriza del Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, Brasil ocupa el puesto 102º, con un valor de 2,41 sobre 5. Esto coloca al país en la 13ª posición entre los países de América Latina y el Caribe (Ver Tabla 7-13).

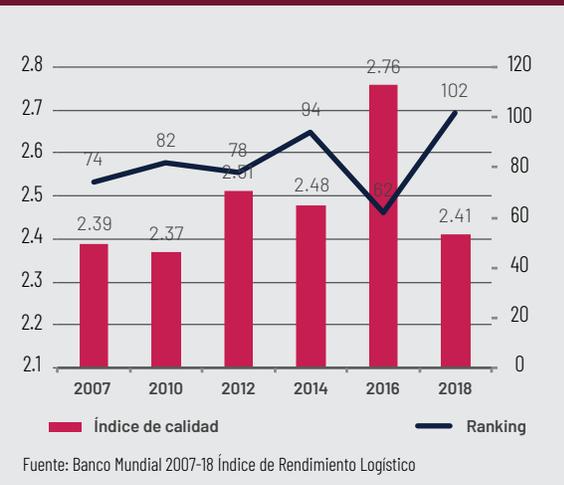
La evolución de esta métrica desde 2007 indica un deterioro gradual desde el 2012 (ver Gráfico 7-7). Reflejando la disminución del índice de la calidad de la eficiencia aduanera, el ranking mundial de Brasil se ha deteriorado gradualmente desde 2007, cayendo cerca de treinta posiciones para 2018.

**Tabla 7-13. América Latina y el Caribe: Índice de Eficiencia Aduanera (2018)**

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking América Latina y Caribe
Argentina	2,42	98	11
Bahamas	2,68	61	5
Bolivia	2,32	117	15
<b>Brasil</b>	<b>2,41</b>	<b>102</b>	<b>13</b>
Chile	3,27	32	1
Colombia	2,61	75	8
Costa Rica	2,63	70	7
Cuba	2,03	143	19
República Dominicana	2,41	103	14
Ecuador	2,80	48	3
El Salvador	2,30	120	16
Guatemala	2,16	132	18
Honduras	2,24	125	17
Jamaica	2,42	99	12
México	2,77	53	4
Panamá	2,87	45	2
Paraguay	2,64	68	6
Perú	2,53	86	9
Uruguay	2,51	87	10
Venezuela	1,79	156	20

Fuente: Banco Mundial. 2018 índice de Desempeño Logístico

**Gráfico 7-7 Brasil: Índice de Eficiencia Aduanera (2007-2018)**



En lo referente al tiempo requerido para el procesamiento de documentación de comercio exterior, las agencias aduaneras de Brasil se encuentran en un desempeño medio dentro de América Latina, pero sustancialmente por debajo de los puntos de referencia de clase mundial (Ver Gráfico 7-8). Por su parte, los plazos requeridos para el procesamiento de los documentos de importación en Brasil son superiores a los requeridos en algunos países de América Latina (Panamá,

México, Costa Rica y Chile) y mucho más largos que los países de "clase mundial" (Países Bajos, Singapur).

## 7.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro

Si bien no existe un programa integral destinado a transformar digitalmente la cadena de suministro, Brasil cuenta con una serie de iniciativas y programas que pueden apoyar dicha transformación. Estas iniciativas de política pública pueden ser clasificadas a partir de las diferentes áreas de intervención y actores de la cadena de suministro, presentados en el Capítulo 2 de este estudio (Ver Figura 7-3).

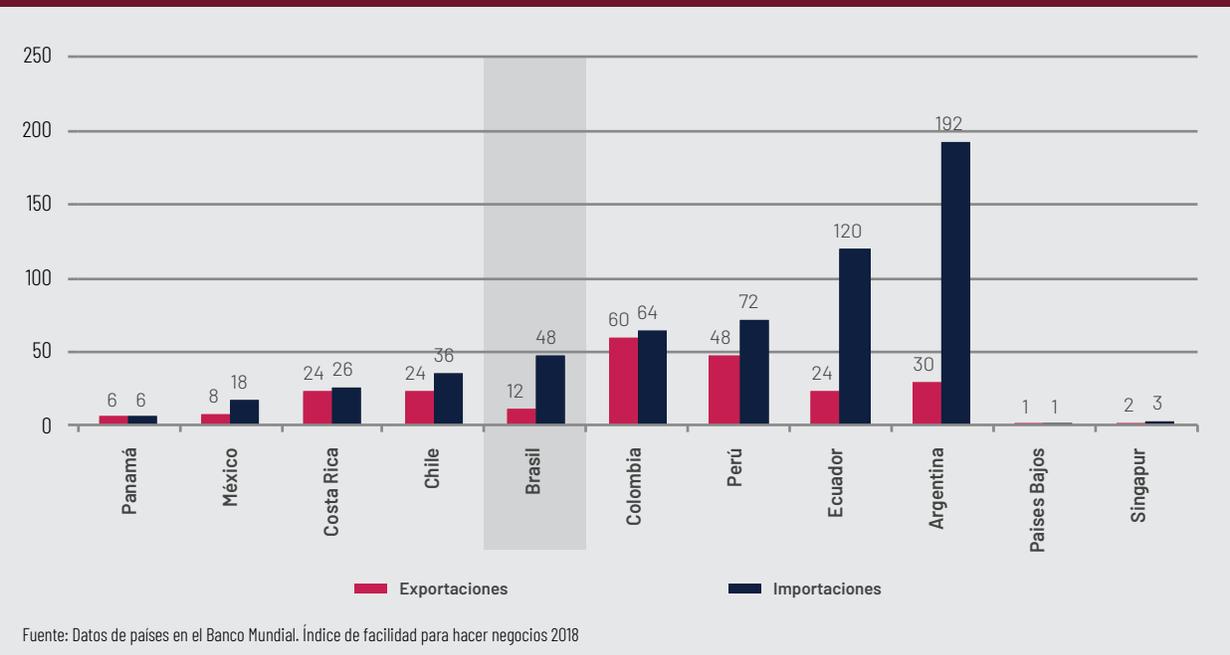
A continuación se detallan algunas de estas iniciativas.

### 7.5.1. Políticas centradas en la transición a la Industria 4.0

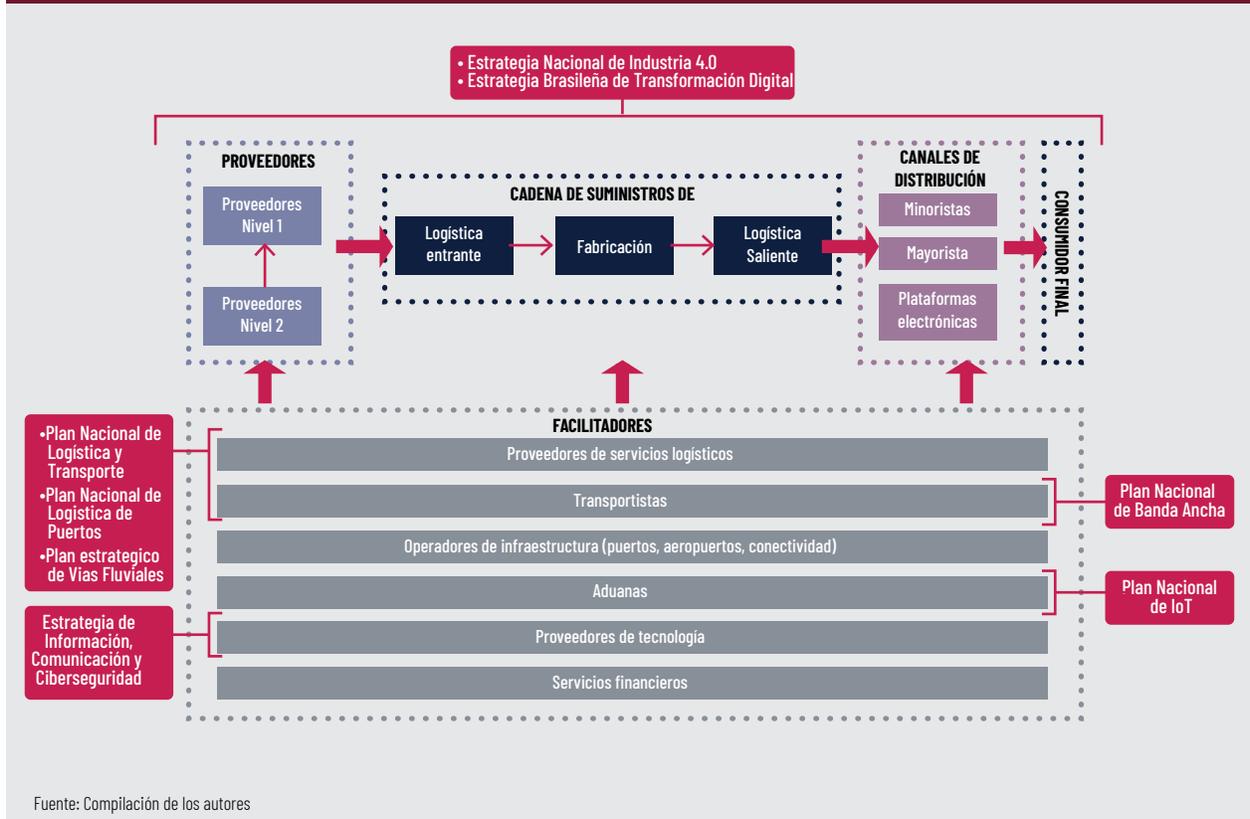
Cinco entidades del gobierno brasileño trabajan en programas relacionados con Industria 4.0:

- Ministerio de Industria, Comercio y Servicios. Este Ministerio desarrolló el Programa Nacional de Industria 4.0. El programa es administrado por la Agencia Brasileña de Desarrollo Industrial<sup>63</sup> y está

**Gráfico 7-8 América Latina y Países de Clase Mundial: Tiempo requerido para el procesamiento de documentos de comercio exterior (2018) (horas)**



**Figura 7-3** Brasil: Iniciativas del sector público centradas en el impacto de la transformación digital de la cadena de suministro



estructurado en torno a la implementación de laboratorios para probar nuevas tecnologías. Asimismo, la entidad está trabajando para definir normas de robótica y una estrategia de agricultura de precisión.

- Ministerio de Ciencia y Tecnología. Este Ministerio ha lanzado tres iniciativas: una Estrategia Brasileña para la Transformación Digital, Profuturo (un programa centrado en la financiación de proyectos de I+D para el desarrollo tecnológico y algunos laboratorios de pruebas) y el Plan Nacional de IoT (enfocado en la agricultura, ciudades inteligentes, manufacturas y atención médica).
- La Estrategia Brasileña para la Transformación Digital establece las directrices para la digitalización de la economía y la sociedad brasileña, mediante la aceleración de la digitalización de los procesos de producción en agricultura, comercio, finanzas, manufactura, servicios de transporte y logística. Para que esto sea posible, la estrategia incluye mejoras en la infraestructura de la red y el acceso a Inter-

net; investigación, desarrollo e innovación; fiabilidad en el entorno digital; educación y formación profesional.

- Profuturo es un plan centrado en el desarrollo de la manufactura avanzada que incluye recomendaciones en las áreas de la innovación tecnológica, desarrollo del capital humano, cadenas globales de suministro, desarrollo de la infraestructura y regulación<sup>64</sup>.
- El Plan Nacional de IoT se centra en la cadena de suministro completa de las industrias incluidas, considerando áreas como I+D, *start-ups*, marco regulatorio, requisitos de la red de telecomunicaciones y tecnologías que pueden agregar valor en cada una de las industrias seleccionadas.
- FINEP (*Financiadora de Promocao e Pesquisa*, Agencia Brasileira de Innovación e Investigación). Esta entidad patrocinada por el Estado, que depende del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicación, otorga préstamos para

ayudar a las empresas a definir estrategias e implementar tecnologías relacionadas con Industria 4.0. Además, pone a disposición líneas de crédito con buenas condiciones de financiación para apoyar la adopción de IoT.

- BNDES (Banco Nacional de Desarrollo). Concede préstamos para ayudar a las empresas a definir estrategias y aplicar tecnologías 4.0.
- Ministerio de Hacienda/Ministerio de Industria: El programa Ruta 2030 se centra en una política industrial específica e incentivos para llevar la innovación a la cadena de suministro de la industria automotriz, incluyendo la industria de autopartes. El programa es apoyado por la Asociación de la Industria Automotriz y enfatiza la preparación para la industria 4.0, en torno a la adopción de la fabricación avanzada, conectividad, nuevas tecnologías de propulsión, conducción autónoma (y sus componentes), nanotecnología, *big data*, análisis predictivos e inteligencia artificial, entre otros. Respecto al desarrollo tecnológico de la cadena de suministro, el programa permite que las empresas que importen componentes no fabricados localmente no paguen arancel aduanero, siempre que inviertan en I+D el equivalente de ese recorte de derechos (2%), a través de fondos existentes o asociaciones con instituciones científicas y tecnológicas, universidades u organizaciones técnicas independientes.

En el contexto de todas estas iniciativas, el Gobierno reconoce que faltan instancias de coordinación alrededor del concepto de Industria 4.0. Dado que las tecnologías 4.0 son competencia del Ministerio de Industria y también del Ministerio de Ciencia y Tecnología, no hay claridad sobre qué ministerio posee la responsabilidad principal. Como resultado de ello, ambos ministerios han trabajado en programas paralelos, dando lugar a múltiples iniciativas. Los programas no están alineados y a veces compiten entre sí, lo que resulta en una duplicación de esfuerzos y una fragmentación del mensaje al sector privado.

Los expertos del sector privado relacionan la falta de coordinación entre las iniciativas y políticas públicas con la ausencia de una política industrial brasileña integral, que establezca la visión general y se encuentra apoyada por una hoja de ruta única. Tampoco existe claridad a nivel institucional sobre qué agencia debería encargarse de trazar esta estrategia.

Como última nota, es importante mencionar que el contexto macroeconómico y político adverso de los últimos años ha desplazado la prioridad a otras esferas de la política pública, lo que redundará en detrimento de un mayor impacto de los esfuerzos públicos para la transformación digital.

### 7.5.2. Políticas de apoyo a la innovación en las PyMEs manufactureras

Numerosas políticas han sido puestas en práctica para apoyar la innovación en las PyMEs manufactureras. El BNDES ofrece capital de inversión para la adquisición de equipo, con el requisito de que se adquiera localmente. La financiación se proporciona indirectamente a través de instituciones financieras acreditadas. Los préstamos se orientan a la inversión en la construcción, expansión y modernización de activos fijos, así como en proyectos de investigación, desarrollo e innovación en manufacturas, minoristas, servicios y agricultura, entre otros. Además, el BNDES ofrece líneas de crédito a PyMEs a tasas de interés inferiores al mercado.

El apoyo financiero del BNDES se complementa con la actividad de financiación del FINEP mencionada anteriormente. El apoyo del FINEP comprende líneas de crédito subvencionadas para la adquisición de equipo, servicios de capacitación y consultoría y subvenciones económicas para apoyar programas de innovación. Por último, SEBRAE, el Servicio Brasileño de Apoyo a las Pequeñas Empresas, proporciona capital de riesgo y fondos de capital privado destinados a fomentar la creación de *start-ups*.

Asimismo, el apoyo financiero prestado por el sector público se complementa con iniciativas del sector privado, como las que lleva a cabo la CNI. Esta presta servicios de consultoría de gestión en coordinación con asociaciones industriales de cada Estado. Además, en coordinación con la SEBRAE, la CNI presta servicios de asesoramiento sobre la cadena de suministro.

### 7.5.3. Programas de mejora de la infraestructura vial, ferroviaria y de telecomunicaciones

El crecimiento descoordinado de la infraestructura de puertos, carreteras y aeropuertos, y la falta de un marco de planificación integrado han conducido al desarrollo de un Plan Nacional Integrado de Logística, a car-

go del Ministerio de Transporte. El objetivo primordial del PNLT es desarrollar una matriz de transporte más equilibrada, con una participación significativa de los modos ferroviario y acuático. Entre los objetivos del PNLT se encuentra consolidar una nueva red ferroviaria brasileña con la implementación de 11.800 kilómetros de nuevas líneas ferroviarias, complementadas con 10.700 kilómetros de vías de trocha ancha. Los nuevos ferrocarriles servirán a las zonas de producción agrícola y minera, transfiriendo gradualmente la carga general de las carreteras a los ferrocarriles, las vías navegables interiores y la navegación costera. El objetivo es que, en 30 años, la matriz de transporte de Brasil pase de una participación modal del transporte por carretera del 58% al 30%, y el ferrocarril aumente del 25% al 35%.

Para hacer frente a estos requerimientos, el gobierno lanzó un programa de inversión de alianzas público-privadas<sup>65</sup> que tiene como objetivo apalancar recursos por USD \$121 mil millones en 30 años. El programa incluye una duplicación de carreteras principales; la expansión, modernización e integración de la red ferroviaria del país y cambios en las concesiones portuarias y las terminales de uso privado. En lo referente al aspecto tecnológico, el programa hace referencia a la necesidad de modernizar e integrar las redes internas de telecomunicaciones del sistema ferroviario con un foco en señalización y seguridad, y

el mejoramiento de la capacidad de procesamiento de mercancías en puertos.

---

#### NOTAS:

54. Fuente: Banco Mundial.

55. Foro Económico Mundial (2018). *Informe de Competitividad Global 2018*. Ginebra. 56. BBVA Investigación. *Perspectiva Económica de Brasil 3Q18*.

56. BBVA Investigación. *Perspectiva Económica de Brasil 3Q18*.

57. Siemens (2017). *Digitalización: Tendencias y soluciones para un Brasil más competitivo 2015*. Siemens AG, Berlín y Munich.

58. Mari, A. "El sector manufacturero brasileño abarca la Industria 4.0". Brasil Tech, 9 de julio de 2018.

59. Equivalente de veinte pies (contenedor intermodal)

60. Foro Económico Mundial. *Índice Global de Competitividad 2017-2018*.

61. CAF Banco de Desarrollo de América Latina (2016). *Aeropuertos y puertos: Análisis de inversiones hasta 2040*.

62. Fundacao Dom Cabral. *Encuesta de Gastos Logísticos 2018*.

63. Este organismo depende directamente de la Presidencia de la República y fue creado para fortalecer el vínculo entre las políticas públicas y las estrategias empresariales.

64. Profuturo. *Plan de CT&I para Producción Avanzada en Brasilia: Diciembre, 2017*.

65. Figueiredo, B. (2013). *El Programa de Inversión Logística: Un Proyecto Estratégico del Estado Brasileño*. Secretaría Ejecutiva de Asistencia al Inversor.

8

**COLOMBIA**

Este capítulo evalúa el grado de preparación de Colombia para encarar la transformación digital de las cadenas de suministro. El mismo está basado en información pública y entrevistas con ejecutivos de cuatro sectores (automotriz, artículos del hogar, textil y alimentación), proveedores de servicios logísticos, investigadores y representantes del sector público. El análisis está estructurado en base al modelo presentado en el Capítulo 2, el cual incluye los diferentes procesos y actores involucrados en la cadena de suministro.

### 8.1. Contexto macro

Colombia es la cuarta economía más grande de América Latina (PBI 2017: USD \$309,191 mil millones<sup>66</sup>). Hacia 2017, el sector agrícola representaba el 12,7% del PIB, el sector manufacturero el 13,3% y el sector de servicios el 74,0%<sup>67</sup>. En la Tabla 8-1 se presenta el desglose

de los cuatro sectores industriales seleccionados para este estudio. El sector de productos alimenticios y la industria automotriz representan una gran parte de las exportaciones del país<sup>68</sup>.

La estructura productiva está dominada por las PyMEs y las microempresas, las cuales constituyen el 99,5% de la totalidad de los establecimientos del sector formal (Ver Tabla 8-2).

En el año 2018, la economía colombiana ocupaba la 60<sup>o</sup> posición en términos de competitividad<sup>69</sup>, lo que indica una mejora de 9 posiciones en los últimos cinco años<sup>70</sup>, impulsada por el desarrollo del capital humano, el mejoramiento de la infraestructura y la adopción tecnológica. A su vez, el país presenta un nivel avanzado de digitalización en comparación con sus pares latinoamericanos, pero se encuentra retrasado con respecto a los países de la OCDE (Ver Tabla 8-3).

**Tabla 8-1. Colombia: Producto Interno Bruto anual en precios de 2015 (en millones de dólares)**

Sector	2016		2017 (E)	
	Valor	%	Valor	%
Procesamiento de Alimentos (1)	\$9.177	3,7%	\$9.135	3,7%
Textil (2)	\$3.557	1,4%	\$3.288	1,3%
Electrodomésticos (3)	\$2.196	0,9%	\$2.069	0,8%
Automotriz (4)	\$796	0,3%	\$726	0,3%
Total Economía	\$246.005		\$249.799	

NOTAS:

- (1) Elaboración de productos alimenticios; elaboración de bebidas; elaboración de productos de tabaco
- (2) Fabricación de productos textiles; confección de prendas de vestir; curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería; adobo y teñido de pieles
- (3) Incluye: (a) Fabricación de aparatos y equipo eléctrico; fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos (b) Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.; instalación, mantenimiento y reparación especializado de maquinaria y equipo
- (4) Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques; fabricación de otros tipos de equipo de transporte

Fuente: DANE. Producto Interno Bruto

**Tabla 8-2. Colombia: Número de establecimientos (por tamaño)**

Categoría	Número de Empleados	Total	Porcentaje del Total
Grande	100+	5.942	0,5%
Mediana	51-100	18.734	1,6%
Pequeña	11-50	71.366	6,3%
Microempresa	<10	1.045.477	91,6%
Total		1.141.519	100,0%

Fuente: DANE

Tabla 8-3. Colombia: Clasificación en términos de competitividad y digitalización

	Colombia		Primer país de América Latina	Promedio OCDE	Primer País OCDE
	Posición en América Latina	Índice			
Índice de Desarrollo TIC (UIT) – 2017	9	5,1	Uruguay (7,2)	7,74	Islandia (9,0)
Índice de preparación de redes (WEF) – 2016	6	4,1	Chile (4,6)	5,24	Finlandia (6,0)
Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (UN) – 2018	17	0,7	Uruguay (0,8)	0,84	Dinamarca (0,9)
Índice de Digitalización (TAS) – 2018	6	55,8	Chile (59,1)	67,25	Suiza (76,7)
Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (CAF) – 2018	3	54,1	Chile (59,8)	66,7	Noruega (77,1)
Índice de comercio electrónico (UNCTAD) – 2016	11	44,6	Uruguay (62,6)	75,05	Luxemburgo (89,7)
Índice de Economía del Conocimiento (Banco Mundial) – 2012	17	5,4	Chile (7,2)	8,20	Suecia (9,2)
Índice de Innovación Global (Corne- II-WIPO) – 2017	5	34,8	Chile (38,7)	52,91	Suiza (67,7)
Índice de Desarrollo de Banda Ancha (BID) – 2014	4	5,1	Chile (5,8)	6,13	Luxemburgo (7,3)
Índice de Facilidad para los negocios (Banco Mundial) – 2018	3	69,4	México (72,3)	78,00	Nueva Zelanda (87,0)
Índice de Rendimiento Logístico (Banco Mundial) – 2018	4	2,9	Chile (3,3)	3,74	Alemania (4,2)
Ranking de Competitividad Mundial (IMD) – 2018	5	57,4	Chile (75,1)	83,8	EE. UU. (100,0)

Fuente: análisis basado en datos de UIT, WEF, UN, TAS, CAF, UNCTAD, Banco Mundial, WIPO y BID

Históricamente, el crecimiento de la digitalización en Colombia se ha visto impulsado principalmente por un aumento acelerado de la digitalización de los hogares (como lo indica el crecimiento de la telefonía celular, la penetración de banda ancha y el uso de Internet)(CAGR 2004-2018: 15.8%), infraestructuras de telecomunicaciones (CAGR 2004-2018: 12.46%), factores digitales de producción (2004-2018: 12.24%) y conectividad digital de consumo (2004-2018: 11.10%). Por otro lado, la digitalización de la producción ha ido creciendo a un ritmo más lento (2004-2018: 5.11%)<sup>71</sup>. A finales de 2017, el 44% de las empresas colombianas vendían productos por Internet<sup>72</sup>, mientras que el 37% adquirían productos o servicios electrónicamente (Ver Tabla 8-4)

En comparación con los países de ALC, Colombia se encuentra a la vanguardia en la adopción de tecnologías de la información en el ámbito empresarial. Sin embargo, cabe señalar que, en términos generales, Colombia invierte un porcentaje del PIB inferior en I+D (0,24% del PIB) que Brasil (1,17%), Argentina (0,59%) y México (0,55%)<sup>73</sup>.

Desde un punto de vista estructural, Colombia enfrenta algunos desafíos en cuanto a su capacidad para impulsar la transformación digital de sus cadenas de suministro. Por un lado, el nivel de sofisticación de la estructura de la producción colombiana (en cuanto contenido de innovación y tecnología asociada con la misma) está re-

Tabla 8-4. Colombia: Adopción de tecnologías digitales en empresas (2015-2017)

	2015	2016	2017	CAGR
Porcentaje de empresas que utilizan computadoras	65 %	96%	94%	20.3%
Porcentaje de Empresas que utilizan internet regularmente	62 %	96%	96%	24.4%
Porcentaje de Empresas que poseen Sitio Web	25 %	55%	55%	48.3%
Porcentaje de Empleados que acceden a Internet regularmente	25 %	61%	74%	72.0%
Porcentaje de empresas que acceden a la información sobre insumos por Internet	34 %	90%	82%	55.3%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para obtener información de Gobierno	23 %	79%	60%	61.5%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para la banca electrónica	24 %	59%	62%	60.7%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para interactuar con organizaciones gubernamentales	15 %	49%	37%	57.1%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para proporcionar atención al cliente	39 %	79%	77%	40.5%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para entrega de productos en línea	6 %	17%	28%	116.0%
Porcentaje de empresas que reciben pedidos por Internet	9 %	25%	44%	121.1%
Porcentaje de empresas que realizan pedidos de productos o servicios por Internet	21 %	35%	37%	32.7%
Porcentaje de empresas que utilizan Internet para contratar apoyo externo	10 %	30%	27%	64.3%
Porcentaje de ventas totales por vía electrónica	6 %	7%	12%	41.4%

Fuentes: Observatorio de la Economía Digital de Colombia; análisis Telecom Advisory Services

lativamente avanzada con respecto a otros países de la región, aunque muestra importantes rezagos con relación a los países de la OCDE. Por otro lado, los factores que influyen en el desempeño de la producción (tecnología, innovación, capital humano, comercio internacional, inversión, marco institucional, sostenibilidad y demanda interna) presentan un bajo nivel de desarrollo (Ver Gráfico 8-1).

## 8.2 Preparación para la revolución tecnológica

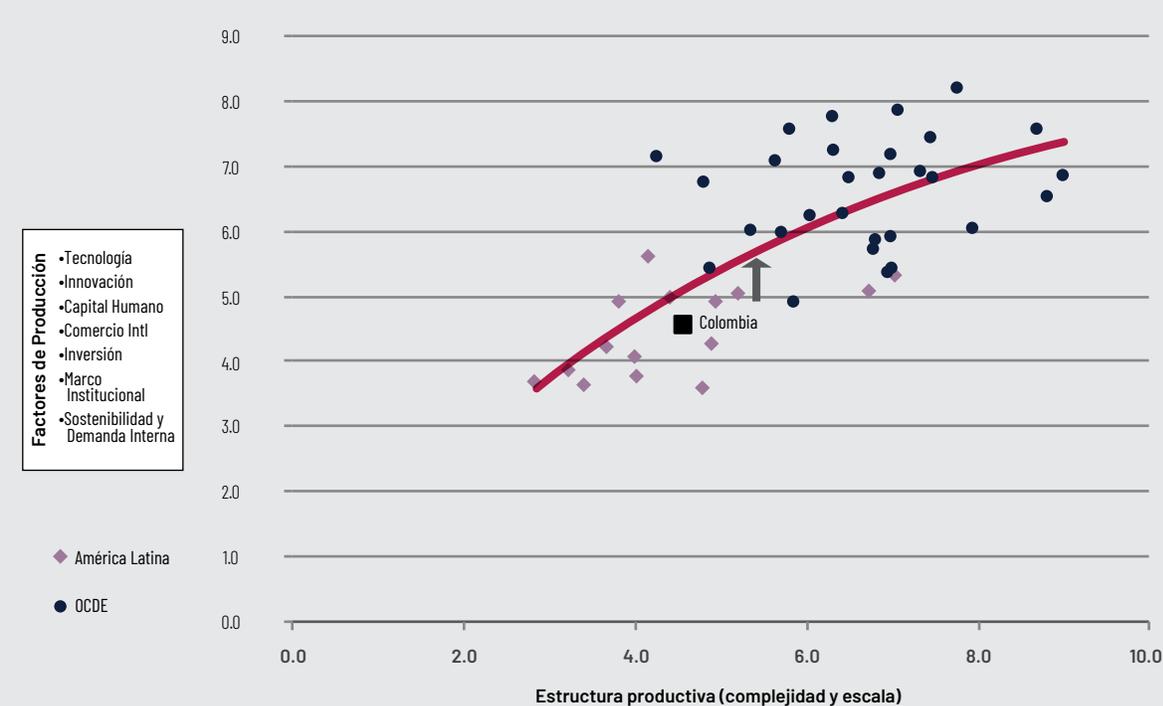
Uno de los propósitos de este estudio fue evaluar el grado de conocimiento tanto de los beneficios como de la necesidad de impulsar la transformación digital de la cadena de suministro en los diferentes sectores de Colombia. En este sentido, se asume que este conocimiento es la primera condición necesaria para avanzar sobre este proceso de transformación. El grado de conocimiento fue analizado sobre la base de entrevistas de responsables de la formulación de políticas públicas, ejecutivos del sector privado y académicos.

### 8.2.1 Preparación del sector público

En términos generales, el sector público colombiano es muy consciente de la importancia estratégica de la transformación digital de la cadena de suministro. En las entrevistas a representantes del Departamento de Planeación Nacional, el Ministerio de TIC, el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, todos reconocieron su importancia crítica para el futuro desarrollo económico de Colombia.

Los entrevistados también señalaron algunas cuestiones que deben abordarse para traducir el conocimiento existente en programas de impacto. En primer lugar, el nivel de coordinación institucional para el desarrollo y la aplicación de políticas e iniciativas del sector público centradas en el fomento a la transformación digital de la cadena de suministro sigue siendo limitado. Existe una multiplicidad de entidades gubernamentales que participan en el desarrollo de políticas y programas con impacto en la transformación digital de la cadena de su-

**Gráfico 8-1** Capacidad para abordar la transformación digital de la producción: Colombia vs. países latinoamericanos y de la OCDE



Fuente: Análisis en base a datos del Foro Económico Mundial. Shaping the Future of Production. 9 de noviembre de 2017

ministro (Ministerio de Transporte, Agencia Nacional de infraestructura, Unidad de Planeación Minero-Energética, Dirección de Planeación Nacional, Ministerio TIC). Una importante excepción a ello es la Política Nacional Logística, desarrollada por el Departamento de Planeación Nacional e implementada en estrecha coordinación con diferentes agencias gubernamentales. Sin embargo, esta no abarca a todos los actores de las cadenas de suministro. En consecuencia, no existe en la actualidad una política e instancia coordinadoras del accionar del gobierno para mejorar el desempeño de las cadenas de suministro. Tampoco existe claridad sobre qué organismo dirigiría el desarrollo de una estrategia nacional al respecto (aunque algunos entrevistados mencionaron la opción de que fuera el Departamento de Planeación Nacional). Más allá de este punto, es necesario indicar claramente la distribución de las responsabilidades de ejecución en este ámbito (por ejemplo, determinar qué debe hacer el Ministerio de TIC y qué el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo). Por último, algunos entrevistados señalaron la falta de información actualizada para apoyar un diagnóstico en profundidad sobre cuáles

son los cuellos de botella más importantes que impiden la transformación digital de las cadenas de suministro.

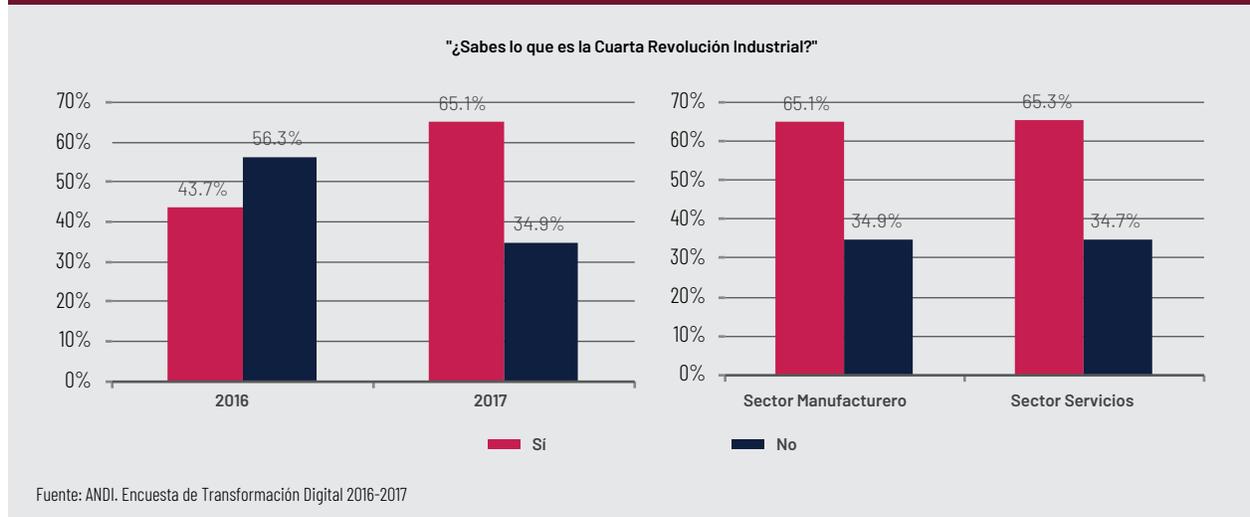
### 8.2.2 Preparación del sector privado

El conocimiento del sector privado colombiano sobre la Cuarta Revolución Industrial y sus implicaciones para la transformación digital de la cadena de suministro ha venido creciendo en los últimos años, pasando de 43.7% en 2016 a 65.1% en 2017 (ver Gráfico 8-2).

Sin embargo, estos resultados se basan principalmente en una muestra de grandes empresas. Los entrevistados coincidieron en afirmar que el nivel de sensibilización de las PyMEs es mucho menor (Ver Cuadro 8-5).

### 8.3 Transformación digital en las cadenas de suministro

Coincidiendo con los dos niveles de preparación examinados en la sección 7.2, el estado de transformación digital de las cadenas de suministro en Colombia es, desde

**Gráfico 8-2. Colombia Sector Privado: Conocimiento de la Cuarta Revolución Industrial (2016-2017)****Cuadro 8-5. Colombia: Nivel de conocimiento sobre la Cuarta Revolución Industrial**

Entrevistado	Importancia estratégica
Asociación del sector privado A	<p>El nivel de conocimiento varía según el tamaño del establecimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las PyMEs no entienden de qué estamos hablando.</li> <li>• Las grandes empresas ya están trabajando en algunos de estos aspectos, pero lo están implementando de una manera muy tradicional (por ejemplo, en silos). La falta de recursos humanos especializados no actúa como incentivo.</li> </ul>
Entidad de conocimiento A	<p>A nivel país, existen dos mundos paralelos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las grandes empresas son conscientes de lo necesaria que es la revolución 4.0, y ya están implementando iniciativas interesantes.</li> <li>• En las PyMEs el nivel de sensibilización no es elevado, especialmente cuando se trata de comprender las oportunidades de transformación.</li> </ul>
Entidad de conocimiento B	<p>De la misma manera que se suele hablar de una economía de doble velocidad, esto también ocurre a nivel de transformación digital:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por un lado, las multinacionales logísticas tienen los mismos sistemas que están implementando en Europa. A su vez, las multinacionales del sector manufacturero están utilizando sistemas de rastreo GPS y vehículos eléctricos para la distribución. Los proveedores de nivel 1 también se están transformando.</li> <li>• Por otra parte, los pequeños agentes logísticos y proveedores de nivel 2 dependen de tecnologías obsoletas. No pueden participar en la transformación digital de la cadena de suministro porque carecen de recursos para mejorar sus sistemas y procesos, así como tampoco cumplen con los requisitos establecidos por la industria.</li> </ul>
Empresa nacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las PyMEs no sólo no entienden de qué se trata la Cuarta Revolución Industrial; no entienden la oportunidad de esta, para crear valor económico.</li> <li>• La digitalización de proveedores se ve limitada por los bajos niveles de conectividad de los proveedores agrícolas.</li> </ul>
Asociación del sector privado B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La transformación digital de la cadena de suministro se ve limitada por el bajo nivel de digitalización de los pequeños proveedores y distribuidores.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

un punto de vista agregado, aún embrionario. Aunque el sector de tecnología es bastante activo y los proveedores de tecnología están comercializando numerosos productos, la adopción sigue estando concentrada en las grandes empresas de unas pocas industrias. En este contexto, la fase de transformación digital varía sustancialmente entre los cuatro sectores industriales objeto de estudio. Esta diferencia puede ser explicada por dos variables que explican los diferentes estados de desarrollo:

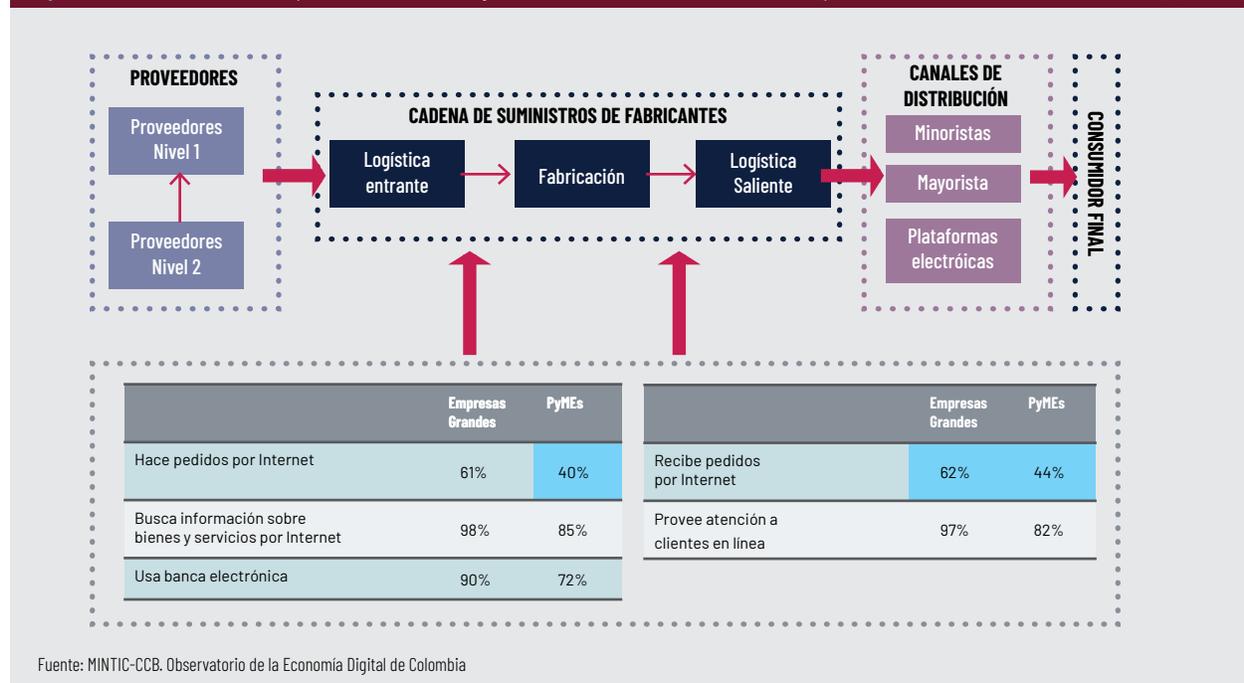
- **Alcance del negocio:** las empresas que forman parte de las cadenas de suministro globales (por ejemplo, las automotrices y las maquiladoras textiles)

tienden a presentar un mayor grado de digitalización que las focalizadas en el mercado doméstico;

- **Tamaño de la empresa:** las grandes empresas, ya sean filiales de multinacionales, “multilatinas” o con enfoque nacional, tienden a estar más avanzadas en términos de transformación digital (Ver Figura 8-1).

Como se muestra en la Figura 8-1, la adopción de tecnologías digitales y casos de uso en la cadena de suministro denota una clara dualidad entre las grandes empresas y las PyMEs. Más allá de esta brecha, Colombia registra un déficit generalizado en términos de adopción de tecnologías digitales avanzadas (Ver Tabla 8-6).

**Figura 8-1 Colombia: Adopción de tecnología en la cadena de suministro (por tamaño de establecimiento) (2017)**



**Tabla 8-6. Colombia: Adopción de tecnologías digitales avanzadas (2017)**

Tecnología	Nación (*)		Sector Secundario (**)		Sector Terciario (**)	
	Grandes Empresas	PyMEs	Grandes Empresas	PyMEs	Grandes Empresas	PyMEs
IoT	17,7%	9,9%	17,1%	12,8%	20,0%	11,1%
Robótica	8,2%	1,4%	2,4%	0,3%	12,2%	2,0%
Impresión 3D	6,3%	3,0%	4,9%	2,4%	6,7%	3,6%
Realidad Virtual	3,2%	1,3%	2,4%	0%	4,4%	2,3%
Inteligencia Artificial	4,4%	2,4%	0%	0,3%	7,8%	4,3%

Notas:

(\*) Muestra: 2.141 Empresas    (\*\*) Muestra: 551 Empresas    (\*\*\*) Muestra: 1.090 Empresas

Fuente: Observatorio de la Economía Digital de Colombia

Por otra parte, las entrevistas tienden a indicar niveles algo consistentes de transformación digital de la cadena de suministro por sector industrial:

- De los cuatro sectores de la industria en estudio, el sector automotriz es el más avanzado en cuanto a una visión e implementación de la transformación digital de la cadena de suministro (indicando adopción de soluciones de inteligencia artificial, robótica e IoT); sin embargo, la mayoría de los esfuerzos de transformación digital ocurren dentro de los procesos que realiza del fabricante, con menos esfuerzo en las interfaces con proveedores o distribuidores.
- Las grandes empresas del sector de procesamiento de alimentos comparten un nivel de preparación similar al del sector automotriz, aunque existen diferencias dentro de los subsectores (cuando la estructura de la industria está más fragmentada —frutas frescas, lácteos, cacao— el nivel de preparación es menor; en caso de que la industria esté más orientada a la exportación, se registra un mayor nivel de transformación digital).

- El sector textil, con la excepción de las maquiladoras orientadas a la exportación, demuestra un rezago en la transformación digital de la cadena de suministro, principalmente debido a la falta de capital de inversión disponible, limitado este último por la competencia internacional.
- El sector de electrodomésticos está rezagado respecto de los otros tres sectores, excepto para las grandes cadenas de distribución minorista.

En la Tabla 8-7 se presenta una recopilación de los datos de las entrevistas.

De acuerdo con los actores entrevistados, los principales obstáculos en la transformación digital de la cadena de suministro son:

- Infraestructura limitada de transporte (sistema vial, pero principalmente un sistema ferroviario obsoleto, con muy bajo nivel de digitalización en plataformas de señalización y trazabilidad de carga) y su impacto en los costos;

**Tabla 8-7. Colombia: Adopción y dificultades para la transformación digital de la cadena de suministro**

Sector	Importancia estratégica	Implementación en Colombia	Desafíos en la cadena de suministro								
			Infraestructura de transporte	Limitaciones de capital humano	Resistencia sindical	Infraestructura en telecomunicaciones	Integración limitada con proveedores y distribuidores	Integración limitada con los proveedores de servicios logísticos	Organización interna de los silos	Disponibilidad de tecnología limitada	Coacción para el retorno de la inversión
Automotriz	Alto	Alto		B			A			B	A
Procesamiento de Alimentos	Medio - Bajo	Medio - Bajo	A	A		A	A				A
Textil	Bajo	Bajo	M	M				A			A
Electrodomésticos	Bajo	Bajo - Medio	A	A				A			A

Referencia:

A - Alto M - Medio B - Bajo

Fuente: Entrevistas

- Fragmentación y baja adopción tecnológica por parte de los proveedores de servicios logísticos y los transportistas terrestres, lo que representa un obstáculo para integrarse digitalmente con los fabricantes;
- Limitaciones de capital humano: esta variable abarca no sólo a los empleados, sino también la falta de preparación de la gerencia y la limitada comprensión de la dinámica y los beneficios potenciales de la transformación digital de la cadena de suministro; e
- Integración limitada con proveedores y distribuidores: la presencia de PyMEs con bajo nivel de adopción tecnológica en este segmento actúa como un límite al esfuerzo de integración en la cadena de suministro.

El resto de esta sección presenta los resultados de análisis específicos por sector.

### 8.3.1. Sector Automotriz

El sector automotriz colombiano representa el 0,3% del PIB del país. Colombia es el cuarto mayor fabricante de automóviles de América Latina. La industria incluye el montaje de vehículos ligeros, camiones de peso ligero, autobuses y motocicletas y la fabricación de autopartes. Asimismo, emplea insumos de otras industrias, como la metalmecánica, la petroquímica (plásticos y caucho) y la textil. La producción de vehículos ligeros comprende la operación de cuatro fabricantes de equipos originales: General Motors (Chevrolet e Isuzu), Renault, Daimler, y

Mazda. En el caso de los vehículos comerciales de carga, la producción doméstica es liderada por General Motors y Toyota, mientras que el país sólo produce camiones ligeros (menos de 10 toneladas) e importa la mayoría de los camiones pesados desde México.

Según las entrevistas realizadas, el sector se encuentra bastante avanzado en términos de su preparación para la transformación digital, con adopción de soluciones de inteligencia artificial, robótica y aplicaciones de IoT. Sin embargo, gran parte de la transformación digital tiene lugar dentro de la empresa de manufactura, con menos énfasis en la interrelación con proveedores y distribuidores.

### 8.3.2. Sector de Procesamiento de Alimentos

El sector de procesamiento de alimentos en Colombia representa el 3,7% del PIB. Colombia es el tercer productor de lácteos de América Latina, después de Brasil y México. El procesamiento de aceites y grasas es otro segmento importante, ya que Colombia produce casi el 38% de la producción regional total y está ubicado entre los cuatro principales productores de aceite de palma crudo del mundo. El segmento de los azúcares y jarabe, seguido de la carne en conserva, las aves de corral y los productos de la pesca, así como el envasado de hortalizas frescas y frutas, son también nichos importantes de la industria. Aunque hay un número significativo de grandes procesadores de alimentos capaces de manejar un gran volumen de producción (como SAB Miller-Bavaria, Nacional de Chocolates, Colombina, Postobon y Frito Lay), las PyMEs constituyen la ma-

**Tabla 8-8. Colombia: Adopción de Internet en procesos de cadena de suministro (sector de procesamiento de alimentos versus nación) (2017)**

	Sector Procesamiento de Alimentos		Colombia	
	Grandes empresas	PyMEs	Grandes empresas	PyMEs
Buscar información sobre ingresos en Internet	100%	58,2%	98 %	85 %
Enviar órdenes de compra por Internet	65,2%	38,5%	61 %	40 %
Utilizar la banca electrónica para realizar pagos	100%	55,1%	90 %	72 %
Recibir órdenes de compra por Internet	65,2%	38,1%	62%	44%
Proporcionar atención al cliente a través de Internet	84,9%	65,2%	97%	82%

Fuente: Observatorio de la Economía Digital de Colombia

yoría de las empresas del sector. Como se muestra en el siguiente cuadro, estas empresas están rezagadas en la digitalización de procesos básicos como utilizar la banca electrónica para realizar pagos.

Por su parte, las grandes empresas que operan en mercados nacionales competitivos o están expuestas a la competencia internacional se encuentran algo más avanzadas en la transformación digital, habiendo adoptado vehículos semiautónomos en almacenes, IoT y trazabilidad por GPS. De todas maneras, estas empresas todavía experimentan grandes desafíos al tratar con sus proveedores. Una gran empresa de la industria láctea indicó que, si bien han impulsado la transformación digital de sus operaciones internas, deben afrontar una barrera a la integración con los proveedores no digitalizados (por ejemplo, los ganaderos productores de leche). Este déficit está directamente relacionado con la falta de capacitación y la limitada conectividad de las telecomunicaciones en las zonas rurales. De hecho, las entrevistas indican que el nodo proveedor dominado por PyMEs representa un cuello de botella crítico para alcanzar la transformación digital de la cadena de suministro en la industria alimenticia (especialmente en subsectores como productos lácteos, fruta fresca y cacao). Cabe mencionar, sin embargo, que la baja digitalización es sólo un síntoma de un problema mayor

que afecta a su vez al sector agrícola colombiano: este sector, compuesto en su mayoría por pequeñas unidades económicas, se ve afectada por un nivel extremadamente bajo de sofisticación empresarial. Algunos grandes procesadores de alimentos han intentado involucrar activamente a sus proveedores en iniciativas de capacitación (incluyendo no sólo tecnología sino también planificación financiera), pero ese esfuerzo ha resultado menos exitoso de lo esperado. En este contexto, el sector privado considera que el sector público debería desplegar más programas de modernización tecnológica centrados en el sector agrícola.

Esta cuestión cobrará aún más importancia en vista de la incorporación de las geografías que, hasta hace poco, se veían afectadas por el conflicto armado. Esta zona representa aproximadamente la mitad del territorio nacional de Colombia y está habitada por una población esencialmente rural dedicada a la agricultura (Ver Tabla 8-9).

El cuello de botella de las PyMEs en el sector procesamiento de alimentos también existe en el extremo de distribución de la cadena de suministro. Más allá de las grandes cadenas, la mayoría de las unidades de distribución consiste en pequeños minoristas con un nivel extremadamente bajo de digitalización.

**Tabla 8-9. Colombia: Perfil económico de las zonas “Post-conflicto”**

Zonas	Población	Superficie (km <sup>2</sup> )	Población Rural	Penetración de Banda Ancha	Tiempo medio de viaje al banco más cercano (minutos)
Bajo Cauca Antioqueño – Sur de Córdoba	2.514.042	103.469	58,4 %	3,5 %	123
Costa y Magdalena Medio	2.304.546	40.007	33,3 %	2,8 %	53,5
Llanos	942.309	271.118	53 %	2,4 %	---
Montes de María	481.239	15.130	40,8 %	1,7 %	---
Sur País	1.103.945	48.655	63,9 %	0,9 %	---
Norte del cauca/Sur Valle del Cauca	1.928.924	40.321	62,1 %	2,4 %	103,1
Santanderes	507.484	23.171	66,8 %	1,7 %	161,2
Sur de Tolima	338.088	15.326	66,8 %	1,6 %	120
Caquetá	490.056	88.965	55,4 %	0,9 %	82,8
Total	10.610.633	646.162	57,1%	2,4 %	104,4
COLOMBIA	48.203.240	1.141.748	23,6 %	10,8 %	

Fuente: Análisis de Telecom Advisory Services; Última Columna - análisis realizado sobre la base de la herramienta TerriData recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles>

### 8.3.3. Sector textil

El sector textil representa el 1,3% del PIB y el 2,4% de las exportaciones totales del país. El sector está compuesto por cerca de 450 fábricas, aunque cinco controlan una parte mayoritaria del mercado textil total. Colombia importa sus insumos de algodón de Estados Unidos y países vecinos. Los principales mercados de destino para sus exportaciones son Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil y Estados Unidos.

La apertura de la economía colombiana ha dado lugar a una alta competencia de los fabricantes asiáticos. Mientras que la industria está, en términos generales, a la zaga de la transformación digital de su cadena de suministro, existen algunas empresas altamente innovadoras y digitalizadas en el sector maquilador textil. Al mismo tiempo, el sector registra avances en la automatización en transporte y almacenamiento, aunque en base a tecnologías maduras (p. ej. código de barras).

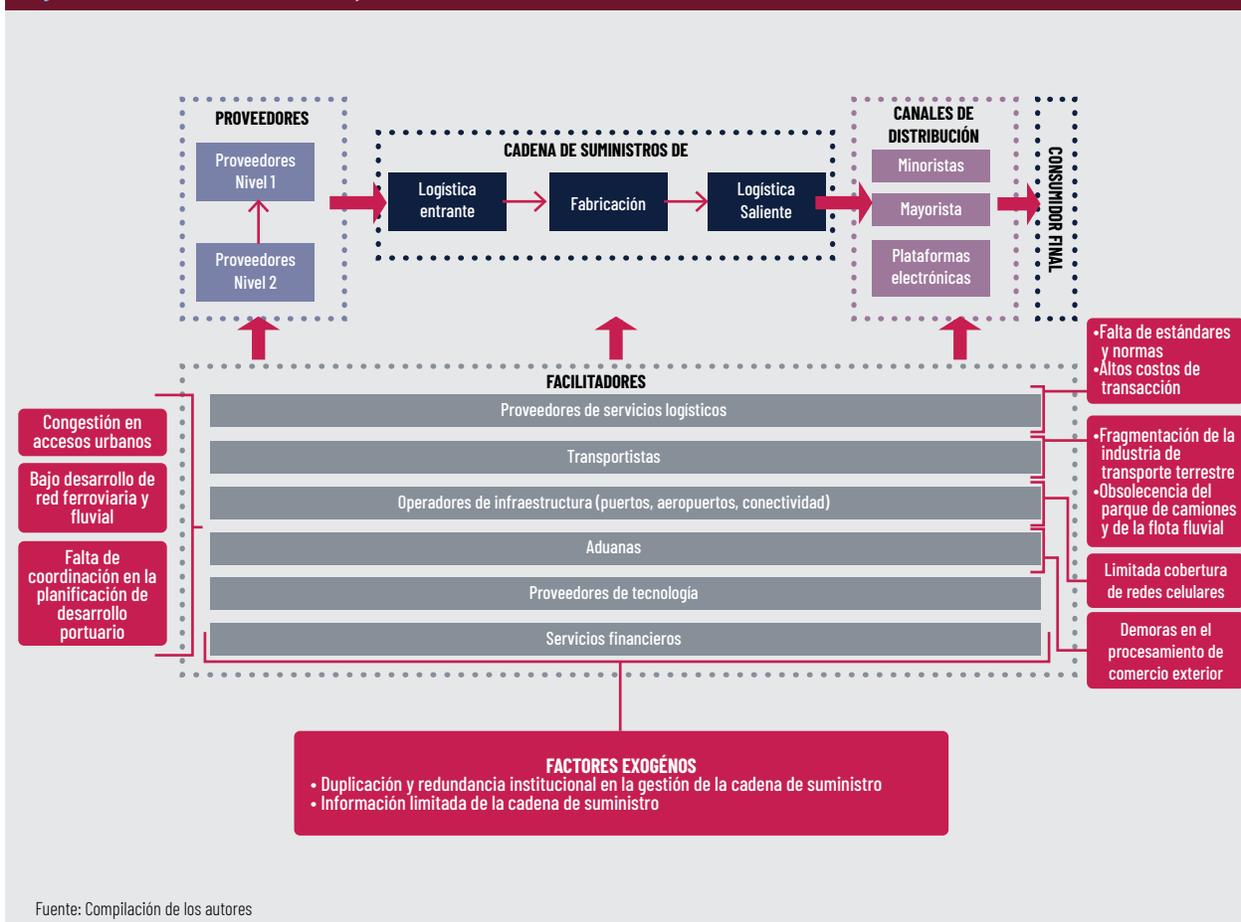
### 8.3.4. Sector de Electrodomésticos

El sector de los electrodomésticos representa el 0,8% del PIB del país. Colombia es el tercer productor de electrodomésticos de América Latina, por detrás de México y Brasil. Algunas corporaciones nacionales incluyen: Challenger, Kalley, HACEB, Imusa y Landers. En 2011, Groupe SEB adquirió Imusa con el fin de ingresar en el mercado latinoamericano. Colombia también fabrica electrodomésticos para empresas extranjeras, como Whirlpool y GE. El sector refleja avances tecnológicos importantes en distribución y manejo de inventario por parte de los grandes grupos de distribución minorista (Grupo Corona).

### 8.4 Facilitadores de la cadena de suministro

A partir del diagnóstico contenido en el documento técnico de la Misión de Logística y Comercio Exterior y de entrevistas de expertos en la materia, se identificó una serie de desafíos para una articulación eficiente

Figura 8-2 Colombia: Desafíos para la articulación de la cadena de suministros



de los diferentes nodos de una la cadena de suministro, que se abordan en las páginas a continuación (Ver Figura 8-2).

#### 8.4.1 Infraestructura

Al igual que en los casos de Argentina y Brasil, el transporte por carretera domina la matriz de transporte doméstico en Colombia (73,2% de la carga), frente a otros modos como el ferrocarril (25,5%) y el fluvial (1%)<sup>74</sup>. El país ha venido avanzando en la mejora de la red de transporte interurbano, ubicándose hoy los principales cuellos de botella en los accesos a los centros urbanos. Esta situación, sumada a la congestión presente en las ciudades, representa un impacto negativo considerable en la competitividad del país. Por ejemplo, cuando los vehículos de transporte entran en zonas metropolitanas, se estima que su velocidad media disminuye de 50 km/h a 10 km/h. La adopción de nuevas tecnologías tales como IoT, video-detección e inteligencia artificial podría contribuir a aliviar la congestión en zonas de tráfico mixto, por ejemplo, a través de una mejor sincronización de semáforos para la gestión del tráfico en tiempo real, el ruteo dinámico de vehículos de carga y la provisión de información más precisa para la toma de decisiones en la planificación integrada del tráfico urbano.

Los puntos de acceso a puertos también se encuentran congestionados. Si bien los puertos han implementado programas de modernización tecnológica, incluyendo almacenamiento mecanizado, escáneres para inspecciones no intrusivas, sistemas de gestión virtual de puertos y procesamiento de información sin papel, lo que ha permitido mejorar significativamente su eficiencia, quedan aún aspectos por resolver en la interfaz camión-puerto. En efecto, los entrevistados concuerdan en que los puertos colombianos son altamente eficientes en las interacciones buque-puerto, pero que es necesario avanzar en la mejora de la interacción con el transporte terrestre. Para ello, sostienen que la implementación de un sistema de turnos para los camiones de carga podría reducir sensiblemente la congestión en las vías y puntos de acceso a los puertos<sup>75</sup>. Por su parte, se necesita una mayor coordinación puerto-ciudad para mejorar el tránsito de camiones por las áreas urbanas, incluyendo la implementación de tecnología inteligente para la gestión de tráfico según los flujos de carga y de transporte privado. Finalmente, es clave mejorar la coordinación con organismos de control, avanzar en la simplificación y digitalización de procesos y asegurar la

interoperabilidad o unificación de los sistemas implementados por las diferentes entidades públicas. Esto último se encuentra en la agenda prioritaria del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Los avances que el país ha realizado en materia de infraestructura se han reflejado en los índices internacionales, donde el ranking de Colombia ha mejorado en casi todos los tipos de infraestructura (Ver Gráfico 8-3). A futuro, muchos entrevistados señalaron la necesidad de avanzar en la materialización de la estrategia nacional de transporte multimodal, incluyendo definiciones claras sobre sus componentes tecnológicos (plataformas digitales, sistemas de monitoreo y trazabilidad, tecnología de la comunidad portuaria como el enturnamiento automatizado de camiones).

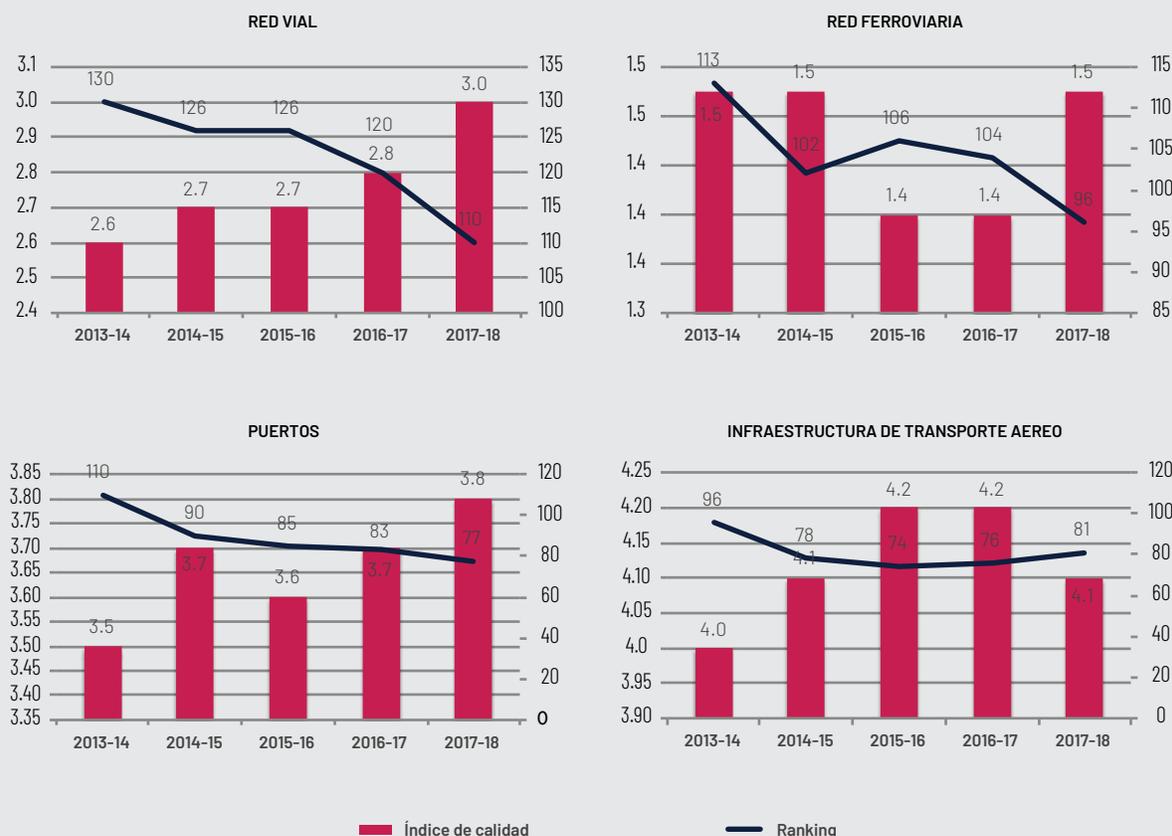
#### 8.4.2. Proveedores de servicios logísticos

De acuerdo con el componente de calidad y competencia logística medido en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, Colombia se ubica en la posición 56 a nivel mundial, con un valor de 2,87 sobre 5. Esto sitúa al país en la quinta posición dentro de los países de América Latina y el Caribe (véase Tabla 8-10). Los costos logísticos en Colombia son elevados, aproximándose, en promedio, al 15% del costo por unidad producida (en Estados Unidos esta cifra es del 8%, mientras que el promedio de los países de la OCDE es del 9%). El costo de transporte de un contenedor entre, por ejemplo, el puerto de Santa Marta y Bogotá se aproxima a USD \$1.600.

Al igual que en los demás países analizados, el grado de avance tecnológico en el sector es dispar. Existen grandes operadores internacionales integrados con las empresas manufactureras, que utilizan tecnología para la optimización en el ruteo de vehículos, la trazabilidad de los envíos y la gestión automatizada en almacenes. Por otra parte, se encuentra un gran número de proveedores de servicios de tamaño pequeño, no integrados en la cadena de suministro debido a la falta de recursos, la obsolescencia tecnológica y la falta de adecuación a estándares de calidad.

En su conjunto, los proveedores de servicios logísticos dependen de una industria de transporte muy fragmentada, donde la mayoría son los pequeños transportistas que utilizan tecnología obsoleta o, directamente, no utilizan tecnología alguna en sus operaciones. Se-

Gráfico 8-3 Colombia: Índice de Calidad y Ranking de Infraestructura (2013-2018)



## Nota:

1) Calidad de la red vial es un índice agregado compuesto por una medida de la velocidad media de un itinerario de conducción que conecta a las 10 ciudades más grandes de una economía, representando al menos el 15 por ciento de la población total, una medida de rectitud vial, y una pregunta subjetiva: En su país, cómo es la calidad (extensividad y condición) de la infraestructura vial [1 = extremadamente pobre—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente bueno—entre los mejores del mundo]

2) La calidad de los ferrocarriles es un índice compuesto de Kilómetros de ferrocarril por 1.000 kilómetros cuadrados de territorio (datos del Banco Mundial), y una pregunta subjetiva: En su país, ¿qué tan eficiente (i.e., frecuencia, puntualidad, velocidad, precio) son los servicios de transporte ferroviario? [1 = extremadamente ineficiente—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente eficiente—entre los mejores del mundo]

3) Calidad de los puertos es un índice compuesto de *Liner Shipping Connectivity Index*, el cual evalúa la conectividad de un país a las redes globales de transporte marítimo. Se basa en cinco componentes del sector del transporte marítimo: el número de buques, su capacidad de portacontenedores, el tamaño máximo de los buques, el número de servicios y el número de empresas que despliegan buques portacontenedores en los puertos de un país (UNCTAD), y una pregunta subjetiva: En su país, ¿cuán eficientes (i.e., frecuencia, puntualidad, velocidad, precio) son los servicios portuarios (transbordadores, barcos) (para los países sin litoral: evaluar el acceso a los servicios portuarios) [1 = extremadamente ineficiente—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente eficiente—entre los mejores del mundo]

4) La calidad de la infraestructura de transporte aéreo es un índice compuesto del indicador de conectividad del aeropuerto de la IATA que mide el grado de integración de un país en la red mundial de transporte aéreo y una cuestión subjetiva: En su país, ¿cuán eficientes son los servicios de transporte aéreo (p. ej., frecuencia, puntualidad, velocidad, precio)? [1 = extremadamente ineficiente—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente eficiente—entre los mejores del mundo]

Fuente: Recopilación del Foro Económico Mundial.

gún datos de la Encuesta Nacional Logística de 2018, el 64,4% de los operadores no utiliza ningún tipo de tecnología y cerca de un tercio dice no conocer ninguna tecnología aplicable a sus operaciones. El sector se compone de 3.554 empresas de las cuales 1.802 trans-

portistas operan a lo largo de los corredores nacionales<sup>76</sup>, controlando 267.000 vehículos y remolques, con una edad media de 21 años<sup>77</sup>. De este parque, el 61% de las empresas de transporte posee un solo camión, mientras que sólo el 23% posee más de tres camio-

Tabla 8-10. América Latina y el Caribe: Índice de Calidad y Competencia Logística (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking América Latina y Caribe
Argentina	2,78	68	6
Bahamas	2,27	130	16
Bolivia	2,21	139	17
Brasil	3,09	46	3
Chile	3,13	43	2
Colombia	2,87	56	5
Costa Rica	2,70	79	11
Cuba	2,20	143	20
República Dominicana	2,44	108	14
Ecuador	2,75	70	7
El Salvador	2,56	91	12
Guatemala	2,25	136	18
Honduras	2,72	75	8
Jamaica	2,54	94	13
México	3,02	52	4
Panamá	3,33	35	1
Paraguay	2,72	76	9
Perú	2,42	110	15
Uruguay	2,71	78	10
Venezuela	2,21	141	19

Fuente: Banco Mundial. 2018 índice de Desempeño Logístico

nes<sup>78</sup>. El gobierno estima que no hay más de 100 empresas de transporte con escala suficiente para llevar a cabo una transformación digital. Esto repercute en los niveles generales de servicio y en la limitada capacidad de trazabilidad. Algunos proveedores de servicios logísticos señalan la necesidad de trabajar con las asociaciones de la industria para generar un mercado más competitivo para el transporte. Otros indican la necesidad de mejorar el nivel de coordinación entre los operadores de transporte y los proveedores de servicios logísticos para reducir la cantidad de tráfico sin carga (el 33,7% de los viajes se realizan en un camión vacío). Por último, algunos entrevistados señalan la falta de integración de los sistemas informáticos entre los operadores logísticos. Según estas entrevistas, cada empresa que opera dentro del segmento de transporte posee un sistema diferente y no existe trazabilidad dentro de todo el proceso logístico.

La fragmentación extrema del sector del transporte representa una barrera fundamental para la transformación digital, ya que el incentivo económico de las pequeñas empresas les obliga a estar permanente-

mente en servicio (en otras palabras, el tiempo dedicado a la formación resulta en ingresos perdidos). Los expertos en la materia afirmaron que, a menos que se defina un nuevo marco de incentivos para estimular la transformación digital del sector del transporte (por ejemplo, un programa de “chatarización” que incentive la transformación digital, cooperativas centradas en la introducción de servicios compartidos para lograr la escala), es muy difícil que este cambio ocurra.

### 8.4.3 Aduana

En 2007, según el subíndice de eficiencia aduanera y de gestión fronteriza medido en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, Colombia ocupaba el puesto 116 con una puntuación de 2,10 sobre 5. En el 2018, Colombia ascendió a la 75<sup>o</sup> posición mundial con un valor de 2,61. Esto sitúa al país en la octava posición dentro de los países de América Latina y el Caribe (Ver Tabla 8-11).

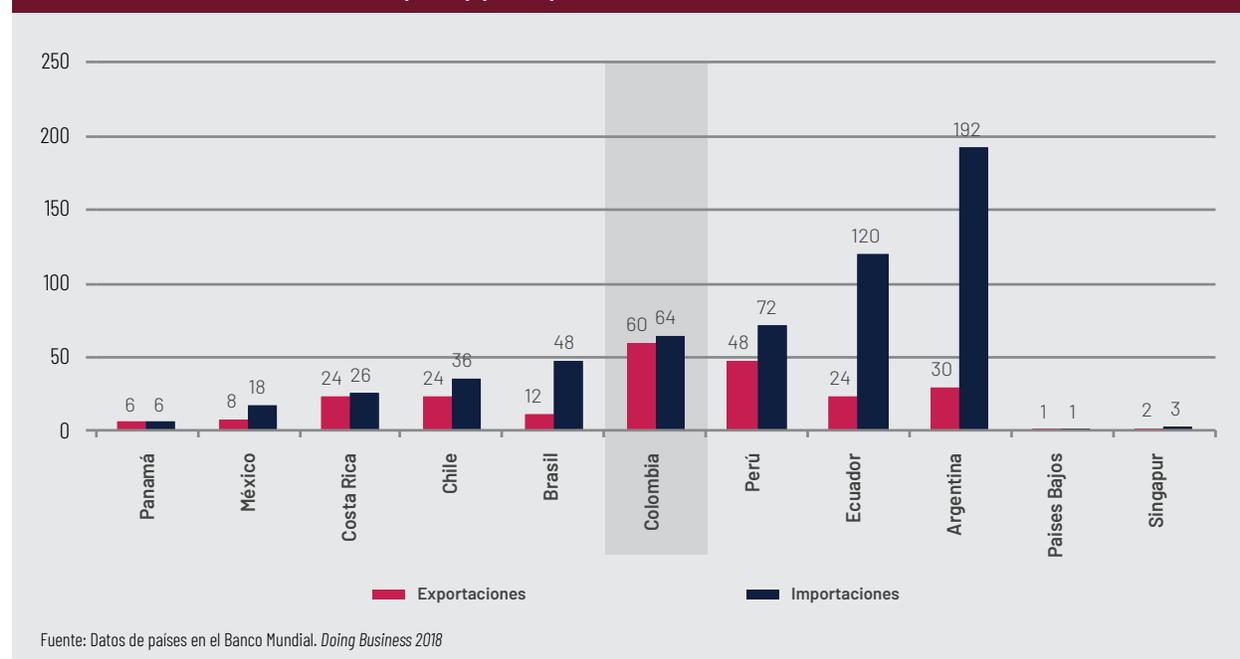
Ahora bien, a pesar de estos avances, los usuarios y proveedores de servicios logísticos sostienen

Tabla 8-11. América Latina y el Caribe: Índice de Eficiencia Aduanera (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking América Latina y Caribe
Argentina	2,42	98	11
Bahamas	2,68	61	5
Bolivia	2,32	117	15
Brasil	2,41	102	13
Chile	3,27	32	1
Colombia	2.61	75	8
Costa Rica	2.63	70	7
Cuba	2.03	143	19
República Dominicana	2.41	103	14
Ecuador	2.80	48	3
El Salvador	2.30	120	16
Guatemala	2.16	132	18
Honduras	2.24	125	17
Jamaica	2.42	99	12
México	2.77	53	4
Panamá	2.87	45	2
Paraguay	2.64	68	6
Perú	2.53	86	9
Uruguay	2.51	87	10
Venezuela	1.79	156	20

Fuente: Banco Mundial. 2018 índice de Desempeño Logístico

Gráfico 8-4 América Latina y Países de Clase Mundial: Tiempo requerido para el procesamiento de documentos de comercio exterior (2018) (horas)



que aún existe un número excesivo de procedimientos administrativos, inclusive en comparación con otros países de la región (Ver Gráfico 8-4). Los plazos requeridos para el procesamiento de los documentos de exportación e importación son superiores a los de algunos países de América Latina (Panamá, México, Costa Rica y Chile) y significativamente mayores que los países de “clase mundial” (Países Bajos, Singapur).

**8.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro**

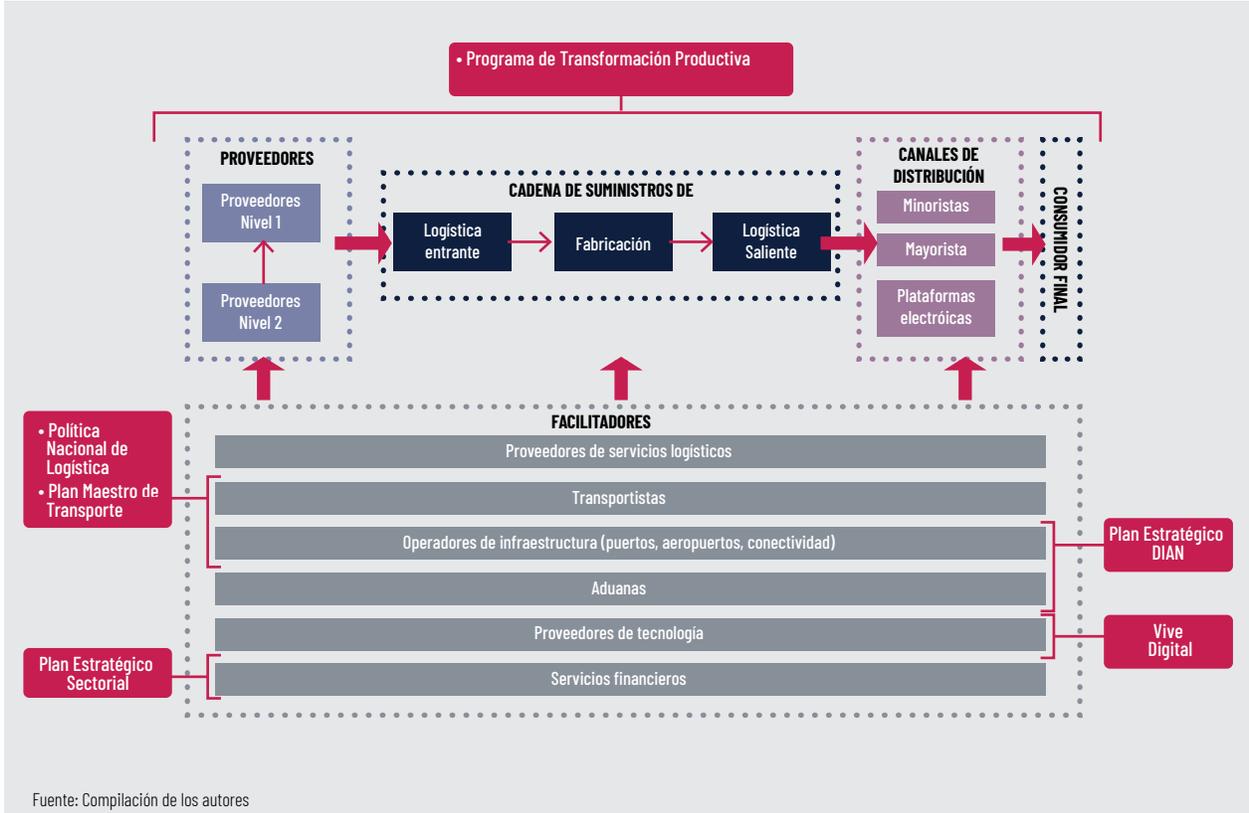
Aunque Colombia no posee un programa formal de Industria 4.0, como es el caso de México y Brasil, el gobierno ha impulsado iniciativas que están dentro del alcance de dichos programas: la creación de un Viceministerio de Economía Digital (encargado de implementar los centros de apoyo a la transformación digital de las PyMEs) y el desarrollo de un Observatorio de la Economía Digital son dos ejemplos de este esfuerzo. Por su parte, si bien no existe un programa de gobierno nacional centrado en fomentar la transformación digi-

tal de la cadena de suministro de manera integral, se cuenta con una serie de iniciativas relacionadas con la transformación de diferentes componentes de la cadena de suministro (Ver Figura 8-3).

**8.5.1. Políticas de apoyo a la innovación manufacturera**

La responsabilidad de fomento a la transformación digital de las empresas en Colombia está asignada al Ministerio TIC. En 2017, el Ministerio creó el Viceministerio de Economía Digital, con el objetivo específico de impulsar la transformación digital de las PyMEs. En este contexto, el Gobierno puso en marcha el despliegue de 18 centros de apoyo a la transformación digital en todo el país. Además, para crear una fuente informativa destinada a comprender el nivel de transformación digital de la economía, el Ministerio TIC, en colaboración con la Cámara de Comercio de Bogotá, creó el Observatorio de la Economía Digital de Colombia, el único centro de datos de este tipo en América Latina, capaz de proporcionar información actualizada sobre el estado de digitalización por industria, tamaño de empresa y región.

**Figura 8-3 Colombia: Iniciativas del sector público con impacto en la transformación digital de la cadena de suministro**



### 8.5.2. Programas de mejora de la infraestructura vial, ferroviaria y de telecomunicaciones

Durante el período 2010-2018, la red vial fue modernizada mediante un programa que implicó inversiones por el monto de US\$ 9.400 millones. La mayor parte del programa se llevó a cabo mediante asociaciones público-privadas. Además, la inversión pública de USD \$2.900 millones en el último decenio contribuyó a la modernización de 51 aeropuertos. Adicionalmente, el país avanzó en esquemas de desarrollo público-privados para la modernización de las instalaciones aeroportuarias para carga y pasajeros que sirven al mercado internacional, por medio de la actualización del Plan Nacional de Navegación Aérea y los planes maestros aeroportuarios. Todo ello ha dado lugar a la ampliación de una red de transporte aéreo muy desarrollada, tanto a nivel nacional como en relación con las vías internacionales.

### 8.5.3. Programas y planes para la mejora de la logística

Colombia ha sido pionero en el diseño e implementación de una Política Nacional de Logística, que incluye estrategias para promover la intermodalidad y productividad en el servicio de transporte, el desarrollo de infraestructura logística especializada, zonas estratégicas de conexión modal y la consolidación de nodos de comercio internacional competitivos y procesos que lo faciliten; ello soportado en una amplia utilización de soluciones tecnológicas, capital humano cualificado y un marco institucional eficiente. En este contexto, se creó el Observatorio Nacional de Logística y se implementó la Encuesta Nacional de Logística, realizada en 2015 y 2018, con el objetivo de tener un tablero de control sobre el desempeño del sector.

Asimismo, se implementaron iniciativas relativas a modos de transporte específicos. Por ejemplo, con el objetivo de formalizar y modernizar el parque de camiones, se promulgó la Política Nacional de Transporte Público Automotor. De igual manera, en 2015 se formuló un Plan Maestro de Vías Fluviales, con el fin de reactivar y modernizar este modo. En cuanto a otros programas de éxito, los entrevistados señalaron:

- Eliminación de reglamentos obsoletos de transporte terrestre (p. ej. Tabla de Fletes) y sustitución por nuevas normas de perfil económico;
- Lanzamiento del Manifiesto de Carga Electrónico,

complementado al Registro Nacional de Despachos de Carga;

- Actualización y modernización del Registro Único de Transporte, convertido a plataforma digital; y
- Promulgación del Código de Tránsito Fluvial

Desde el punto de vista institucional, en 2010 se creó el Comité Programático de Logística dentro del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, así como unidades logísticas dentro del Departamento Nacional de Planificación y el Ministerio de Transporte. Este comité se transformó posteriormente en un Comité Técnico de Logística y Comercio Exterior.

Adicionalmente, para fomentar la colaboración entre los sectores público y privado, el Ministerio de Transporte inició la creación de Alianzas Logísticas Regionales, una por corredor logístico. Cada alianza convoca a representantes de industrias locales, asociaciones industriales como ANDI, ANALDEX y grupos de transporte, y está presidida por el Director del Corredor Logístico. El propósito de la alianza es definir criterios de gestión para el corredor, así como abordar cuestiones técnicas que se conviertan en ejes de intervención (tales como la referencia de tiempo para la carga y descarga, el uso de bitrenes, etc.).

Finalmente, en febrero de 2019, Colombia lanzó su Portal Logístico, el cual consolida toda la información sec-

**Gráfico 8-5 Colombia: Índice de desempeño logístico (2007-2018)**

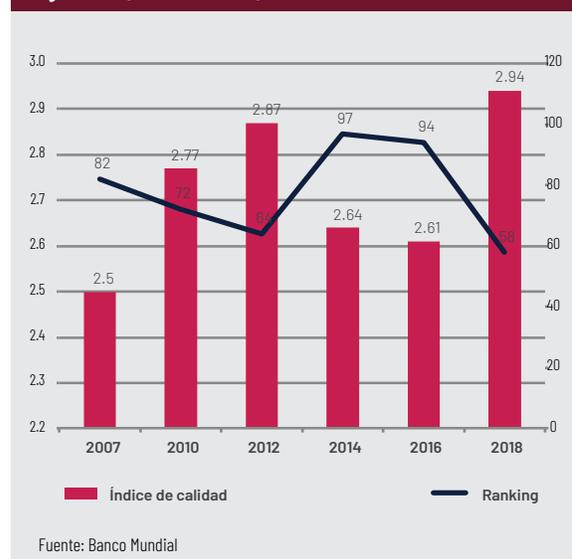


Gráfico 8-6 Colombia: Subíndices del Índice de desempeño logístico (2007-2018)



torial y permite al Ministerio de Transporte y al ciudadano monitorear las intervenciones realizadas en materia logística. El Portal reúne información generada por el Ministerio de Transporte a través del Registro Nacional de Despachos de Carga, las Alianzas Logísticas Regionales, los Corredores Logísticos Estratégicos y las Estadísticas del sector transporte.

El resultado neto de estos programas ha sido un avance sustancial en la posición de Colombia en el Índice de Desempeño Logístico, que pasó de 2.5 puntos y posición 82 en 2007, a 2.94 puntos y posición 58 en 2018 (Ver Gráfico 8-5).

Como se indica en Gráfico 8-5, Colombia ha avanzado veinticuatro posiciones en el Índice de Desempeño Logístico 2007 y 2018. Esta mejora ha sido impulsada por avances en todos los subíndices, con los avances más importantes en el desempeño aduanero y la calidad y competencia logística (Gráfico 8-6).

#### 8.5.4. Programas para mejorar la facilidad de hacer negocios

Varios programas han contribuido a mejorar la facilidad de realizar transacciones de exportación. En particular, es importante mencionar el desarrollo de la Ventanilla Única de Comercio Exterior, la elaboración de un manual consolidado para la inspección simultánea de mercancías (Manual de Inspección Física Simultánea de Mercancías), el marco regulador para el Operador Económico autorizado y una simplificación general de la normativa aduanera. Estos programas han significado un sustancial avance del país en los indicadores internacionales arriba presentados.

#### NOTAS:

66. Fuente: Banco Mundial.

67. Fuente: DANE, Producto Interno Bruto.

68. Zaclicever, D. *Integración comercial y distribución de la producción: caracterización de las cadenas de valor regionales y mundiales de Amé-*

*rica Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL, 2017.

69. Foro Económico Mundial (2017). *Informe de Competitividad Global 2017-2018*. Ginebra

70. Foro Económico Mundial (2017). *Informe de Competitividad Global 2017-2018*. Ginebra

71. Todos los CAGR calculados entre 2004 y 2015 (CARG: Tasa de Crecimiento Anual Compuesta).

72. Esta estadística se basa en la última fuente publicada: INEGI – Censo Económico 2014

73. Fuente: Banco Mundial.

74. Departamento Nacional de Planeación. *Documento Técnico Misión de Logística y Comercio Exterior*, p. 27

75. Todos estos impactos en el tiempo de procesamiento son altamente estacionales.

76. Registro Nacional de Despachos de Carga.

77. Barbero, J. and Guerrero, P. *El transporte automotor de carga en América Latina: soporte logístico de la producción y el comercio*, Washington: BID, 2016.

78. Departamento Nacional de Planeación. *Documento técnico misión de logística y comercio exterior*, p. 35

9

MÉXICO

Este capítulo evalúa el grado de preparación de México para afrontar la transformación digital de las cadenas de suministro. El mismo está basado en información pública y entrevistas con ejecutivos de cuatro sectores industriales (automotriz, artículos del hogar, textil y alimentación), proveedores de servicios logísticos, investigadores y representantes del sector público. El análisis está estructurado en base al modelo presentado en el Capítulo 2, el cual incluye los diferentes procesos y actores involucrados en la cadena de suministro.

### 9.1. Contexto macro

México es la segunda economía más grande de América Latina (PIB 2017: USD \$1.149,92 millones<sup>79</sup>). En 2017, el sector agrícola representaba el 3,6%, el sector manufacturero el 31,8% y el sector de servicios el 64,5%<sup>80</sup>. La Tabla 9-1 presenta el desglose de los cuatro sectores de la industria seleccionados para el estudio.

Los establecimientos más numerosos según tamaño son las PyMEs y las microempresas, que representan el 99,8% de todas las empresas del sector formal (Ver Tabla 9-2).

La economía mexicana se encuentra en el puesto número 46<sup>o</sup> en términos de su competitividad<sup>81</sup>, lo que representa una mejora de 15 posiciones en los últimos cuatro años<sup>82</sup>, impulsada por la adopción tecnológica, la sofisticación empresarial y la innovación. Ello es consecuencia de un proceso de reconversión industrial y refleja nuevas fuentes de crecimiento. Ahora bien, comparado con otros países de la región, México presenta un nivel moderado de digitalización y se encuentra rezagado con respecto a los países de la OCDE (Ver Tabla 9-3).

Históricamente, el crecimiento de la digitalización en México se ha visto impulsado principalmente por un aumento acelerado de la digitalización de los ho-

**Tabla 9-1. México: Valor Bruto Anual en precios de 2004 (en millones de US\$)**

Sector	2016		2017 (E)	
	Valor	%	Valor	%
Procesamiento de Alimentos (1)	\$42.366	4,6%	\$48.178	4,6%
Textil (2)	\$58.175	0,6%	\$6.358	0,6%
Electrodomésticos (3)	\$15.003	1,6%	\$17.542	1,7%
Automotriz (4)	\$17.799	1,9%	\$20.682	2%
Total Economía	\$910.877		\$1.042.477	

NOTAS:

- (1) Incluye (a) Industria alimentaria, (b) Industria de bebidas
- (2) Incluye (a) Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles, (b) Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir y (c) Fabricación de prendas de vestir
- (3) Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos
- (4) Fabricación de automóviles y camiones

Fuente: INEGI, Cuentas Nacionales

**Tabla 9-2. México: Número de establecimientos (por tamaño)**

Categoría	Número de Empleados	Total	% Total
Grande	250+	10.461	0,2%
Mediana	51-250	47.724	0,8%
Pequeña	11-50	263.041	4,6%
Microempresa	<10	5.332.788	94,3%
Total		5.654.014	100%

Fuente: INEGI. Censo Económico 2014

Tabla 9-3. México: Clasificación en términos de competitividad y digitalización

	México		Primer país de América Latina	Promedio OCDE	Primer País OCDE
	Posición en América Latina	Índice			
Índice de Desarrollo TIC (UIT) – 2017	11	4,9	Uruguay (7,2)	7,7	Islandia (9)
Índice de preparación de redes (WEF) – 2016	8	4	Chile (4,6)	5,2	Finlandia (6)
Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (UN) – 2018	8	0,7	Uruguay (0,8)	0,8	Dinamarca (0,9)
Índice de Digitalización (TAS) – 2018	9	45,8	Chile (59,1)	67,2	Suiza (76,7)
Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (CAF) – 2018	8	50,2	Chile (59,8)	66,7	Noruega (77,1)
Índice de comercio electrónico (UNCTAD) – 2016	6	49,1	Uruguay (62,6)	75	Luxemburgo (89,7)
Índice de Economía del Conocimiento (Banco Mundial) – 2012	6	5,6	Chile (7,2)	8,2	Suecia (9,2)
Índice de Innovación Global (Corneil-WIPO) – 2017	3	35,8	Chile (38,7)	52,9	Suiza (67,7)
Índice de Desarrollo de Banda Ancha (BID) – 2014	8	4,7	Chile (5,8)	6,1	Luxemburgo (7,3)
Índice de Facilidad para los negocios (Banco Mundial) – 2018	1	72,3	México (72,3)	78	Nueva Zelanda (87)
Índice de Rendimiento Logístico (Banco Mundial) – 2018	4	2,9	Chile (3,3)	3,7	Alemania (4,2)
Ranking de Competitividad Mundial (IMD) – 2018	2	63,7	Chile (75,1)	83,8	EE. UU. (100)

Fuente: análisis basado en datos de UIT, WEF, UN, TAS, CAF, UNCTAD, Banco Mundial, WIPO y BID

gares (como lo indica el crecimiento de la telefonía celular, la penetración de banda ancha y el uso de Internet) y la conectividad digital de los consumidores. Por otra parte, la digitalización de la producción se ha estancado. Sólo el 20,6% de las grandes, medianas y pequeñas empresas venden productos a través de Internet<sup>83</sup>, mientras que el 3,8% del comercio minorista total se realiza a través de canales electrónicos<sup>84</sup>. Desde la perspectiva de la adopción de la tecnología de la información, México está a la zaga de otros países latinoamericanos como Colombia y Chile. El 68,4% de los empleados trabajan en empresas que han adoptado computadoras, y 64,8% lo hacen en empresas que dependen de Internet para sus operaciones<sup>85</sup>. Datos comparativos también revelan que, en comparación con países como Brasil (1,2%), México invierte mucho menos en Investigación y Desarrollo (I+D): 0,5% de su PIB<sup>86</sup>.

La economía mexicana está estrechamente vinculada a la evolución del comercio con los Estados Unidos. Por ejemplo, en 2017, el crecimiento del PIB se redujo al 2%, ya que las incertidumbres generadas por las renegociaciones del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y el proceso electoral de México tuvieron un impacto negativo en la inversión. En el 2018, la economía mexicana se redujo el 0,2% en el segundo trimestre, impulsada en parte por una fuerte caída del comercio (1,5%). Sin embargo, a medida que se reduzca la incertidumbre sobre las renegociaciones del TLCAN, se espera que el crecimiento del PIB se acelere.

México se ha convertido en una potencia mundial en los cuatro sectores estudiados (automotriz, procesamiento de alimentos, textiles y electrodomésticos). El país es el séptimo mayor fabricante de vehículos y el quinto mayor fabricante de autopartes del mundo. Además, 93

de los 100 principales fabricantes de autopartes a nivel mundial tienen operaciones en México. Por su parte, México es un importante productor textil, con una industria ubicada en la parte central y noreste del país que aprovecha los bajos costos laborales y la proximidad con los Estados Unidos (el segundo proveedor de maquinaria textil a fabricantes mexicanos). México exporta el 54% de su producción, en gran parte a Estados Unidos<sup>87</sup>. Como quinto exportador de electrodomésticos del mundo, México se beneficia de un grupo de operaciones de empresas “maquiladoras”, especializadas en el ensamblado de componentes importados. Finalmente, la industria procesadora de alimentos de México ocupa el 10° puesto a nivel mundial y el 72% de las exportaciones de la industria están orientadas a los Estados Unidos.

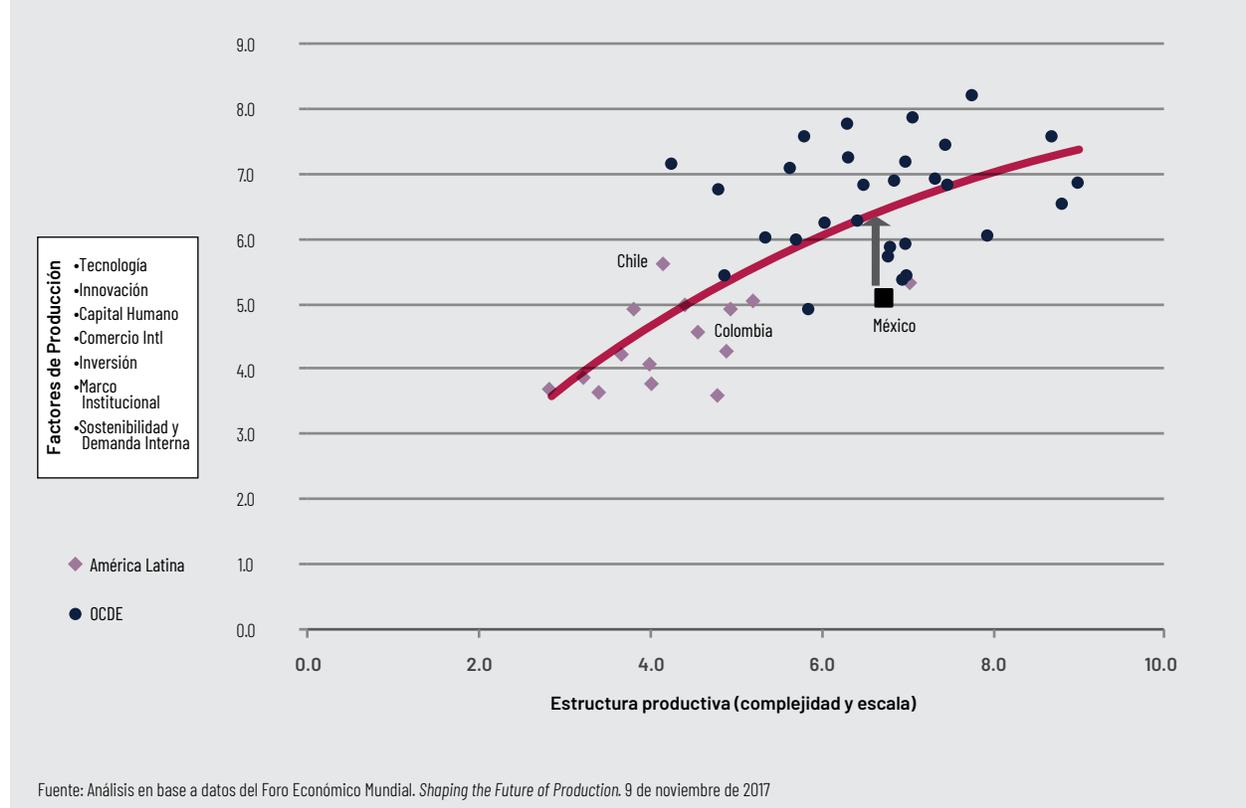
Desde un punto de vista estructural, la economía del país está preparada para avanzar en una mayor transformación digital: su estructura productiva se caracteriza por una mayor complejidad relativa que la de los

países latinoamericanos, en cuanto a los sectores en los que se especializa y el mayor contenido de innovación y tecnología asociados con los mismos, ubicándose cerca de sus pares de la OCDE. Aun así, México necesita mejorar fuertemente su desempeño en formación de capital humano y la capacidad institucional para alcanzar la frontera esperada según su nivel de complejidad económica (ver Gráfico 9-1).

## 9.2. Preparación para la revolución tecnológica

Uno de los propósitos de este estudio fue evaluar el grado de conocimiento tanto de los beneficios como de la necesidad de impulsar la transformación digital de la cadena de suministro en los diferentes sectores de la economía mexicana. En este sentido, se asume que este conocimiento es la primera condición necesaria para avanzar sobre el proceso de transformación. El grado de conocimiento fue analizado sobre la base de entrevistas de responsables de la formulación de políticas públicas, ejecutivos del sector privado y academia.

**Gráfico 9-1 Capacidad para abordar la transformación digital de la producción: México vs. países latinoamericanos y de la OCDE**



### 9.2.1. Preparación del sector público

México es uno de los pocos países de ALC, junto con Brasil (ver Capítulo 7), que está realizando esfuerzos para desarrollar una estrategia de Industria 4.0. Además, junto con Colombia, el país es uno de los pocos dentro de los analizados que demuestra avances en el desarrollo de un Plan Nacional de Digitalización Logística. No obstante, los expertos entrevistados coinciden en que, si bien cabe reconocer estos esfuerzos, la transformación digital de la cadena de suministro no se ha definido como un componente crítico de la agenda política nacional. Asimismo, los entrevistados estiman que el grado de coordinación de todas las iniciativas actuales que repercuten en la transformación digital de la cadena de suministro, sigue siendo bastante limitado. Una de las razones por ellos sugerida es la atomización de las instituciones que intervienen en los ámbitos en los que operan las cadenas de suministro (por ej., Ministerio de Economía, Ministerio de Comunicaciones y Transportes, Coordinador de la Estrategia Digital Nacional, Tesoro, PROMEXICO, CONACYT, etc.). Como resultado, existe un entendimiento fragmentado sobre dónde se encuentran los principales cuellos de botella de la cadena de suministro para insertarse en la Cuarta Revolución Industrial.

La ausencia de una única entidad gubernamental encargada de definir la estrategia a largo plazo es el factor determinante de estas limitaciones. Los actores entrevistados sugieren que los esfuerzos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) no están apoyados por presupuestos adecuados, mientras que el Ministerio de Economía debe apoyar múltiples necesidades que compiten por recibir recursos limitados. Finalmente, a nivel estadual, la mayoría de los gobiernos, con la excepción de los estados de Nuevo León, San Luis Potosí y Querétaro (centros de gran desarrollo industrial), carecen de los recursos para formular una estrategia localizada. En este contexto, los entrevistados consideran que la responsabilidad relacionada con la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 será una responsabilidad primordial del sector privado, tanto de empresas individuales como de asociaciones industriales.

### 9.2.2. Preparación del sector privado

En comparación con otros países latinoamericanos, el sector privado mexicano está a la vanguardia en cuanto a la concientización de la necesidad de acelerar la transformación digital de la cadena de suministro. Múltiples

indicadores apuntan a este mayor nivel de concientización. Según una encuesta de Siemens a altos ejecutivos mexicanos, el 59% de las empresas manufactureras tienen una estrategia digital integral o parcial<sup>88</sup>.

Ahora bien, la información recopilada en las entrevistas indica que existen diferencias al interior de los subsectores de la industria (Ver Tabla 9-4).

### 9.3. Transformación digital en las cadenas de suministro

De acuerdo con los diversos niveles de preparación presentados en la Sección 9.2, el estado de transformación digital de la cadena de suministro en México es, desde un punto de vista agregado, aún embrionario. Aunque el sector de suministro de tecnología es bastante activo y los proveedores de tecnología están comercializando numerosos productos, la adopción sigue estando limitada, en gran medida, a las grandes empresas que operan en algunos sectores de la economía. En este contexto, el estado de la transformación digital varía sustancialmente entre los cuatro sectores industriales estudiados. Tres variables que explican los diferentes grados de desarrollo:

- **Alcance del negocio:** las empresas que forman parte de las cadenas de suministro globales (por ejemplo, las automotrices) tienden a presentar un mayor grado de digitalización que las focalizadas en el mercado doméstico.
- **Grado de integración vertical:** Las empresas que ocupan posiciones en más de un nodo o proceso de la cadena de suministro (por ejemplo, integración de transformación y distribución), aun si están enfocadas exclusivamente en el ámbito nacional, tienden a presentar un mayor avance en términos de transformación digital.
- **Nivel de competitividad:** las industrias más afectadas por las variables macroeconómicas internas y la competencia internacional (por ejemplo, la fabricación de productos textiles o calzado) tienden a estar más rezagadas en términos de la transformación digital de la cadena de suministro.

Todo ello determina que, de los cuatro sectores en estudio, el automotriz sea el más avanzado en lo que respecta a una visión e implementación de la transformación

Tabla 9-4. México: Nivel de importancia estratégica y de preparación para la transformación digital

Compañía	Importancia Estratégica	Nivel de Preparación
Multinacional A (Automotriz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La implementación de nuevas tecnologías es estratégica para la empresa. La corporación tiene una estrategia mundial a la que cada filial se adapta de acuerdo con el contexto del país.</li> <li>• La empresa cuenta con cuatro iniciativas que impulsan el desarrollo de nuevos vehículos y la implementación de nuevas tecnologías (energía limpia, cero emisiones, cero accidentes, conducción autónoma).</li> </ul>	ALTO
Multilatina A (Procesamiento de alimentos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La empresa tiene un plan basado en 12 pilares que definen la estrategia hacia 2020. De esos pilares, cuatro se centran en el uso de tecnologías 4.0 para mejorar la participación de mercado y la eficiencia de las operaciones.</li> <li>• El CEO actual tiene una agenda que define que, para 2020, la empresa ya debería estar utilizando tecnologías 4.0 como inteligencia artificial, <i>machine learning</i> y robótica.</li> </ul>	ALTO
Multinacional B (Procesamiento de alimentos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualmente la empresa no tiene una estrategia para introducir tecnologías 4.0 en ningún nivel de la organización.</li> </ul>	BAJO
Empresa Local A (Procesamiento de alimentos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si bien la empresa no tiene un plan global en relación con la Industria 4.0, está comenzando a desarrollar una visión para el futuro, incluyendo la implementación de nuevas tecnologías.</li> </ul>	BAJO
Empresa Local B (Textil)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La empresa no posee una estrategia o plan definido que aborde la implementación de las tecnologías 4.0.</li> </ul>	BAJO
Empresa Local C (Electrónica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La transformación digital de la cadena de suministro está siendo implementada como resultado de la presión competitiva.</li> </ul>	MEDIO
Multinacional C (Electrónica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si bien la empresa tiene un objetivo estratégico para reducir los costos logísticos, mejorando el uso de contenedores y camiones y la seguridad en el transporte, esto se traduce sólo parcialmente en la transformación digital de la cadena de suministro.</li> </ul>	BAJO

Fuente: Entrevistas

digital de la cadena de suministro. Le sigue el sector de procesamiento de alimentos, aunque con ciertas diferencias entre empresas —principalmente si se enfocan en el mercado doméstico o el internacional. Por su parte, con excepción de las maquiladoras orientadas a la exportación, la transformación digital del sector textil se encuentra rezagada principalmente debido a razones económicas estructurales (bajo costo de la mano de obra, que hace poco rentable la inversión en innovación). Finalmente, el sector de los electrodomésticos es el más rezagado, dado que su enfoque principal es el ensamble de kits importados, para lo cual no se requiere un alto grado de avance tecnológico.

La Figura 9-1 evidencia que también existen diferencias en el estado de transformación según tamaño de las empresas. Si bien los datos disponibles son algo antiguos (el Censo Económico es la última información disponible), se observa el mismo patrón que en los países avanzados y los países de América Latina aquí es-

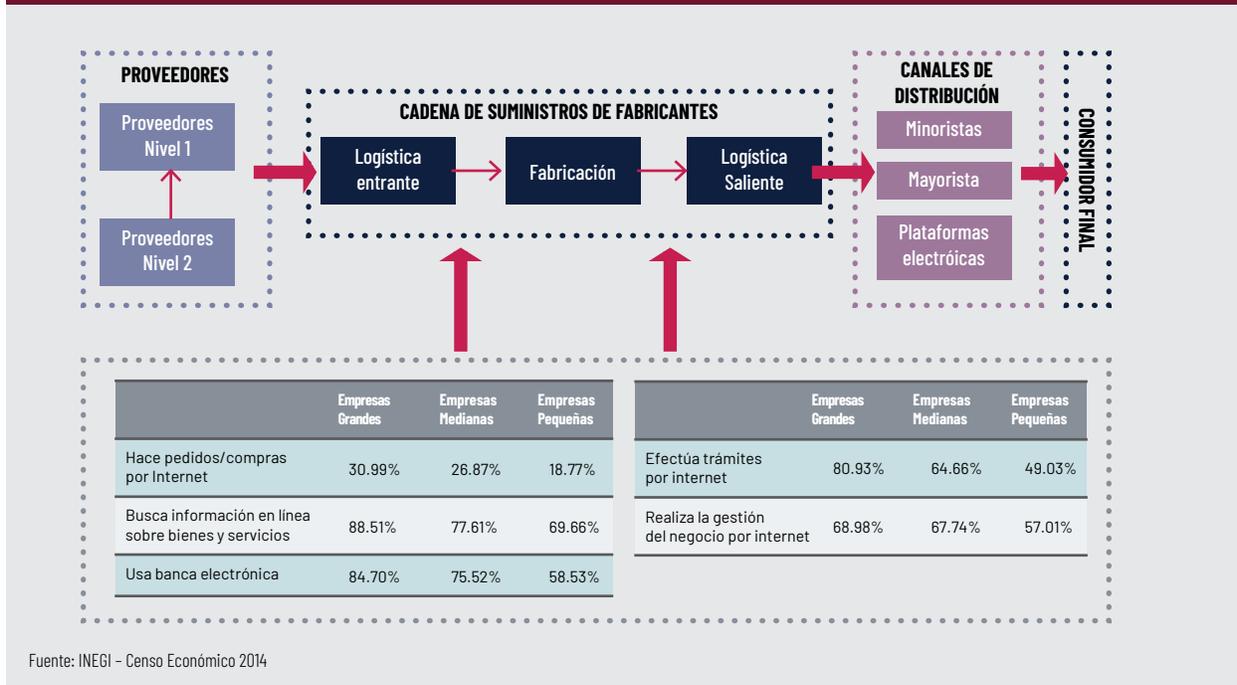
tudiados: las empresas más grandes poseen un mayor avance en materia de transformación digital.

Respecto al estado de la transformación digital desde el punto de vista de cadena de suministro, incluyendo los procesos y actores más allá de la manufactura, existen cuellos de botella en diferentes aspectos, resumidos en la Tabla 9-5.

Como se indica en la Tabla 9-5, los obstáculos más frecuentemente mencionados para la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 son:

- Una infraestructura de transporte limitada y con bajo nivel de integración digital;
- Proveedores de servicios logísticos y transportistas que con nulo o escaso nivel de adopción tecnológica, que representan un obstáculo en cuanto a su capacidad para integrarse digitalmente con los fabrican-

**Figura 9-1 México: Adopción de tecnología en la cadena de suministro (por tamaño de establecimiento)**



**Tabla 9-5. México: Adopción y dificultades para la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0**

Sector	Importancia Estratégica	Implementación en México	Desafíos de la cadena de suministro								
			Infraestructura de Transporte (*)	Limitaciones de Capital Humano	Resistencia Sindical	Infraestructura de Telecomunicaciones	Integración limitada con proveedores y distribuidores	Integración limitada con los proveedores de servicios logísticos	Organización interna de los silos	Disponibilidad de tecnología limitada	Coacción del Retorno de las Inversiones
Automotriz	Alto	Medio-Alto	A	M	B	M	M	M	M	A	A
Procesamiento de Alimentos	Medio	Bajo-Alto	A	A	B	M	A	B	M	A	A
Textil	Bajo	Bajo	M	M	B	A			M	M	A
Electrodomésticos	Bajo	Bajo-Medio	A		B			A	M	A	A

Referencia: A - Alto M - Medio B - Bajo  
Fuente: Entrevistas

tes (con la estructura fragmentada de la industria del transporte terrestre como factor principal);

- Limitaciones de capital humano: esta variable abarca no sólo a los empleados, sino también a la falta de preparación de la gerencia y su comprensión limita-

da de la dinámica y los beneficios potenciales de la transformación digital de la cadena de suministro;

- Integración limitada con proveedores y distribuidores: en estos segmentos, la preponderancia de PyMEs que poseen escasos recursos y preparación

**CADENA DE SUMINISTRO 4.0**

Mejores Prácticas Internacionales y Hoja de Ruta para América Latina

para la transformación digital constituye un obstáculo para toda la cadena de suministro; y

- Mayoritariamente, los entrevistados de empresas del sector privado han mencionado que el retorno de la inversión tecnológica avanzada en muchas áreas de la cadena de suministro, como los centros de distribución y embalaje, todavía no se corresponde con los bajos costos laborales, lo cual desincentiva la inversión (Ver Tabla 9-6).

Los indicadores económicos apoyan lo mencionado por los entrevistados. Los costos laborales por hora en México son de USD \$6,36, mientras que en Argentina estos alcanzan USD \$18,87, en Brasil USD \$11,20, en Estados Unidos US\$ 38 y en Canadá USD \$30,6<sup>89</sup>. Además de los costos laborales, otros factores microeconómicos también fueron evocados en el curso de las entrevistas para explicar parte del desafío de la transformación digital:

- **Factor Estructural:** muchas empresas mexicanas con grandes redes de distribución tienden a operar modelos descentralizados, basados en múltiples

pequeños centros de expedición para mitigar el riesgo de seguridad; en este sentido, la inversión tecnológica necesaria para apoyar la transformación digital se vuelve menos atractiva debido a falta de economías de escala.

- **Costos de Implementación:** el costo de implementación de nuevas tecnologías es mucho más elevado que en otros países, debido a los costos de consultoría y a los largos plazos para la estabilización tecnológica después de su implementación.
- **Planificación de la transformación digital:** la adopción de tecnología se lleva a cabo sin tener en cuenta la reingeniería de los procesos comerciales o la gestión del cambio, componentes esenciales de una estrategia de transformación digital<sup>90</sup>.
- **Influencia negativa de los proveedores de tecnología y los integradores de sistemas:** el mercado es influenciado por los actores que sobrevaloran los beneficios económicos y sobrestiman los resultados.

**Tabla 9-6. Observaciones con respecto al retorno de la inversión de la automatización**

Compañía	Observaciones
Empresa multilatina de procesamiento de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunas inversiones tienen un ROI "break even" de diez años, mientras que en Estados Unidos la misma tecnología registra un "break even" de dos años.</li> <li>• Proveedores (por ej. en el caso de insumos perecederos) no ven todavía el beneficio económico de inversión en tecnologías digitales avanzadas.</li> </ul>
Empresa multinacional automotriz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El bajo costo de salarios representa una de las barreras más importantes para la inversión en tecnologías digitales avanzadas. Aun así, las estrategias de las casas matrices y, en algunos casos, de los proveedores de primer nivel incentivan la adopción tecnológica.</li> <li>• Cuando se compara el ROI de inversión tecnológica en México con el de otros países, el horizonte de "break even" es mucho más largo en México.</li> </ul>
Empresa multilatina embotelladora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay claridad sobre el ROI de las nuevas tecnologías.</li> <li>• Los bajos márgenes de la industria atentan contra la inversión en tecnologías digitales avanzadas.</li> </ul>
Empresa multilatina textil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo de la tecnología en relación al costo de mano de obra no es ventajoso.</li> <li>• Falta de claridad en la estimación de ROI, donde los análisis todavía no justifican la inversión.</li> <li>• La empresa es consciente de responsabilidad social y, por lo tanto, protegemos las fuentes de trabajo en relación a la automatización.</li> </ul>
Empresa multinacional de electrodomésticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos de mano de obra son más bajos que en Asia y, por lo tanto, el ROI en inversión tecnológica es difícil de justificar.</li> </ul>
Empresa nacional textil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ha intentado introducir RFID y todavía no funciona porque el recurso humano es más barato. Sin embargo, esta brecha se está reduciendo: en 2005, la tecnología era 3-4 veces más cara que el recurso humano, hoy es 40%.</li> <li>• Se realizan pruebas piloto (por ej., uso de sorter o conveyors) para no perder la posibilidad futura de asimilación, aunque reconociendo la penalidad económica en el corto plazo.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

- **Dilema de los innovadores:** Es frecuente observar que, a partir de los índices de eficiencia de la industria, las empresas más innovadoras presentan costos superiores a los de las empresas menos automatizadas. A la luz de esto, algunas empresas mexicanas cuestionan la necesidad de llevar a cabo una transformación digital.
- Además de todos los factores examinados anteriormente, la transformación digital se enfrenta a barreras más convencionales, como las limitaciones presupuestarias y la resistencia al cambio<sup>91</sup>.

El resto de esta sección presenta los resultados de los análisis específicos por sector.

### 9.3.1. Sector Automotriz

El sector automotriz es el segundo contribuyente al PIB mexicano (2% del PIB y 18,3% de todo el sector manufacturero) detrás de la industria de procesamiento de alimentos. El sector es extremadamente dinámico y competitivo. El mismo ha crecido 4,6 veces más rápido que el PIB entre el 2016 y el 2017 y tiene presencia en múltiples regiones. México es el séptimo fabricante mundial de automóviles y el quinto fabricante de autopartes.

La inversión extranjera directa en el sector ha crecido, representando el 12% del monto total en el período 2000-2017 (66.677 millones de dólares, de los cuales 32.000 millones en los últimos siete años). Siguiendo esta tendencia, BMW, Daimler Benz y Toyota están planeando invertir en nuevas plantas en los próximos años. El sector de autopartes también ha ido creciendo y evolucionando, representando al momento un actor clave en la industria automotriz y habiendo asimismo aumentado su participación en otras cadenas de suministro globales, como la electrónica, el plástico y los textiles.

La asociación que nuclea a las empresas del sector desarrolló una Estrategia de Competitividad para el periodo 2018-2024, basada en cuatro pilares principales: 1) Fomentar el crecimiento y la modernización del mercado interior; 2) Mejorar las condiciones microeconómicas para hacer negocios; 3) Seguir trabajando en los acuerdos de comercio exterior, mejorando así el acceso a los mercados internacionales; y 4) Mejorar la innovación, aumentando la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D). En cuanto a la Industria 4.0, México es

consciente del reto que tiene por delante: la industria automotriz global está atravesando una transformación masiva y el sector mexicano tendrá que evolucionar para mantener su participación internacional en la cadena de suministro global. Los líderes de la industria ven esta transformación como un gran desafío que necesita ser abordado con la colaboración de los actores tradicionales y no tradicionales. Así, la industria está comenzando a trabajar con empresas tecnológicas que han desarrollado soluciones específicas para este sector. Dicho esto, si comparado con la situación en las economías avanzadas, el despliegue de Industria 4.0 dentro de la industria automotriz mexicana se encuentra en una etapa muy temprana aún.

Todas las empresas del sector automotriz y los proveedores de nivel 1 entrevistados poseen una estrategia de transformación digital que ha sido desarrollada en la casa matriz y que está siendo desplegada progresivamente en las subsidiarias. En este marco, las condiciones del mercado local dictan un enfoque de inversión más prudente para la transformación digital en México. Contrariamente a lo que se observó en otros países de América Latina como Argentina, no hay diferencia en el nivel de transformación digital entre las empresas que tienen capacidad de producción local para automóviles de gama media y las que fabrican alta gama. Ahora bien, la implementación de tecnologías 4.0 varía según la empresa, dependiendo principalmente del direccionamiento de la casa matriz y del liderazgo de la gerencia local (Ver Tabla 9-7).

### 9.3.2. Sector de Procesamiento de Alimentos

La diferenciación en el nivel de transformación digital de la cadena de suministro dentro de este sector es determinada por el grado de despliegue internacional de cada empresa. Las filiales de las empresas multinacionales extranjeras y las “multilatinas” tienen una estrategia clara de transformación digital, centrada en la integración de proveedores y distribuidores, mientras que las PyMEs se encuentran muy rezagadas (Ver Tabla 9-8)

### 9.3.3. Sector Textil

México es un importante productor textil, con una industria basada en bajos costos laborales relativos y proximidad geográfica a los Estados Unidos. El sector se ha desarrollado impulsado por el apoyo estatal. Por ejemplo, en diciembre de 2015, el Gobierno de México

Tabla 9-7. México: Adopción y desafíos a la transformación digital de la cadena de suministro automotriz

Compañía	Implementación	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Multinacional A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar para implementar soluciones telemáticas para ofrecer más servicios al cliente.</li> <li>• Integración con proveedores para enviar pedidos electrónicamente y gestionar inventarios en tiempo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertidumbre relacionada con la rene-gociación del TLCAN con Estados Unidos retrasa las inversiones en I+D.</li> <li>• Nivel de inversión más bajo en el segundo y tercer nivel de proveedores.</li> </ul>
Multinacional B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresa sólo tiene algunas iniciativas digitales que se evalúan de manera independiente, pero no forman parte de una agenda digital o plan estructurado.</li> <li>• Implementación de dos tecnologías principales: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Robótica para mejorar procesos de fabricación.</li> <li>– Vehículos automatizados para optimizar los movimientos de partes desde el almacén hasta las líneas de montaje.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de integración digital entre los fabricantes y los proveedores de segundo y tercer nivel. Se están realizando esfuerzos especiales para ayudar a los proveedores del nivel 2 a implementar nuevas tecnologías y mejorar su acceso a la innovación.</li> <li>• <i>Push</i> del mercado: Los costos de fabricación y administrativos son aún más altos para satisfacer las tendencias de la demanda. El mercado está exigiendo vehículos mejores y más seguros a precios más bajos. Se requiere una mayor innovación a nivel de fabricación.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

anunció un programa especial para fortalecer la industria textil. El propósito principal de este programa fue proteger la industria local contra la falsificación de productos provenientes de Asia e incrementar el acceso a financiamiento de las PyMEs del sector, por medio de los bancos de desarrollo mexicanos (BANCOMEXT y NAFIN). Ahora bien, la dependencia de la protección estatal, combinada con el bajo costo laboral, resultaron en una falta de incentivos para estimular las inversiones en tecnologías digitales que incrementaran la competitividad del sector. Es por ello, que el sector textil demuestra un bajo nivel de preparación para la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 (Ver Tabla 9-9).

#### 9.3.4. Sector de Electrodomésticos

El sector mexicano de electrodomésticos está compuesto principalmente por ensambladores de kits provenientes de países asiáticos, con muy baja producción local. En consecuencia, la dinámica del sector se

encuentra fuertemente influenciada por los posibles efectos derivados de acuerdos de libre comercio, como el TLCAN y la Alianza del Pacífico. En este contexto, la transformación digital no es una prioridad sectorial. Ahora bien, mencionan la necesidad de implementar tecnologías para incrementar la seguridad del transporte terrestre y prevenir eventuales robos, así como optimizar la operación de transporte y reducir sus costos.

Las empresas entrevistadas en tres de los cuatro sectores tienen planes para acelerar la transformación digital de la cadena de suministro en los próximos tres a cinco años, haciendo hincapié en promover la integración digital con proveedores y distribuidores (véase el Tabla 9-11).

#### 9.4. Facilitadores de la cadena de suministro

De la revisión de fuentes secundarias y la recolección de datos mediante entrevistas, se identificó una serie de

**Tabla 9-8. México: Adopción y desafíos a la transformación digital de la cadena de suministro de procesamiento de alimentos**

Compañía	Implementación	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Multilatina A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En 2010 se comenzaron a implementar nuevos procesos y tecnologías en la cadena de suministro, incluyendo:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Soluciones avanzadas de planificación de operaciones y ventas</li> <li>– Solución para gestionar el transporte de los proveedores de nivel 1</li> <li>– Sistemas de gestión de almacenes                   <ul style="list-style-type: none"> <li>– Soluciones de telemetría y GPS para control de información en tiempo real de camiones.</li> <li>– Uso de la robótica en centros de distribución para preparar envíos.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de capital para proyectos tecnológicos. El capital se ha concentrado en las nuevas adquisiciones de empresas fuera de México.</li> <li>• Generar casos de negocio que demuestren los beneficios de la implementación de nuevas tecnologías.</li> <li>• Cambio cultural del equipo directivo. Es difícil convencer a la dirección de la importancia que tiene invertir en nuevas tecnologías.</li> <li>• Integrarse con los proveedores, que necesitan invertir en nuevas tecnologías. Los proveedores no ven los beneficios de una integración digital, por lo que no invierten en ello.</li> <li>• Integrarse digitalmente con los clientes.</li> </ul>
Multinacional B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de Planificación de Recursos Empresariales (ERP).</li> <li>• Gestión de ventas y planificación de operaciones mediante una plataforma para la región (Estados Unidos, México y Brasil).</li> <li>• Disponibilidad de plataforma que integra a todos los proveedores globales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración con proveedores locales, especialmente con PyMEs que no disponen de la tecnología necesaria para integrar datos sobre inventario y enviar pedidos electrónicos.</li> <li>• Necesidad de implementar nuevas aplicaciones que ayuden con la planificación de la cadena de suministro: producción, inventario y planificación del transporte.</li> <li>• Los problemas de seguridad en las rutas añaden costos adicionales de transporte, pero, paradójicamente, incentivan a la adopción de tecnología, ya que tienen que enviar un camión acompañado de un vehículo de seguridad y con GPS para reducir el robo de carga.</li> </ul>
Empresa Local A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El enfoque hasta ahora se ha centrado en la integración con clientes y proveedores:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aplicación de Inventario Gestionado de Proveedores (VMI) con clientes principales (el 90% de la producción va a estas empresas), que son empresas internacionales de bebidas que requieren Inventario Gestionado de Proveedores para comprobar inventarios y planes de producción.</li> <li>– Aplicación del Inventario Gestionado de Proveedores implementada con los proveedores más importantes.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todavía hay que trabajar para mejorar la integración con proveedores y distribuidores minoristas:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Terminar la integración con proveedores y minoristas para que los proveedores puedan ver el inventario en línea, y reponer automáticamente cuando sea necesario.</li> <li>– Mejorar la colaboración con minoristas y proveedores, especialmente con las PyMEs locales que tienden a no compartir información.</li> </ul> </li> </ul>

Fuente: Entrevistas

Tabla 9-9. México: Adopción y desafíos a la transformación digital de la cadena de suministro textil

Compañía	Implementación	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Empresa Local B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas automatizados que controlan las líneas de producción para reducir los tiempos de baja fabricación, aplicaciones para mantenimiento preventivo y sistema de ERP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de claridad respecto del ROI en nuevas tecnologías.</li> <li>La empresa es muy consciente del impacto social de la eliminación de puestos de trabajo como resultado de la automatización. Por tanto, los beneficios de la introducción de nuevas tecnologías que reduzcan el empleo deben ser muy altos y claros para poder proceder.</li> <li>La eliminación de puestos de trabajo con robots es solo realizada si el retorno a la inversión se genera en menos de seis meses.</li> </ul>
Empresa Local C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algoritmos para optimizar el inventario y generar instrucciones de entrega para 80.000 productos.</li> <li>Trazabilidad de vehículos generada por un sistema de gestión del transporte y GPS.</li> <li>Clasificadores (<i>sorters</i>) automáticos.</li> </ul>	

Fuente: Entrevistas

Tabla 9-10. México: Adopción y desafíos a la transformación digital de la cadena de suministro de electrodoméstico

Compañía	Implementación	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Multinacional C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solución que optimiza las cargas de contenedores y camiones para poder reducir el número de camiones para las operaciones de importación/exportación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguridad en el transporte: Los delincuentes están utilizando un dispositivo que desactiva el GPS del camión; por lo tanto, se ha implementado un sistema que envía una señal cuando el GPS del camión está desactivado, ayudando así a reducir el número de camiones con incidentes.</li> <li>Proveedores de servicios de transporte con escasa adopción de tecnología para incrementar la visibilidad en el transporte.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

objetivos prioritarios para potenciar la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0, resumidos en la Figura 9-2.

#### 9.4.1. Infraestructura

La necesidad de mejorar la infraestructura de transporte es un objetivo de alta prioridad para todos los entrevistados. Si bien a través del Programa de Inversión para la Infraestructura de Transporte y Comunicaciones 2013-2018 se realizaron mejoras en la infraestructura del país, esto no se ha traducido en una mejora en la posición de México en los rankings internacionales, especialmente en lo que respecta a la calidad de la infraestructura ferroviaria, portuaria y aeroportuaria (Ver Figura 9-3).

Como se indica en la Figura 9-4, el índice de calidad de la infraestructura ha venido disminuyendo en casi to-

dos sus tipos (red vial, puertos y transporte aéreo). Esta situación es consistente con los datos de una encuesta nacional realizada entre los usuarios y proveedores de servicios logísticos. Según esta encuesta, después de la seguridad, la infraestructura es la segunda prioridad para la mejora de la logística en el país (ver Gráfico 8-3). Al igual que en los demás países de la América Latina analizados en este estudio, el déficit de infraestructura hace que se identifique como prioridad la necesidad de avanzar en cierre de esta brecha, relegando la adopción de tecnología para un segundo momento.

#### 9.4.2. Proveedores de servicios logísticos

De acuerdo con el índice de calidad y competencia logística incluido en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, México está ubicado en la posición 52, con un valor de 3,02 puntos sobre 5. Esto coloca al

Tabla 9-11. México: Planes futuros para la transformación digital de la cadena de suministro

Sector	Compañía	Planes Futuros
Automotriz	Multinacional A	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Mejorar la integración electrónica con proveedores.</li> <li>•Tecnología para reducir los costos logísticos.</li> <li>•Tecnología para mejorar “Just in time” con los proveedores.</li> </ul>
	Multinacional D	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evaluación de dos proyectos: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Uso de drones para controlar inventario.</li> <li>– Uso de inteligencia artificial para mantenimiento predictivo.</li> </ul> </li> </ul>
Procesamiento de Alimentos	Multilatina A	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Digitalización de procesos de fabricación para obtener datos en tiempo real de unidades producidas y materias primas consumidas.</li> <li>•Mejorar la integración en los procesos de planificación de la cadena de suministro con clientes y proveedores.</li> <li>•Implementar sistemas móviles para el equipo de ventas, para introducir requerimientos diarios en tiempo real.</li> <li>•Uso de inteligencia artificial para mantenimiento predictivo.</li> <li>•Uso de inteligencia artificial para predecir el inventario necesario en cada punto de venta minorista y disminuir así la tasa de devolución.</li> </ul>
	Multinacional B	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Implementar un sistema de proyección de demanda que está siendo utilizado actualmente en la subsidiaria europea.</li> <li>•Implementar una plataforma para integrarse con los principales distribuidores minoristas para compartir datos sobre inventarios .</li> <li>•Implementar una solución de optimización de la planificación táctica.</li> <li>•Mejorar el nivel de servicio al cliente en todos los canales (con el objetivo de reducir stock).</li> <li>•Mejorar la integración con operadores logísticos.</li> </ul>
	Empresa Local A	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Integración completa con proveedores y distribuidores para lograr la gestión de inventario en tiempo real (la integración con las PyMEs es más difícil porque tienden a no compartir datos internos).</li> </ul>
Textiles	Empresa Local C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuar testeando un sistema de RFID.</li> <li>• Adopción de UMV y drones en los centros de distribución en los próximos cinco años.</li> <li>• A corto plazo, se hace hincapié en los sistemas de planificación y en la reingeniería de procesos.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

país en la 4<sup>o</sup> posición dentro de las naciones de América Latina (ver Tabla 9-12).

Ahora bien, al interior del sector existen importantes diferencias de desempeño y, en particular, de adopción de tecnología. Por un lado, las empresas grandes, en su mayoría multinacionales, están avanzando en la implementación de tecnología a fin de mejorar la calidad del servicio, reducir costos de operación y brindar mayor seguridad al

cliente en relación con el estado de su carga. Uno de los proveedores de servicios logísticos entrevistados señaló, por ejemplo, que la empresa está implementando: a) automatización de procesos industriales usando SCADA (Control Supervisor y Adquisición de Datos) y *big data*, b) trazabilidad total de 11.000 unidades en inventario, c) utilización de camiones eléctricos, y d) implementación de robots autónomos. Al igual que las empresas logísticas analizadas en las economías avanzadas, la compañía

Figura 9-2 Objetivos prioritarios en los facilitadores de la cadena de suministro

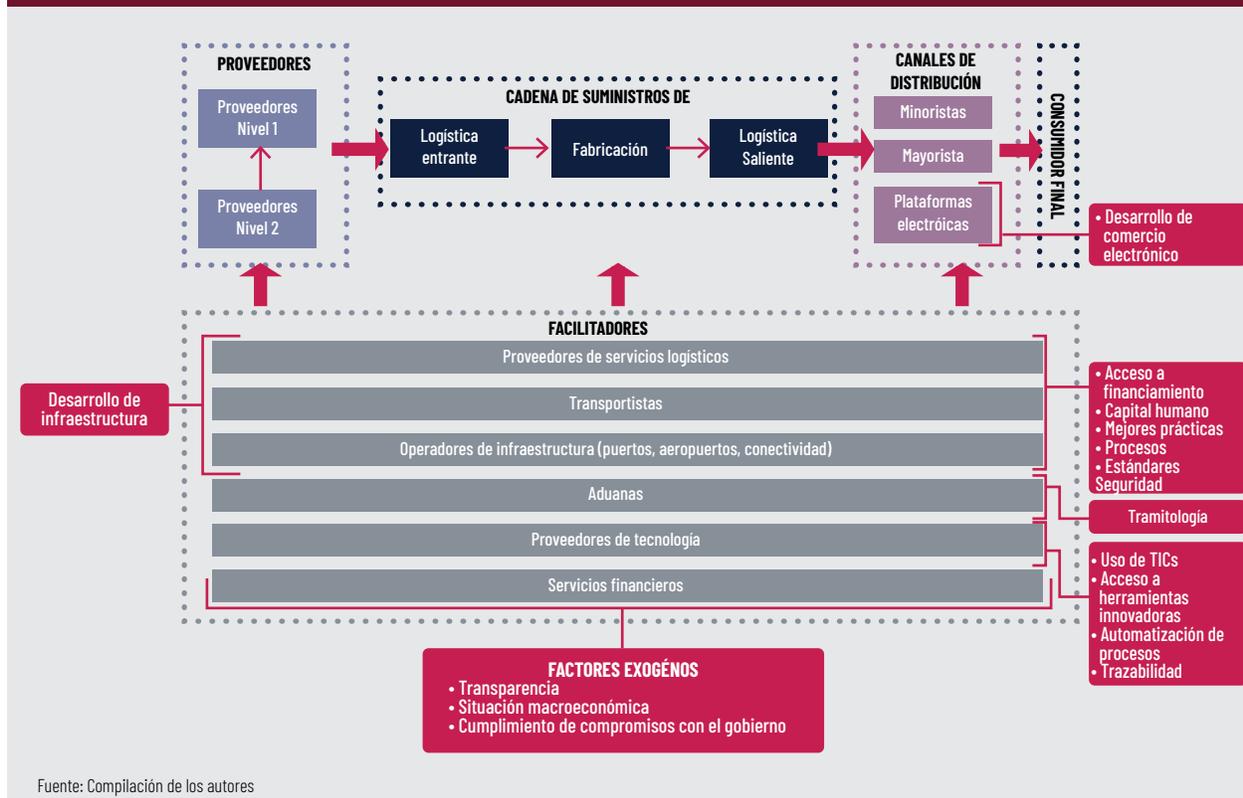
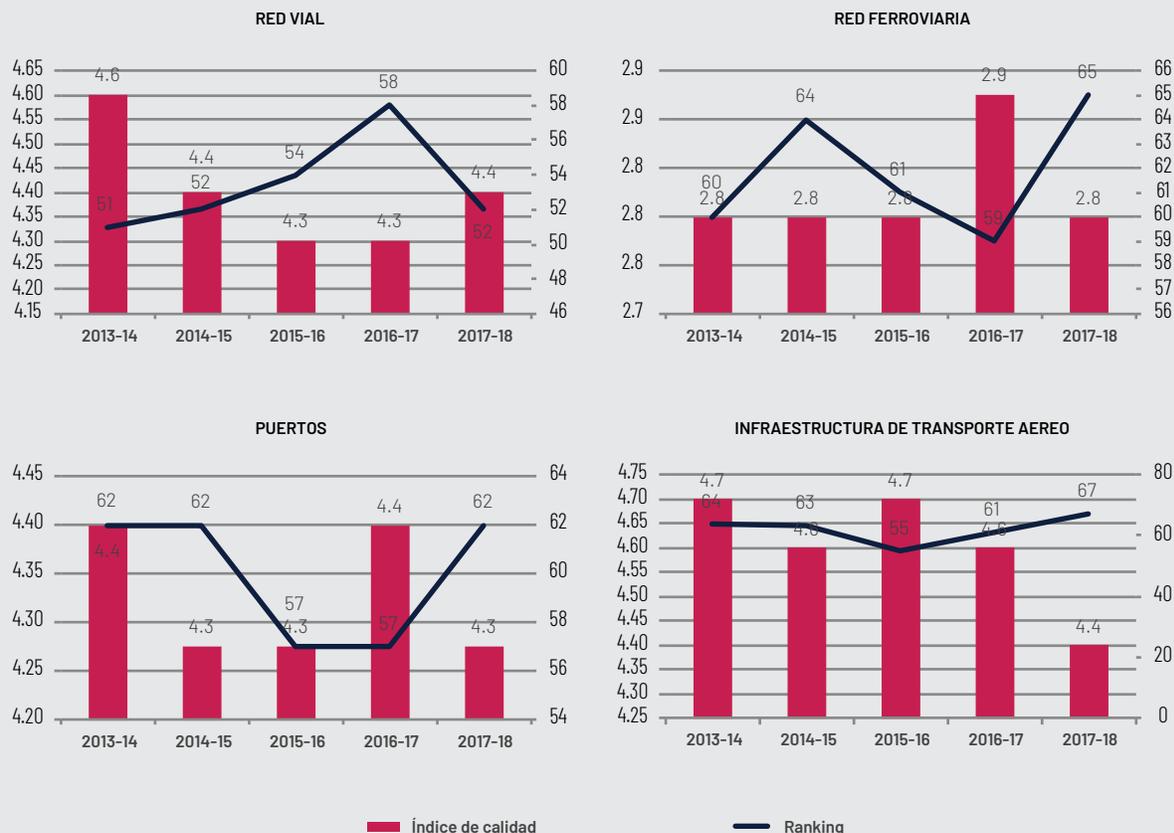


Tabla 9-12. América Latina y el Caribe: Índice de Calidad y Competencia Logística (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking América Latina y Caribe
Argentina	2,78	68	6
Bahamas	2,27	130	16
Bolivia	2,21	139	17
Brasil	3,09	46	3
Chile	3,13	43	2
Colombia	2,87	56	5
Costa Rica	2,70	79	11
Cuba	2,20	143	20
República Dominicana	2,44	108	14
Ecuador	2,75	70	7
El Salvador	2,56	91	12
Guatemala	2,25	136	18
Honduras	2,72	75	8
Jamaica	2,54	94	13
México	3,02	52	4
Panamá	3,33	35	1
Paraguay	2,72	76	9
Perú	2,42	110	15
Uruguay	2,71	78	10
Venezuela	2,21	141	19

Fuente: Banco Mundial. 2018 índice de Desempeño Logístico

**Figura 9-3 México: Índice de Calidad y Ranking de Infraestructura (2013-2018)**


Nota: 1) Calidad de la red vial es medida por un índice agregado compuesto por un indicador de la velocidad promedio de un itinerario de conducción que conecte las 10 ciudades más grandes de una economía representando al menos el 15 por ciento de la población total de la economía, una medida de calidad vial, y una pregunta subjetiva: "En su país, cómo es la calidad (extensión y condición) de la infraestructura viaria [1 = extremadamente pobre—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente bueno—entre los mejores del mundo]"

2) La calidad de los ferrocarriles está medida por un índice compuesto que promedia los kilómetros de ferrocarril por 1000 kilómetros cuadrados de territorio (datos del Banco Mundial), y una pregunta subjetiva: "En su país, ¿qué tan eficiente (i.e., frecuencia, puntualidad, velocidad, precio) son los servicios de transporte ferroviario? [1 = extremadamente ineficiente—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente eficiente—entre los mejores del mundo]"

3) Calidad de los puertos es medida por un índice compuesto que incluye el número de buques que atracan en puertos del país, su capacidad de porta-contenedores, el tamaño máximo de los buques, el número de servicios y el número de empresas que despliegan buques portacontenedores en los puertos de un país (UNCTAD), y una pregunta subjetiva: "En su país, cuán eficientes (i.e., frecuencia, puntualidad, velocidad, precio) son los servicios portuarios (transbordadores, barcos) (para los países sin litoral: evaluar el acceso a los servicios portuarios) [1 = extremadamente ineficiente—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente eficiente—entre los mejores del mundo]"

4) La calidad de la infraestructura de transporte aéreo es medida en base a un índice compuesto del indicador de conectividad aeropuertos generado por IATA que mide el grado de integración de un país en la red mundial de transporte aéreo y una pregunta subjetiva: "En su país, ¿cuán eficientes son los servicios de transporte aéreo (p. ej., frecuencia, puntualidad, velocidad, precio)? [1 = extremadamente ineficiente—entre los peores del mundo; 7 = extremadamente eficiente—entre los mejores del mundo]"

Fuente: Recopilación del Foro Económico Mundial. Reporte de Competitividad Global

está adquiriendo *start-ups* para obtener acceso a nuevas tecnologías. Actualmente, entre las prioridades de la empresa se cuentan la integración digital entre fabricantes y distribuidores, la mejora de los sistemas de trazabilidad y el desarrollo del capital humano en el área de robótica.

Del otro lado se encuentra una gran mayoría de PyMEs y pequeños transportistas terrestres, que carecen de los recursos necesarios para la reconversión tecnológica (Ver Gráfico 8-4). Según los entrevistados, esta situación, junto con la baja

disponibilidad y el alto costo de las tecnologías en el mercado mexicano, constituyen obstáculos clave para avanzar en transformación digital de las cadenas de suministro.

Como lo indican los datos del Gráfico 9-4, en México existen pocas empresas de transporte terrestre con escala suficiente para llevar a cabo una transformación digital. En este contexto, algunos proveedores de servicios logísticos señalaron la necesidad de trabajar con las asociaciones de transportistas, para incentivar

Figura 9-4 México: Prioridades logísticas

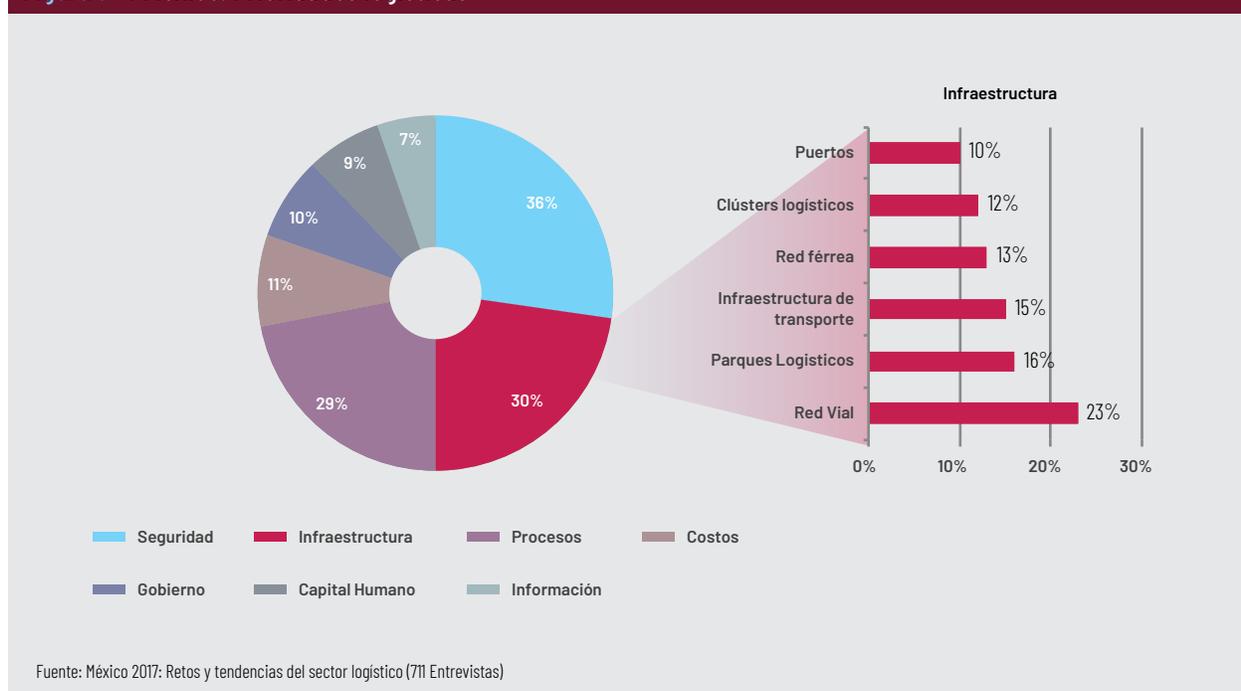
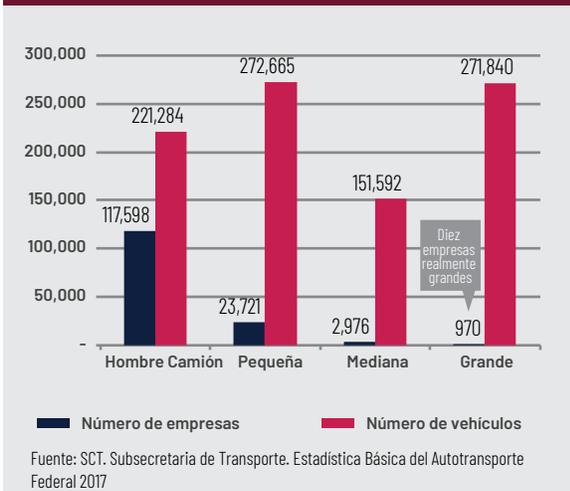


Tabla 9-13. América Latina y el Caribe: Índice de Eficiencia Aduanera (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking América Latina y Caribe
Argentina	2,42	98	11
Bahamas	2,68	61	5
Bolivia	2,32	117	15
Brasil	2,41	102	13
Chile	3,27	32	1
Colombia	2.61	75	8
Costa Rica	2.63	70	7
Cuba	2.03	143	19
República Dominicana	2.41	103	14
Ecuador	2.80	48	3
El Salvador	2.30	120	16
Guatemala	2.16	132	18
Honduras	2.24	125	17
Jamaica	2.42	99	12
<b>México</b>	<b>2.77</b>	<b>53</b>	<b>4</b>
Panamá	2.87	45	2
Paraguay	2.64	68	6
Perú	2.53	86	9
Uruguay	2.51	87	10
Venezuela	1.79	156	20

Fuente: Banco Mundial. 2018 índice de Desempeño Logístico

**Gráfico 9-4. México: Estructura de la industria de transporte terrestre (2018)**



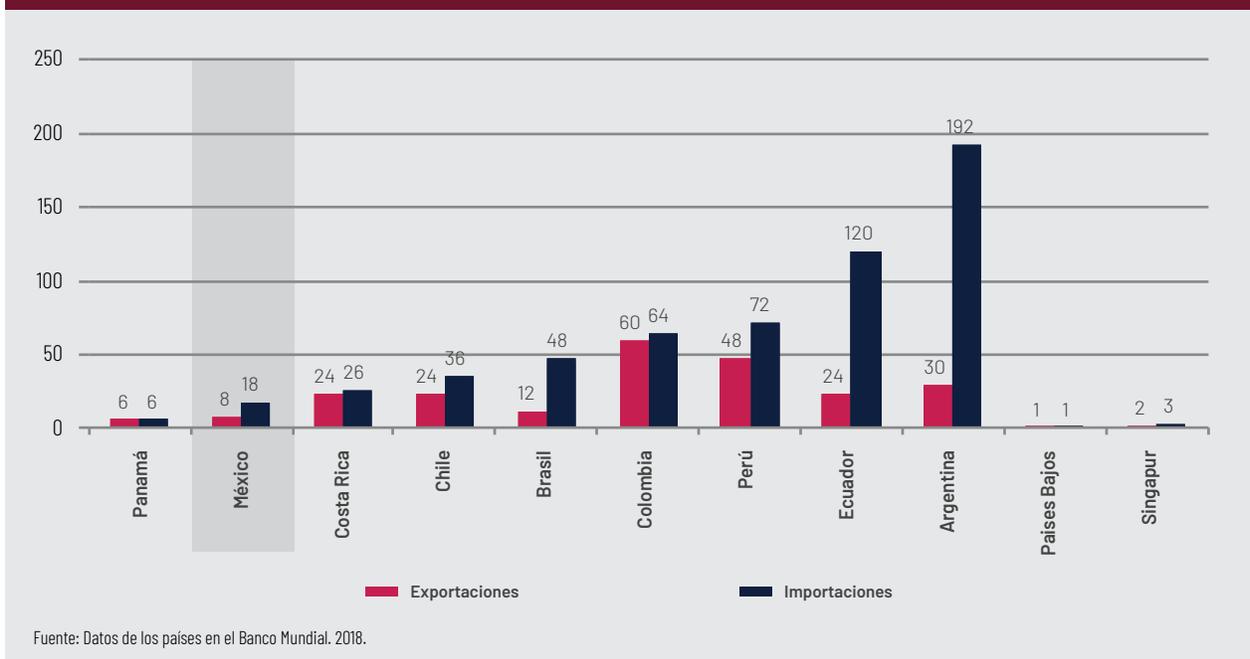
la transformación en este segmento conformado por un gran número de PyMEs y así poder lograr una masa crítica. Para el caso en el que existen sistemas informáticos, los entrevistados señalaron la necesidad de mejorar la interoperabilidad entre los mismos, en especial cuando intervienen operadores de transporte marítimo, ferroviario y de carretera. En efecto, mencionan que es frecuente que cada empresa utilice un sistema diferen-

te y no interoperable, lo que impide lograr trazabilidad a lo largo de todo el proceso logístico. Finalmente, resaltaron la necesidad de incorporar normas y reglamentos para apoyar la adopción de nuevas tecnologías.

**9.4.3. Aduanas**

De acuerdo con el subíndice de eficiencia aduanera y gestión fronteriza, incluido en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, México se encuentra en la 53° posición con un valor de 2,77 sobre 5, habiendo mejorado 9 posiciones respecto al año 2007 (puesto 62). Esto coloca al país en la cuarta posición dentro de los países de América Latina (Ver Tabla 9-13). Los avances en materia de simplificación y digitalización de procesos de control aduanero y la implementación de la VUCE han tenido un importante impacto en el mejor posicionamiento del país a nivel internacional. De este modo, según el análisis *Doing Business 2018* del Banco Mundial, el tiempo requerido por México para los procedimientos de cumplimiento de los documentos de exportación e importación es mucho más corto que el requerido en algunos países latinoamericanos (Costa Rica, Chile, Colombia, Perú, Ecuador y Argentina), aunque todavía es significativamente más largo que en los países de “clase mundial” (Países Bajos, Singapur) (ver Gráfico 9-5).

**Gráfico 9-5 América Latina y Países de “Clase Mundial”: Tiempo requerido para procesamiento de documentos de comercio exterior (2018) (horas)**



## 9.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro

México es, junto con Brasil, el único país de América Latina que ha implementado un programa de Industria 4.0. Encabezado por el Ministerio de Economía, el programa se centra en el desarrollo del capital humano, la identificación de áreas tecnológicas de alta prioridad (big data, IoT, ciberseguridad y robótica), el desarrollo de un marco jurídico para la economía digital y la creación de centros de desarrollo tecnológico. Si bien ningún programa gubernamental nacional en México se centra, de modo más amplio, en fomentar la transformación digital de toda la cadena de suministro, hay una serie de iniciativas que pueden tener una influencia positiva en la misma (Ver Figura 9-4)

En paralelo con estos planes nacionales, existen numerosas iniciativas multisectoriales basadas en la coordinación pública y privada orientada a fomentar la transformación digital de la producción y de la cadena de suministro.

### 9.5.1. Políticas de apoyo a la innovación manufacturera

El programa Industria 4.0 ha definido una serie de esfuerzos orientados a la promoción de la innovación manufacturera en sectores estratégicos clave. El programa está estructurado en tres ejes:

- Despliegue de centros de Investigación y Desarrollo (I+D) centrados en tecnologías de la Industria 4.0 aplicadas a sectores estratégicos clave;
- Creación de ecosistemas innovadores; y
- Organización de segmentos de competitividad.

Hasta el momento, se han identificado 97 centros de I+D, ubicados alrededor de las principales zonas manufactureras<sup>92</sup> y basados en el esfuerzo combinado de los sectores público y privado (de los 97 centros, 12 son patrocinados por el sector privado) (Ver Tabla 9-14).

**Figura 9-4 México: Iniciativas del sector público que contribuyen a la transformación digital de la cadena de suministro**

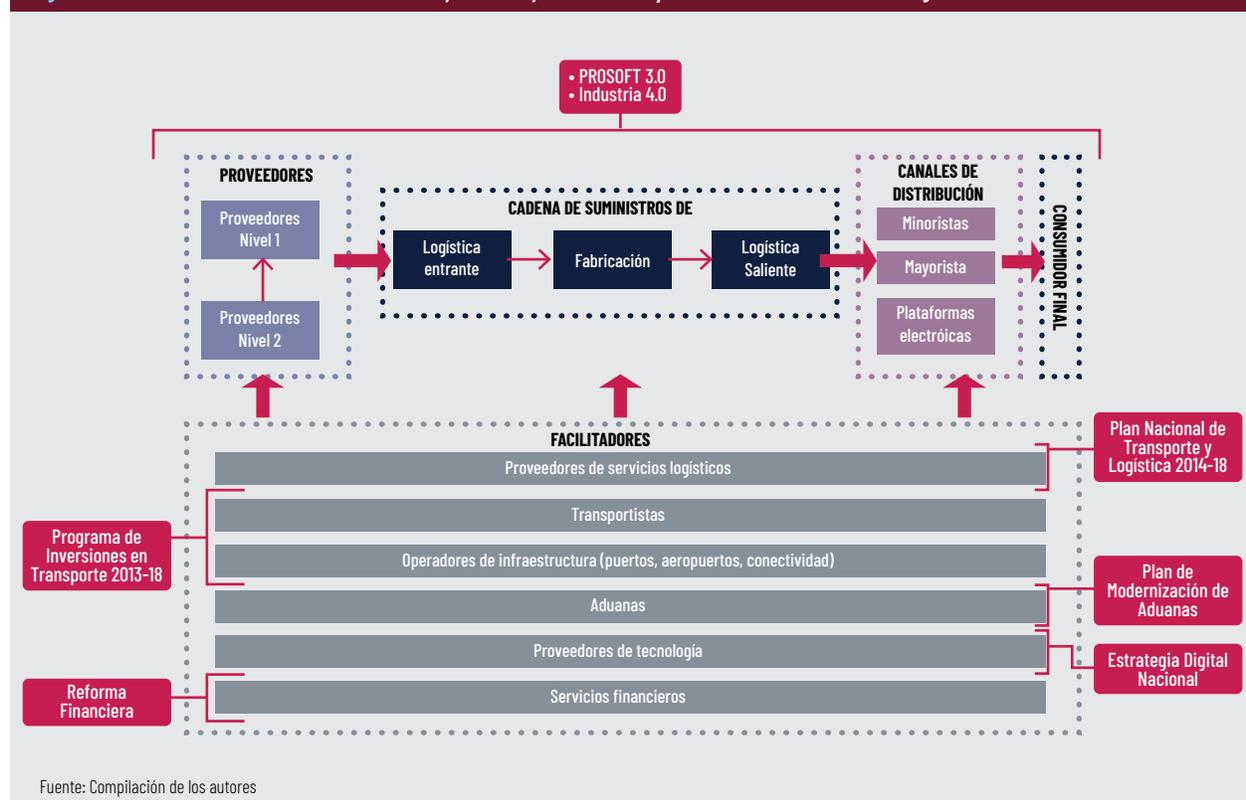


Tabla 9-14. México: Centros de Investigación y Desarrollo (I+D) enfocados en sectores productivos (Ejemplos)

Estado	Número de Centros		Focos Industriales
	Público	Privado	
Aguascalientes	3	1	Automotriz, producción y tecnologías de la información
Baja California	3	0	Automotriz, tecnologías de la información, agricultura, energía, tecnología industrial, salud, materiales de avanzada.
Campeche	1	0	Materiales de avanzada, metalúrgica
Chiapas	1	0	Tecnología industrial y energía renovable
Chihuahua	1	0	Energía renovable y electrónica
Coahuila	1	0	Manufactura, materiales de avanzada y metalúrgica
Durango	2	0	Espacio aéreo, energía, tecnología industrial, materiales de avanzada, metalúrgica, energía renovable, forestal
Cdad. de México	21	0	Automotriz, producción, tecnologías de la información, espacio aéreo, energía, tecnología industrial, salud, materiales de avanzada, metalúrgica, energías renovables, biotecnología, electrónica, nanotecnología.
Estado de México	2	1	Automotriz, energía
Guanajuato	4	0	Producción, tecnologías de información, salud, metalúrgica, energía renovable, electrónica, energía, alimentos.
Hidalgo	2	0	Producción, tecnologías de la información, electrónica, químicos
Jalisco	2	0	Tecnologías de la información, energía renovable, alimentación, biotecnología, electrónica, farmacéutica
Morelos	5	0	Tecnologías de la información, tecnología industrial, materiales avanzados, energía renovable, biotecnología, energía, electrónica, educación, medicina
Michoacán	1	0	Producción, materiales avanzados
Nuevo León	1	0	Automotriz, fabricación, espacio aéreo, tecnología industrial, materiales avanzados, metalúrgica, energía renovable, biotecnología, electrónica, polímeros, nanotecnología
Puebla	1	1	Tecnologías de la información, espacio aéreo, electrónica, producción
Querétaro	8	2	Automotriz, producción, espacio aéreo, energía, tecnología industrial, materiales avanzados, energía renovable, electrónica, biotecnología, educación, medio ambiente
San Luis Potosí	2	0	Automotriz, producción, tecnología industrial, materiales avanzados, metalúrgica, alimentación, educación
Nayarit	1	0	Tecnologías de la información
Oaxaca	1	0	Energía renovable
Tabasco	2	0	Producción, metalúrgica, biotecnología, hidrocarburos, medio ambiente
Tamaulipas	2	0	Tecnologías de la información, materiales avanzados, biotecnología
Tlaxcala	1	0	Biotecnología
Veracruz	2	1	Producción, educación, tecnologías de la información, energía, biotecnología
Yucatán	2	0	Producción, tecnologías de la información, energía, energía renovable, electrónica
Zacatecas	1	0	Tecnologías de la información

Fuente: PROMEXICO. Industria 4.0: La cuarta revolución industrial es aquí, pp. 20-21.

Adicionalmente, con el propósito de crear ecosistemas innovadores, el Ministerio de Economía está desplegando 17 Centros de Innovación Industrial. Reflejando el ejemplo de los centros tecnológicos de Estados Unidos, analizados en el Capítulo 3, estos centros combi-

nan un enfoque orientado al mercado, para desarrollar aplicaciones tecnológicas innovadoras, prestar servicios requeridos por la industria y formar capital humano especializado. El programa lanzó originalmente tres pilotos (Centro de Innovación y Diseño en Puebla, Cen-

tro de Innovación Industrial en Nuevo León, y Centro de Innovación Industrial en Sonora) y está en proceso de crear nuevos centros (Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Ciudad de México, Colima, Jalisco, Nuevo León, Querétaro y Tamaulipas). Las industrias abordadas en los centros incluyen el sector automotriz, la agricultura y el sector textil. En particular, los centros de Chihuahua, Nuevo León, Jalisco y Querétaro formarán parte de clústeres regionales de competitividad<sup>93</sup>.

Además de este esfuerzo, se han puesto en marcha varias iniciativas de colaboración público-privada para mejorar las capacidades de la fuerza de trabajo. Por ejemplo, Volkswagen, en colaboración con la Universidad Autónoma de Puebla y el Gobierno del Estado de Puebla, construyó el Complejo Institucional de Formación e Innovación Automotriz en San José Chiapa, cuyo objetivo es formar ingenieros y técnicos en áreas relacionadas con la industria automotriz del futuro<sup>94</sup>.

### 9.5.2. Programas de mejora de la infraestructura vial, ferroviaria y de telecomunicaciones

Sobre las bases del Programa de Inversión en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones, implementado entre 2013 y 2018, el país avanzó en el fortalecimiento y la modernización de su infraestructura. Sin embargo, como evidenciado en la posición del país en los rankings internacionales, la brecha por cubrir es aún muy significativa. Como materialización de la prioridad de cerrar esta brecha, el Programa se centra en las inversiones de infraestructura, haciendo muy limitada mención a la adopción de tecnología, incluyendo la necesidad de ampliación de la red de telecomunicaciones, la dotación de banda ancha en sitios públicos y la mejora de los servicios satelitales y TICs para el sector de infraestructura y transporte.

### 9.5.3. Programas y planes para la mejora de la logística

Complementando el programa de Industria 4.0, la principal iniciativa centrada en fomentar la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 es el esfuerzo desplegado por el Ministerio de Economía bajo la Estrategia Logística Proméxico. La Estrategia se compone de cuatro ejes:

- Optimización y homologación de los marcos normativos y operativos en las aduanas;

- Programa de normalización y certificación para la industria logística nacional;
- Creación de un ecosistema que permita el diseño de estrategias sectoriales colaborativas; y
- Diseño de una estrategia nacional de logística 4.0.

La Estrategia contempla la integración de la logística con tecnologías digitales avanzadas (sensores, logística en la nube, vehículos autónomos, etc.) dentro de un Plan Nacional de Digitalización de la Logística, y cuenta con el apoyo de cuatro centros de investigación. En 2018, fue creada la Comisión Nacional de Coordinación Logística con el propósito de establecer los vínculos interfuncionales necesarios para aplicar dicha Estrategia, cuyo objetivo es posicionar a México entre los 20 primeros países en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial.

En otro ejemplo de colaboración entre los sectores público, privado y académico con miras al desarrollo de la logística, el Clúster de Innovación Logística de Querétaro es una iniciativa impulsada por el Estado y dirigida a promover la colaboración para desarrollar soluciones logísticas innovadoras<sup>95</sup>. La entidad reúne a 10 empresas privadas, instituciones académicas (Universidad Tecnológica de Querétaro, Instituto de Tecnología de Monterrey, Instituto Mexicano de Transporte) y representantes del sector público (Gobierno del Estado de Querétaro, Secretaría Federal de Desarrollo Sostenible). El clúster se centra en las industrias aeroespacial, automotriz y de tecnología de la información.

### 9.5.4. Programas para mejorar la facilidad de hacer negocios

La Estrategia Digital Nacional de México fue elaborada como un plan de acción destinado a construir un México Digital, en el que la tecnología y la innovación contribuyen al logro de los objetivos de desarrollo del país. Este plan de acción corresponde al Objetivo 5 del Programa para un Gobierno Cercano a los ciudadanos y Moderno, y está derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND). Uno de los cinco ejes de la estrategia se centra en la adopción de tecnología para transformar el gobierno. Esto incluye la creación de las bases de interoperabilidad de sistemas de gobierno electrónico para mejorar la prestación de servicios públicos.

## NOTAS:

79. Fuente: Banco Mundial

80. Fuente: INEGI, Cuentas Nacionales

81. Foro Económico Mundial (2018). *Informe de Competitividad Global 2018*. Ginebra.

82. Foro Económico Mundial (2014). *Informe de Competitividad Global 2014-2015*. Ginebra.

83. Esta estadística se basa en la última fuente publicada: INEGI – Censo Económico 2014

84. Fuente: Euromonitor (2018).

85. Fuente: INEGI – Censo Económico 2014.

86. Fuente: Banco Mundial. La OCDE estima que esta medida es del 0,5%, porque excluye los fondos nacionales para Investigación y Desarrollo (I+D) realizados fuera de la economía nacional. (Ver <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>)

87. Fuente: Cámara Textil Mexicana

88. Siemens. *Digitalización: Tendencias y perspectivas para Argentina 2017*, p. 16.

89. El promedio de costos laborales por hora para los pares mexicanos es de USD \$18.7. (Fuente: Deloitte. Índice Global de Competitividad Manufacturera 2016)

90. Katz, R., Dougal, P, de Urquiza, S., y Fisch, R. *Ecosistemas digitales: Innovación y disrupción en América Latina*. Miami: Ga Center of Digital Transformation, 2017.

91. En una encuesta de 711 ejecutivos, el 24% de las respuestas que explican la limitada transformación digital mencionaron restricciones presupuestarias, mientras que el 20% mencionó resistencia al cambio (*Daqua. Retos y tendencias del Sector Logístico: México 2017*, Ciudad de México: 2017).

92. “Centros de Investigación y Desarrollo en México”, en *Proméxico. Industria 4.0: la cuarta revolución industrial es aquí*, Octubre 2017, pp. 20-21

93. Secretaría de Economía (2018). *Políticas industriales para los mercados de fabricación digitales e interconectados*. Una política pública de la industria 4.0 para apoyar la digitalización de la manufactura en México.

94. “Centros de Investigación y Desarrollo en México”, en *Proméxico. Industria 4.0: la cuarta revolución industrial es aquí*, Octubre 2017, pp. 13.

95. Estrella, Viviana. “Conforman clúster de innovación logística”, *El Economista*, 20 de abril, 2018, p. 32.

**10**

**PARAGUAY**

Este capítulo evalúa el grado de preparación de Paraguay para afrontar la transformación digital de las cadenas de suministro. El mismo está basado en información pública y entrevistas con ejecutivos de cuatro sectores (automotriz, artículos del hogar, textil y alimentación), proveedores de servicios logísticos, investigadores y representantes del sector público. El análisis está estructurado en base al modelo presentado en el Capítulo 2, el cual incluye los diferentes procesos y actores involucrados en la cadena de suministro.

### 10.1. Contexto macro

Paraguay es la 14<sup>o</sup> economía de América Latina (PIB 2017: USD \$29.735 millones<sup>96</sup>). En 2016, el sector agrícola representaba el 12,4% del PIB, el manufacturero 37,2% y el de servicios 50,4%<sup>97</sup>. En la Tabla 10-1 se presenta el desglose de los cuatro sectores seleccionados para el estudio.

La estructura productiva del país está dominada por las PyMEs y las microempresas, las cuales representan el 99,3% de la totalidad de los establecimientos del sector formal (Ver Tabla 10-2).

En el año 2018, la economía paraguaya ocupaba el puesto 95<sup>o</sup> en términos de competitividad<sup>98</sup>, habiendo mejorado 24 posiciones desde 2013, impulsada por un mejor desempeño institucional, innovación y adopción

tecnológica, y sofisticación empresarial, lo que indica un proceso de reconversión y refleja nuevas fuentes de crecimiento. Por su parte, el país presenta un nivel de digitalización rezagado en comparación con sus pares latinoamericanos y los países de la OCDE (Ver Tabla 10-3).

Históricamente, el crecimiento de la economía digital de Paraguay se ha visto impulsado principalmente por un aumento acelerado de la digitalización de los hogares (como lo indica el crecimiento de la telefonía celular, la penetración de banda ancha y el uso de Internet) y la conectividad de consumidores. En contrapartida, la digitalización de la producción denota un rezago significativo.

Desde un punto de vista estructural, Paraguay enfrenta retos significativos en cuanto a su capacidad para impulsar la transformación digital de sus cadenas de suministro. Si bien la estructura y los factores que influyen en el desempeño de la producción (tecnología, innovación, capital humano, comercio internacional, inversión, marco institucional, sostenibilidad y demanda interna) están alineados para lograrlo, el país ubica una posición muy rezagada respecto al resto de la región (Ver Gráfico 10-1). Ello significa que tanto la dotación de factores que influyen en el desempeño de la producción, como el nivel de complejidad de la economía requieren de un *big push* para avanzar significativamente en la transformación digital.

**Tabla 10-1. Paraguay: Valor Bruto Anual en precios de 2004 (en millones de US\$)**

Sector	2015		2016	
	Valor	%	Valor	%
Industria Alimentaria (1)	\$2,740.91	10,7%	\$3,133.23	10,3%
Fabricación Textil y Zapatos (2)	\$490.68	1,9%	\$558.52	1,8%
Electrodomésticos (3)	\$107.37	0,4%	\$120.22	0,4%
Automotriz (4)	\$401.46 (e)	1,5%	\$460.54 (e)	1,5 %
Total Economía	\$26,160.88		\$30,361.55	

Notas:

(1) Incluye (a) Producción de carne, (b) Elaboración de aceites, (c) Producción de lácteos, (d) Producción de molinería y panadería, (e) Producción de azúcar, (f) Producción de otros alimentos and (g) Producción de bebidas y tabaco

(2) Incluye (a) Producción de textiles y prendas de vestir and (b) Producción de cuero y calzado

(3) Incluye (a) Maquinaria y equipo

(4) Incluye (a) 75% of Otras Industrias Manufacturares; (b) 25% Metales comunes and (c) 25% Productos metálicos

Fuente: Banco Central del Paraguay; Cámara Industrial Paraguaya de Motocicletas y Automotores (Cipama)

## CADENA DE SUMINISTRO 4.0

Mejores Prácticas Internacionales y Hoja de Ruta para América Latina

Tabla 10-2. Paraguay: Número de establecimientos (por tamaño)

Categoría	Número de Empleados	Total	Porcentaje del total
Mediana/Grande	+50	1.497	0,7%
Pequeña	10-49	6.457	2,9%
Microempresa	Hasta 9	216.288	96,4%
Total		224.242	100.00%

Fuente: DGEEC, Censo Nacional Económico 2011

Tabla 10-3. Paraguay: Clasificación en términos de competitividad y digitalización

	Paraguay		Primer país de América Latina	Promedio OCDE	Primer País OCDE
	Posición en América Latina	Índice			
Índice de Desarrollo TIC (UIT) - 2017	13	4,2	Uruguay (7,2)	7.74	Islandia (9)
Índice de preparación de redes (WEF) - 2016	14	3,4	Chile (4,6)	5.24	Finlandia (6)
Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (UN) - 2018	14	0,5	Uruguay (0,8)	0.84	Dinamarca (0,9)
Índice de Digitalización (TAS) - 2018	13	41,8	Chile (59,1)	67.25	Suiza (76,7)
Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (CAF) - 2018	13	35,2	Chile (59,8)	64.94	Noruega (77,1)
Índice de comercio electrónico (UNCTAD) - 2016	9	43,8	Uruguay (62,6)	75.05	Luxemburgo (89,7)
Índice de Economía del Conocimiento (Banco Mundial) - 2012	13	3,9	Chile (7,2)	8.20	Suecia (9,2)
Índice de Innovación Global (Cornell-WIPO) - 2017	10	30,3	Chile (38,7)	52.91	Suiza (67,7)
Índice de Desarrollo de Banda Ancha (BID) - 2014	13	3,8	Chile (5,8)	6.13	Luxemburgo (7,3)
Índice de Facilidad para los negocios (Banco Mundial) - 2018	10	59,2	México (72,3)	78.00	Nueva Zelanda (87)
Índice de Desempeño Logístico (Banco Mundial) - 2018	8	2,8	Chile (3,3)	3.74	Alemania (4,2)
Ranking de Competitividad Mundial (IMD) - 2018	13	4,2	Chile (75,1)		EE. UU. (100)

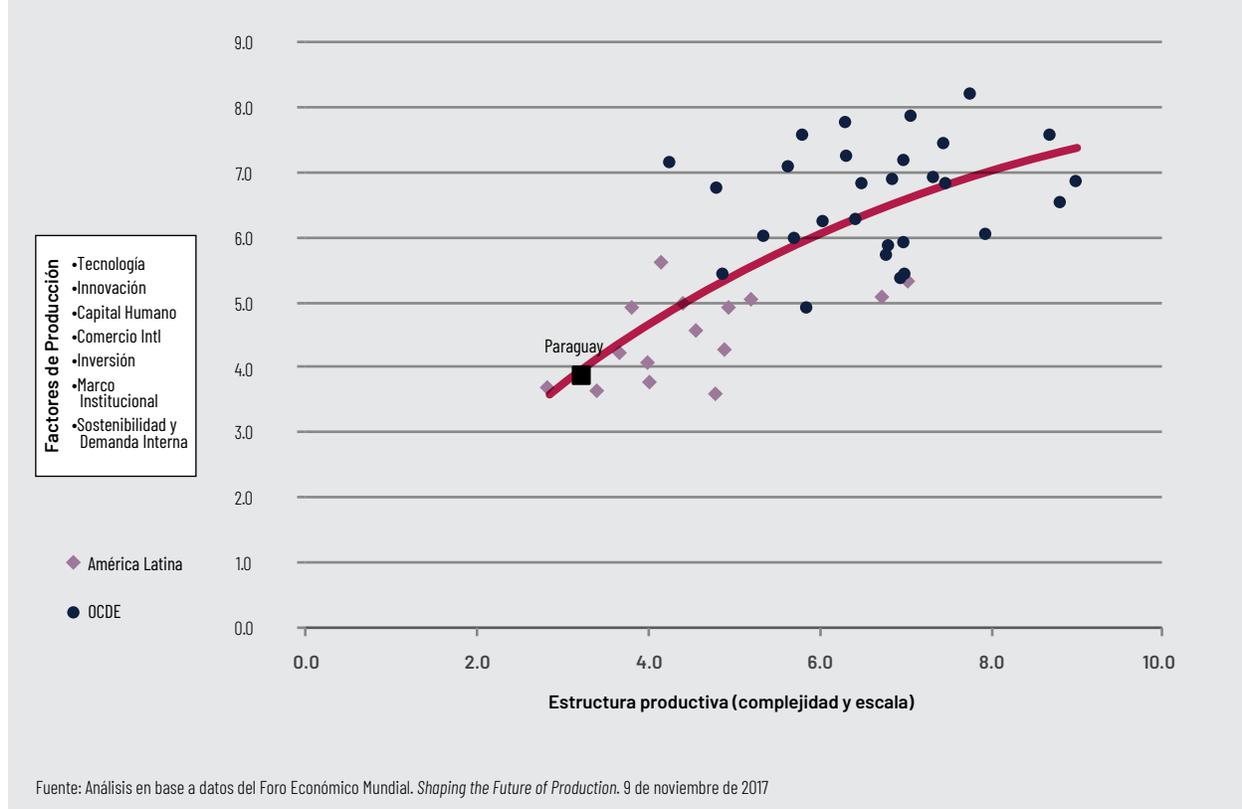
Fuente: análisis basado en datos de UIT, WEF, UN, TAS, CAF, UNCTAD, Banco Mundial, WIPO y BID

## 10.2. Preparación para la revolución tecnológica

Uno de los propósitos de este estudio fue evaluar el grado de conocimiento tanto de los beneficios como de la necesidad de impulsar la transformación digital de la cadena de suministro en los diferentes sectores indus-

triales de Paraguay. En este sentido, se asume que este conocimiento es la primera condición necesaria para avanzar sobre el proceso de transformación. El grado de conocimiento fue analizado sobre la base de entrevistas a responsables de la formulación de políticas públicas, ejecutivos del sector privado y académicos.

**Gráfico 10-1** Capacidad para abordar la transformación digital de la producción: Paraguay vs. Países latinoamericanos y de la OCDE



### 10.2.1. Preparación del sector público

El consenso entre los entrevistados en el país es que el desarrollo de la competitividad basado en la transformación digital y la transición hacia la Industria 4.0 no es una prioridad en términos de política pública. Hasta el momento, la principal orientación productiva ha estado basada en un modelo económico que tiene como principio básico el apalancamiento del bajo costo de mano de obra y la provisión de incentivos fiscales para la instalación de manufactura en el marco de la Ley Maquila. De acuerdo con este programa, las empresas pueden importar materias primas sin pagar arancel, la exportación está solamente gravada con un impuesto del 1%, las empresas operando en este marco pagan un 16% en impuestos relacionados con la seguridad social y tienen acceso a energía eléctrica a precios subsidiados.

Este programa resultó en la radicación de más de 100 empresas que exportan 90% de su producción a Brasil y Argentina. Los sectores priorizados dentro de este marco son: Autopartes (principalmente vinculado a Brasil), Cableado, Plásticos y juguetes (también ligado a Brasil)

y Textil de baja gama (vinculado a Brasil y Argentina). Debido a la interrelación con cadenas de suministro de Brasil, gran parte de las empresas de manufactura establecidas en Paraguay son propiedad de capitales brasileños, operando en el marco de la maquila.

Por otra parte, los programas dedicados al mejoramiento de la competitividad en Paraguay poseen un bajo componente de transformación digital. En general, todos los expertos entrevistados coinciden en afirmar que la transformación digital no es percibida ni como oportunidad ni amenaza, motivo por el cual aún no se ha planteado el debate sobre la importancia de Industria 4.0, ni se ha materializado en una política pública específica. A pesar de ello y teniendo en cuenta los diferentes procesos en una cadena de suministro, es importante notar que existen ciertas iniciativas de digitalización de la agencia aduanera para reducir el grado de informalidad de la economía y mejorar la facilitación del comercio. Igualmente, desde el Estado se está considerando la creación de un nuevo Ministerio encargado de promover la innovación tecnológica, a partir de la fusión de tres secretarías.

### 10.2.2. Preparación del sector privado

El principal eje de transformación digital de las cadenas de suministro en Paraguay reside en el sector privado. De todas maneras, las entrevistas indican un bajo nivel de preparación para avanzar en este esfuerzo. Esta limitación se observa tanto en la falta de entendimiento de la necesidad de transformarse, así como en la ausencia de capacidad y recursos para hacerlo (ver Tabla 10-4).

Además de estas limitaciones, existen también barreras en los sistemas de gobernanza y los modelos organizativos de empresas para abordar la transformación digital. Las respuestas a entrevistas detalladas en la Tabla 10-5 indican que todos estos factores pueden ser detectados en todas las cadenas de suministro que son objeto de estudio.

### 10.3. Transformación digital en las cadenas de suministro

El estado de la transformación digital de las cadenas de suministro en Paraguay varía sustancialmente entre los tres sectores estudiados (automotriz, alimentos y textil). Asimismo, todos los entrevistados coinciden en que existen limitaciones en el capital humano. Esta variable incluye no sólo la fuerza de trabajo, sino también la gerencia, en términos de falta de madurez empresarial y comprensión limitada de las dinámicas y beneficios potenciales de la transformación digital de la cadena de suministro. Por último, se registra una integración limitada de proveedores y distribuidores: en este caso, la preeminencia de PyMEs, con las limitaciones típicas de su escala en términos de falta de recursos y capacidad para la transformación, actúa como limitante en para la transformación de toda la cadena.

**Tabla 10-4. Paraguay: Razones que explican la falta de urgencia en la transformación digital**

Falta de visión de la cadena suministro integrada	Falta de incentivos a la inversión tecnológica
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo económico basado en bajos costos laborales.</li> <li>• Falta de visión sobre la disrupción a nivel global y, en consecuencia, de la necesidad de transformación integral de la cadena de suministro.</li> <li>• Limitada capacitación del nivel gerencial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de claridad estratégica sobre la importancia, necesidad y grado de oportunidad de transformación del negocio apalancado en tecnología.</li> <li>• Acceso limitado a la tecnología (altos costos y bajo retorno a la inversión).</li> <li>• Falta de madurez y capacidades del recurso humano.</li> <li>• Falta de capacidad local para proveer servicio y apoyo en posventa del producto tecnológico.</li> <li>• Falta de financiamiento para el desarrollo de proyectos tecnológicos.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

**Tabla 10-5. Paraguay: Razones que explican la falta de urgencia en la transformación digital**

Sector	Razones
Alimenticio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si bien se registra cierta inversión tecnológica para facilitar la trazabilidad requerida en la cadena de suministro, la falta de estándares y controles está retrasando la adopción de tecnología.</li> </ul>
Automotriz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sector está completamente vinculado a la evolución de la industria brasileña y actualmente la principal preocupación es una diversificación de la misma más allá del Mercosur, lo que podría afectar a Paraguay.</li> <li>• La estrategia de diferenciación se basa en la ventaja comparativa que tiene el país en términos del bajo costo laboral y la corta distancia con Brasil (y, por lo tanto, los bajos costos de transporte). Ahora bien, los proveedores paraguayos están enfocados en la implementación de procesos JIT para competir con China.</li> </ul>
Textil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paraguay fabrica para Argentina, Uruguay y Brasil. En este sentido, la principal preocupación actual radica en que la apertura del mercado argentino podría resultar en una disminución de las exportaciones a ese país.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

Tabla 10-6. Paraguay: Adopción y dificultades para la transformación digital de la cadena de suministro

Sector industrial	Desafíos en la cadena de suministro										
	Importancia estratégica	Implementación en Paraguay	Infraestructura de transporte	Limitaciones de capital humano	Resistencia de sindicatos	Infraestructura de telecomunicaciones	Limitaciones en la integración con proveedores y distribuidores	Limitación de la integración con los proveedores de servicios logísticos	Organización interna de silos	Disponibilidad de tecnología limitada	Normas y principios
Automotriz	Medio – Alto	Medio	A	A	B	A	A	A	A	A	A
Procesamiento de Alimentos	Alto	Medio	A	A	B	A	A	A	A	A	M
Textiles	Bajo	Bajo	A	A	B	A	A	M	A	A	

Referencia:

A - Alto M - Medio B - Bajo

Fuente: Entrevistas

El análisis de los datos de las entrevistas es presentado sintéticamente en la Tabla 10-6.

Las entrevistas a empresas líderes en los sectores aquí analizados evidencian heterogeneidad en el estado de avance y limitaciones para la transformación digital de las cadenas de suministro en las cuales participan.

#### 10.4. Facilitadores de la cadena de suministro

Las entrevistas en el sector privado mencionan limitaciones en los facilitadores de la cadena de suministro. En particular, se menciona el desarrollo embrionario de la infraestructura de transporte terrestre y su impacto en los costos. Adicionalmente, el sector empresario menciona que los proveedores de servicios logísticos y las empresas de transporte representan un cuello de botella en términos de su capacidad para integrarse digitalmente con empresas usuarias de sus servicios.

##### 10.4.1. Infraestructura

La infraestructura logística paraguaya presenta importantes deficiencias, con el consiguiente impacto en costos. En primer lugar, todo el tráfico de importación vía marítima debe pasar por Buenos Aires o Montevideo, siendo transportado luego por río hasta Asunción, y de ahí vía transporte terrestre al punto final de des-

tino. De manera similar, todo el tráfico de exportación debe transitar 1.000 km a San Pablo o Buenos Aires vía transporte terrestre. Con una marginal dotación de redes ferroviarias, el país dispone de tan solo de 8.000 km de caminos pavimentados, frente a una necesidad aproximada de 23.000 kilómetros<sup>99</sup>. Esta situación tiene un impacto directo en los costos logísticos:

- Costo logístico total: 12,9% de las ventas, desagregado en 6,2% transporte, 1,5% inventario, y 8,4% administración<sup>100</sup>
- Costo por contenedor: USD \$2.300 (importaciones); USD \$1.800 (exportaciones)<sup>101</sup> comparado con USD \$700 en otros países de la región.
- Un contenedor transportado a China requiere entre 70 y 90 días (comparado con 35 para Brasil y Argentina).

En este marco, el país ha comenzado a transitar el camino para la implementación de una visión logística de largo plazo. Por ejemplo, se han desplegado infraestructuras logísticas especializadas como el Centro de Carga Aérea de Ciudad del Este, ZAL Villeta, CLU de Asunción, Parque de Hernandarias y la Plataforma Logística Agroalimentaria Coronel Oviedo. Además, se modernizaron corredores terrestres, como los de Asunción-Ciudad del Este y Ciudad del Este – Encarnación.

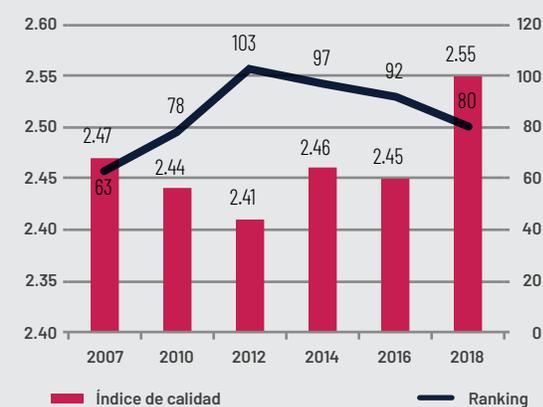
Tabla 10-7. Paraguay: Adopción y desafíos de la transformación digital de la cadena de suministro

Compañía	Importancia Estratégica	Implementación en Paraguay	Desafíos endógenos de la cadena de suministro
Empresa A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresa posee una hoja de ruta que define las tecnologías a implementar en los próximos dos años.</li> <li>• Los KPIs de la empresa incluyen uno orientado a medir el grado de innovación.</li> <li>• Desde 2017 se mide la inversión en tecnología como porcentaje de los ingresos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En los últimos dos años, el foco principal ha sido la reducción de procesos manuales, automatizando procesos como contabilidad, planeamiento financiero, para lo cual se ha implementado un nuevo ERP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de capital humano capacitado.</li> <li>• Baja disponibilidad de proveedores locales de tecnología.</li> <li>• Falta de conocimientos sobre el estado del arte en IT por parte de los proveedores locales.</li> <li>• La gerencia general no tiene una orientación hacia la innovación.</li> <li>• Baja calidad de la banda ancha.</li> <li>• Alto grado de informalidad de la economía.</li> </ul>
Empresa B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresa posee un foco importante en implementación de tecnologías avanzadas.</li> <li>• Definió un mapa de ruta de dos años para implementación, el cual se encuentra alineado con el de empresas socias, proveedores y clientes en Argentina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas integrados controlando todos los procesos de manufactura basado en PLCs y monitoreo de variables en tiempo real.</li> <li>• Sistemas de telemetría para controlar calidad de granos en silos.</li> <li>• Plan para 2019: procesos automáticos de control de calidad al momento que los camiones llegan a la planta; automatización de movimiento de camiones dentro de la planta usando LED TVs y señales automatizadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de capacitación digital de la fuerza de trabajo.</li> <li>• Resistencia laboral al cambio de procesos e incorporación de tecnología.</li> <li>• Problemas de ciberseguridad</li> <li>• Disponibilidad de proveedores de tecnología (baja con relación a Argentina o Brasil).</li> <li>• Baja disponibilidad de banda ancha (y baja velocidad).</li> </ul>
Empresa C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresa no enfatiza la inversión en tecnología de avanzada por falta de incentivos y ausencia de foco en aumento de la productividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ERP y sistemas de rastreabilidad basados en GPS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de recursos humanos capacitados para operar en un entorno tecnológico.</li> <li>• Limitaciones en conectividad y velocidad de Internet.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

De esta manera, si bien Paraguay posee un déficit considerable en materia de infraestructura, el subíndice de Calidad de la Infraestructura del Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial ha mejorado en los últimos

Gráfico 10-2. Paraguay: Índice de Calidad de Infraestructura (2007-2018)



Fuente: Banco Mundial. 2007-18 Índice de Desempeño Logístico

seis años, impactando a su vez el posicionamiento global del país (Ver Gráfico 10-2).

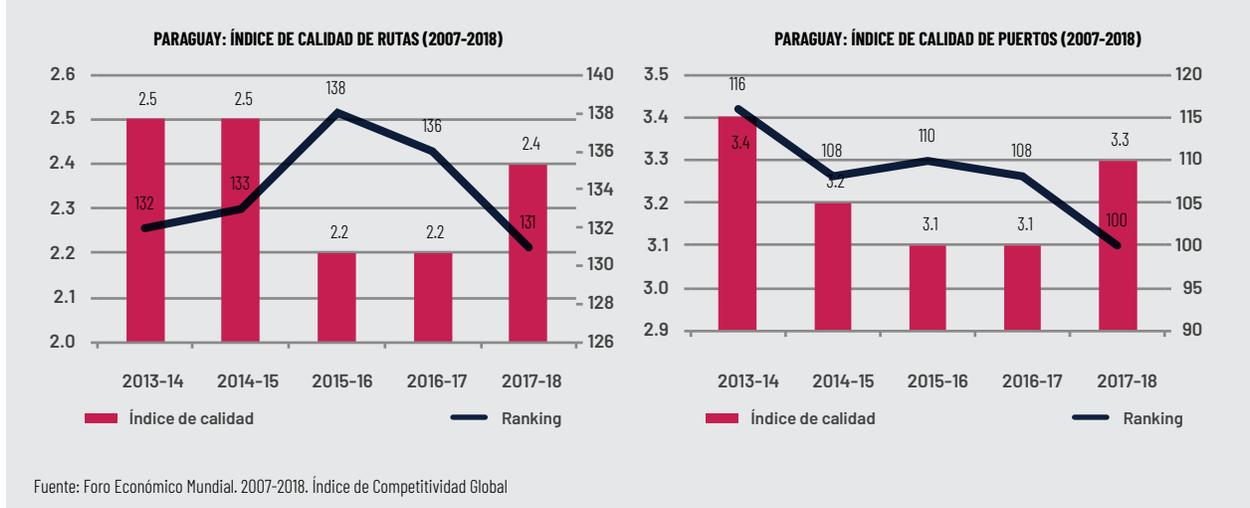
Considerando los últimos tres años, esta mejora se ha registrado en la calidad tanto de carreteras como de puertos (Ver Gráfico 10-3).

El avance en la infraestructura de carreteras y puertos es fundamental para la mejora de la productividad, ya que el transporte de las mercancías de los sectores analizados se realiza mayoritariamente a través de vías fluviales y, en menor medida, vía terrestre (Ver Tabla 10-8). Respecto al

Tabla 10-8. Paraguay: Matriz de Transporte

Modo	Exportación	Importación
Fluvial	76,6 %	67%
Terrestre	23,4%	32,7 %
Aéreo	0,02 %	0,3 %

Fuente: Dirección Nacional de Aduanas

**Gráfico 10-3 Paraguay: Índice de Calidad de Infraestructura en Carreteras y Puertos (2007-2018)**

nivel de gestión digital de ambos tipos de infraestructura, la información recolectada evidencia que, si bien no existe mayor despliegue en el caso carretero, los puertos están avanzando en su transformación digital (Ver Tabla 10-8).

#### 10.4.2. Proveedores de servicios logísticos

De acuerdo con el componente de calidad y competencia logística en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, en 2018 Paraguay ocupaba el puesto 76°, con un índice de 2,72. Esto sitúa al país en la novena posición entre las naciones de América Latina y el Caribe (Ver Tabla 10-9).

Por su parte, Paraguay se ubica en una posición intermedia en la región en lo que se refiere al desempeño de proveedores de servicios logísticos (Ver Gráfico 10-4).

Si bien las empresas proveedoras de servicio logísticos reconocen la importancia de la tecnología para la mejora de su desempeño, existe un alto grado de heterogeneidad en cuanto a la implementación de planes para llevar a adelante la transformación digital (Ver Tabla 10-10).

Como en el caso de los demás países en la región incluidos en este estudio, los proveedores de servicios logísticos de Paraguay dependen de una estructura de transporte terrestre fragmentada (Ver Gráfico 10-5). Los datos recabados sugieren que estas empresas, especialmente las micro y pequeñas empresas del sector

de transporte terrestre, poseen unidades de transporte en su mayor parte muy antiguas, baja dotación de personal capacitado, falta de acceso a financiamiento, bajos márgenes en la operación y una estructura gerencial que no favorece la adopción tecnológica. Al igual que en los demás países analizados, la obsolescencia tecnológica en el segmento de transporte terrestre constituye un desafío crucial para la transformación digital de las cadenas de suministro.

#### 10.4.3. Aduana

Prácticamente todos los entrevistados señalaron la necesidad de mejorar el desempeño de los procesos aduaneros a fin de incrementar la eficiencia y contribuir a la transformación digital de las cadenas de suministro. De acuerdo con el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, Paraguay ocupa el puesto 68° a nivel mundial, con un valor de 2,64 puntos sobre un total de 5. Esto sitúa al país en la sexta posición entre las naciones de América Latina y el Caribe (Ver Tabla 10-11)

En términos agregados, el nivel de eficiencia aduanera de Paraguay muestra una mejora sostenida en los últimos años, lo que lo llevó, en el año 2018, a alcanzar su nivel más alto (Ver Gráfico 10-6) y obtener así una posición relativamente avanzada entre los países de América Latina (Ver Gráfico 10-7). Ello pone de manifiesto la mejora en la digitalización de los procesos aduaneros a partir de la introducción, por ejemplo, de la Ventanilla Única de Comercio Exterior, con la consiguiente re-

Tabla 10-9. América Latina y el Caribe: Índice de Calidad y Competencia Logística (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking América Latina y Caribe
Argentina	2,78	68	6
Bahamas	2,27	130	16
Bolivia	2,21	139	17
Brasil	3,09	46	3
Chile	3,13	43	2
Colombia	2,87	56	5
Costa Rica	2,70	79	11
Cuba	2,20	143	20
República Dominicana	2,44	108	14
Ecuador	2,75	70	7
El Salvador	2,56	91	12
Guatemala	2,25	136	18
Honduras	2,72	75	8
Jamaica	2,54	94	13
México	3,02	52	4
Panamá	3,33	35	1
Paraguay	2,72	76	9
Perú	2,42	110	15
Uruguay	2,71	78	10
Venezuela	2,21	141	19

Fuente: Banco Mundial. 2018 índice de Desempeño Logístico

Gráfico 10-4 América Latina: Índice de calidad y competencia logística (2018)

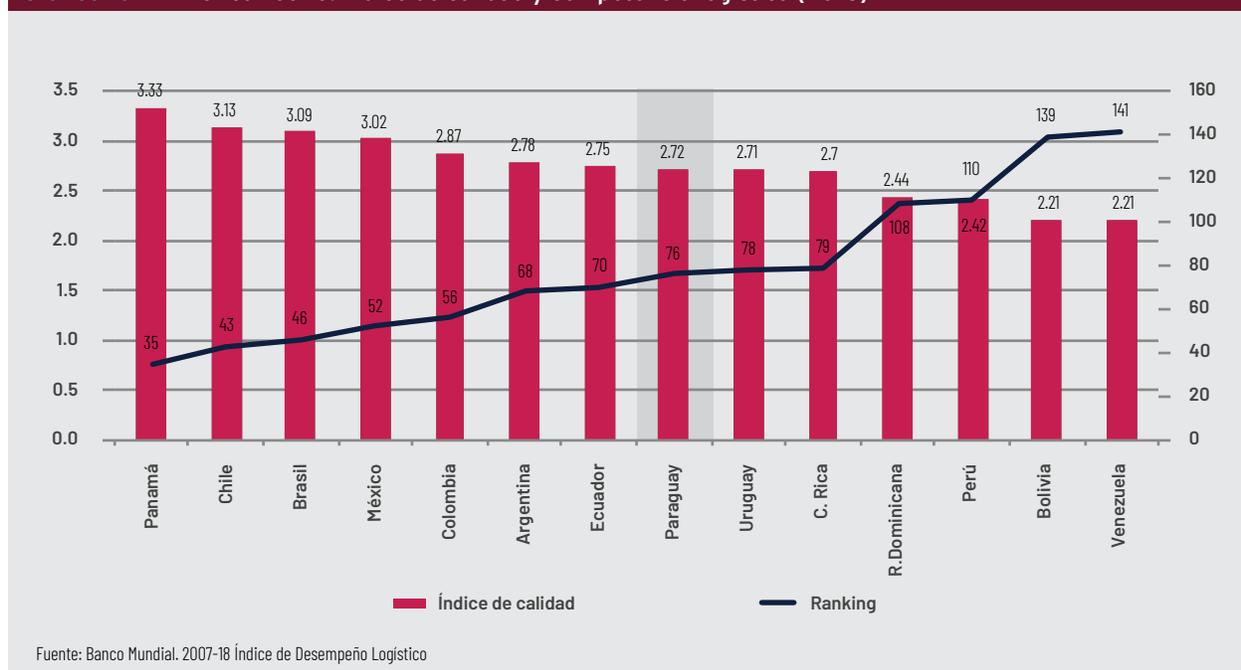


Tabla 10-10. Paraguay: Adopción y desafíos de la transformación digital de los proveedores de servicios logísticos

Empresa	Importancia Estratégica	Implementación	Desafíos
Empresa D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe una estrategia de adopción tecnológica para brindar mejores servicios a las empresas maquiladoras que utilizan sus servicios de almacenamiento y transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología de trazabilidad de cargas en tiempo real con informes diarios a clientes.</li> <li>Software para gestión de almacenes en el centro de distribución.</li> <li>Extensión del sistema a selección de órdenes (<i>order picking</i>).</li> <li>Acceso/entrada de órdenes desde dispositivo móvil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de recursos humanos capacitados para operar en un entorno tecnológicos.</li> <li>Limitaciones en conectividad y velocidad de Internet.</li> </ul>
Empresa E	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se ha implementado ninguna tecnología, ni existen planes para ello.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hasta el momento, las operaciones son muy básicas, usando tan solo Excel y otros aplicativos de oficina.</li> <li>Se está planeando invertir en un sistema administrativo, aunque no se encuentra un proveedor local apropiado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo alto de banda ancha.</li> <li>Falta de personal capacitado en tecnologías digitales.</li> <li>Alto costo de adquisición de tecnologías, con un bajo ROI y largo período de recuperación de la inversión.</li> <li>Esto está condicionado en parte por el bajo costo laboral.</li> <li>Falta de proveedores locales de tecnología, lo que afecta principalmente a las PyMEs (como es el caso de esta empresa).</li> </ul>
Empresa F	<ul style="list-style-type: none"> <li>La implementación de nuevas tecnologías es crítica para la empresa.</li> <li>No tienen un plan estructurado, pero tienen iniciativas que van priorizando.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema informático igual al que se usa en Rotterdam o Hong Kong (NAVIS N4) para administrar espacio, secuenciar cargas y ubicación de contenedores.</li> <li>Rastreo por GPS de camiones.</li> <li>Monitoreo de las máquinas de carga por telemetría</li> <li>Carga electrónica de manifiesto de carga de cada contenedor.</li> <li>EDI con algunos clientes para pasar información de carga en forma automatizada.</li> <li>En proceso de implementación de SAP</li> <li>Plan para implementar un WMS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo de la tecnología.</li> <li>Falta de financiamiento para proyectos de tecnología.</li> <li>Falta de recursos humanos con el conocimiento necesario.</li> <li>Baja disponibilidad de proveedores locales de servicios.</li> </ul>

Fuente: Entrevistas

Gráfico 10-5 Paraguay - Empresas permisionarias nacionales del servicio de transporte internacional de cargas (2016)

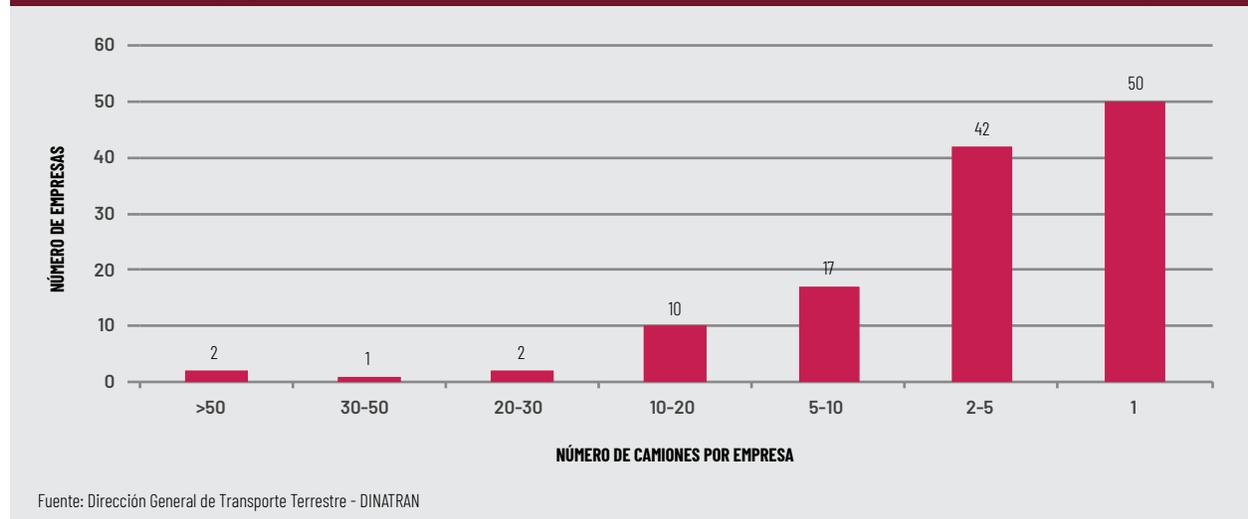


Tabla 10-11. América Latina y el Caribe: Índice de Eficiencia Aduanera (2018)

País	Índice	Ranking Mundial	Ranking América Latina y Caribe
Argentina	2,42	98	11
Bahamas	2,68	61	5
Bolivia	2,32	117	15
Brasil	2,41	102	13
Chile	3,27	32	1
Colombia	2,61	75	8
Costa Rica	2,63	70	7
Cuba	2,03	143	19
República Dominicana	2,41	103	14
Ecuador	2,80	48	3
El Salvador	2,30	120	16
Guatemala	2,16	132	18
Honduras	2,24	125	17
Jamaica	2,42	99	12
México	2,77	53	4
Panamá	2,87	45	2
Paraguay	2,64	68	6
Perú	2,53	86	9
Uruguay	2,51	87	10
Venezuela	1,79	156	20

Fuente: Banco Mundial. 2018 índice de Desempeño Logístico

ducción en tiempos y costos para las operaciones de importación y exportación en el país.

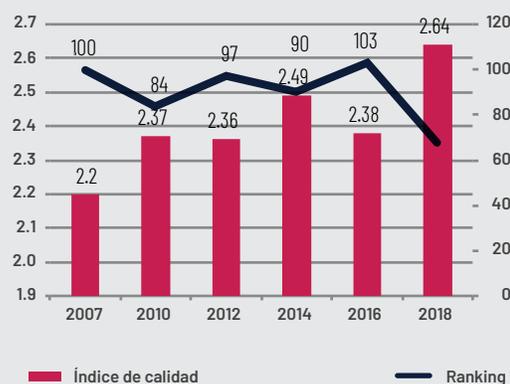
### 10.5. Políticas públicas para promover la transformación digital de las cadenas de suministro

Frente a prioridades mucho más apremiantes, como la estabilidad macroeconómica, la transformación digital de la economía y, por ende, de sus cadenas de suministro ha tomado una posición secundaria en la agenda de política pública. A pesar de ello, Paraguay cuenta con algunos programas gubernamentales que poseen cierto impacto en la transformación digital de la cadena de suministro (Ver Figura 10-2).

Si bien Paraguay no ha formulado todavía un plan 4.0 específico para la transformación digital de la industria, algunas iniciativas de política pública contienen elementos afines. Por ejemplo, el Plan Nacional de Desarrollo 2030 contiene dos líneas de acción relacionadas indirectamente con el paradigma 4.0:

- **Crecimiento económico inclusivo:** posee dos ejes estratégicos relacionados (Competitividad e Innovación, Regionalización y Diversificación productiva) y se menciona la necesidad de desarrollar el

Gráfico 10-6 Paraguay: Índice de Eficiencia Aduanera (2007-2018)



Fuente: Banco Mundial. 2007-18 Índice de Desempeño Logístico

transporte multimodal eficiente y cobertura del 80% de la población con Internet de banda ancha.

- **Inserción de Paraguay en el mundo:** contiene tres ejes estratégicos relevantes (Atracción de inversiones, Comercio exterior e Imagen País, Integración Económica Regional).

Gráfico 10-7 América Latina: Índice de Eficiencia Aduanera (2007-2018)

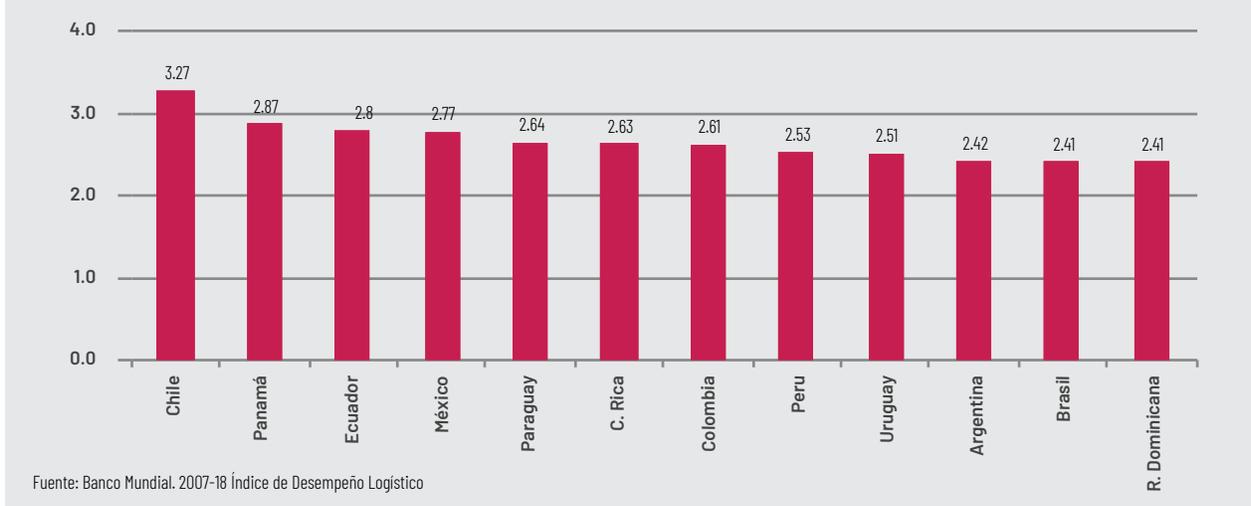
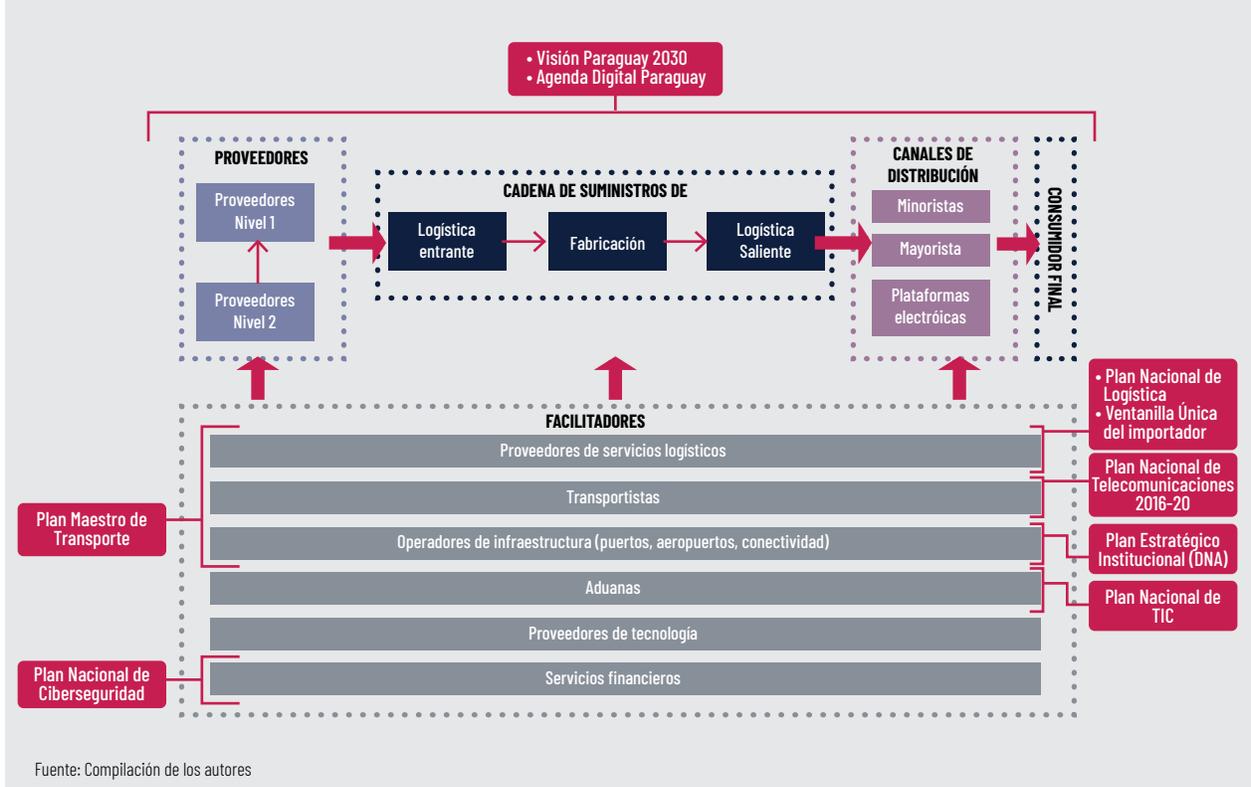


Figura 10-2 Paraguay: Iniciativas del sector público que contribuyen a la transformación digital de la cadena de suministro



Asimismo, la Agenda Digital Paraguay, que se encuentra en proceso de elaboración, menciona en sus objetivos metas que están directamente relacionadas con una potencial iniciativa 4.0:

- Promover la mejora de la calidad de los servicios gubernamentales, incluyendo la simplificación y digitalización de procesos y requisitos (por ejemplo, los entrevistados señalan que, a pesar de la implementación de algunos sistemas, se sigue solicitando documentación en papel);
- Aumentar el uso de TICs e incentivar la innovación y articulación empresarial para aumentar la productividad; y

CADENA DE SUMINISTRO 4.0

- Aumentar el acceso a la banda ancha mediante la extensión de la conectividad y una mejora en la calidad del servicio.

Es interesante notar que, con la excepción del régimen de maquila, ninguna de estas políticas y programas fue mencionada por el sector privado en las entrevistas, lo que, a priori, sugeriría la necesidad de incrementar la comunicación y diseminación de las iniciativas de política pública, teniendo como foco el sector privado, en relación con la construcción de un futuro digital para el país.

Por su parte, el Plan Maestro de Transporte y el Plan Nacional de Logística recogen, de alguna manera, la necesidad de digitalizar infraestructuras, servicios y procesos, a fin de mejorar el desempeño de este facilitador de las cadenas de suministro (Ver Figura 10-3).

De manera similar, el Plan Estratégico Institucional de la Dirección Nacional de Aduanas definió objetivos específicos relacionados con la simplificación y digitalización de procesos con impacto en la cadena de suministro:

- Incorporar nuevas herramientas informáticas.
- Aumentar los niveles de simplificación y armonización de los procedimientos aduaneros.
- Fortalecer la cadena logística con mayor seguridad y transparencia.

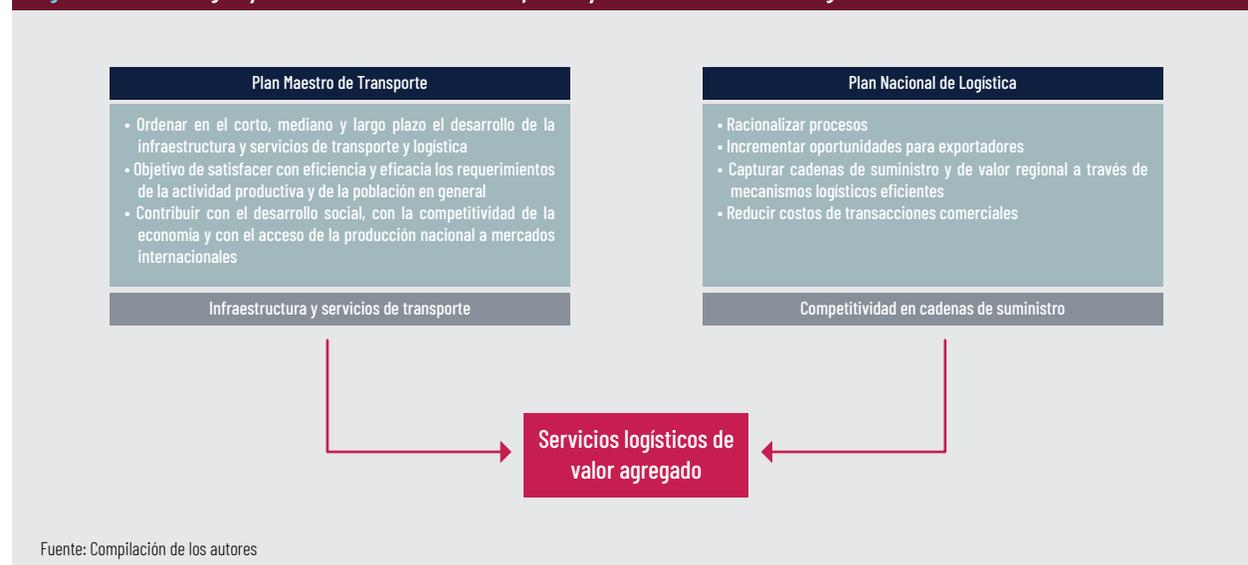
- Implementar la Figura del Operador Económico Autorizado para fomentar el comercio seguro y ágil.

Finalmente, si bien el sector privado ha adoptado numerosas iniciativas en el terreno de la ciberseguridad industrial, el marco normativo todavía muestra desafíos (Ver Figura 10-4).

Para enfrentar dichos desafíos, el Plan Nacional de Ciberseguridad plantea numerosas iniciativas en las áreas de prevención y certificación relacionadas con la cadena de suministros:

- Desarrollar programas de incentivos a las MIPY-MES para la adopción de buenas prácticas en ciberseguridad, así como la generación de *start ups* de tecnología que apliquen, fomenten o presten servicios basados en estándares de seguridad;
- Impulsar el desarrollo de estándares de ciberseguridad y promover su adopción en el sector privado;
- Impulsar la implementación de una normativa en ciberseguridad para la protección de infraestructuras críticas que abarque tanto el ámbito físico como el tecnológico;
- Elaborar directrices técnicas para la gestión de sistemas de control industrial de las empresas públicas;

**Figura 10-3 Paraguay –Plan Maestro de Transporte y Plan Nacional de Logística**



**Figura 10-4 Paraguay – Iniciativas y Desafíos en la Ciberseguridad Industrialgística**

- Establecer convenios de colaboración y cooperación entre el sector privado y las entidades gubernamentales para el intercambio fluido de información sobre incidentes cibernéticos y amenazas.

Para ello, se ha puesto en funcionamiento el Sistema Nacional de Ciberseguridad y se ha creado una Comisión Nacional de Ciberseguridad, que aglutina a todos los sectores encargados de implementar las recomendaciones del Plan Nacional.

Finalmente, uno de los grandes desafíos en para la transformación digital de las cadenas de suministro del país y, en general, de la economía paraguaya, es el rezago en materia de infraestructura de telecomunicaciones. En efecto, con excepción de la banda ancha móvil (redes 4G), Paraguay todavía demuestra grandes falencias en el área de la conectividad de internet (Ver Tabla 10-12).

Para revertir esta situación, Paraguay está en proceso de desarrollo de un Plan Nacional de Banda Ancha, para el cual ya se han realizado los trabajos de diagnóstico y fijación de metas de desarrollo. El trabajo está siendo llevado adelante por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo.

96. Fuente: Banco Mundial.

97. Fuente: Banco Central de Paraguay

98. Foro Económico Mundial (2018). *Informe de Competitividad Global 2018*. Ginebra.

99. Fuente: Cámara Argentina de la Construcción (2016), “*Las inversiones en el sistema ferroviario argentino*”.

100. Fuente: Paraguay: Implementación de un Plan Nacional de Logística

101. Fuente: CAF. Perfil Logístico de América Latina

**Tabla 10-12. Paraguay - Estadísticas comparadas de infraestructura de banda ancha (2018)**

	Paraguay	ALC	OCDE
Velocidad promedio de descarga de banda ancha fija (Mbps)	1,4	6,4	15,7
Velocidad promedio de descarga de banda ancha móvil (Mbps)	7,5	5,5	14
Conexiones de banda ancha con velocidades superiores a 15 Mbps	0,1%	4,9%	34,4%
Ancho de banda internacional por usuario de Internet	21,5	55,7	121,4
Cobertura de redes 4G	88%	86%	96,4%
Cobertura de banda ancha fija	N/D	93,9%	92,7%

Fuentes: Akamai, GSMA, UIT, Relevamiento TAS de sitio web de reguladores

# 11

## ACELERANDO LA TRANSICION HACIA LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0 EN AMÉRICA LATINA

Las cadenas de suministro constituyen la columna vertebral de la economía moderna, incluyendo a todos los actores que participan desde la elaboración de un insumo hasta la entrega de un producto al consumidor final. Así, la eficiencia de las cadenas de suministro es una variable determinante para la productividad y la competitividad de empresas y sectores industriales, y del atractivo de la región para la inversión extranjera directa. Mientras que, en los últimos años, la multiplicidad de actores y procesos involucrados en dichas cadenas han incrementado la complejidad en su gestión y, con ello, la probabilidad de disrupciones, las nuevas tecnologías prometen generar ganancias sin precedentes en materia de eficiencia. En el contexto de la Cuarta Revolución Industrial, el rezago tecnológico puede poner en riesgo el funcionamiento eficiente de las cadenas de suministro y, con ello, la competitividad de las economías de América Latina. Por todo ello, la transformación digital de la cadena de suministro y de sus diferentes componentes debe ser prioritario en la agenda de políticas públicas de los gobiernos de la región. El análisis de mejores prácticas de economías avanzadas y de la situación actual de los países de América Latina permiten definir una serie de recomendaciones para avanzar en este terreno. Estas han sido agrupadas en cinco ejes de acción.

### 11.1. Implementar las mejores prácticas de los sectores líderes

La evaluación del estado de la transformación digital por cadenas de suministro en la región demostró que algunos sectores o grupos de empresas han avanzado más que otros. Como se indicó en los capítulos 6 al 10 dedicados al análisis de la situación por país, las subsidiarias de empresas multinacionales tienden a asimilar prácticas desarrolladas por sus casas matrices o por sus operaciones en economías avanzadas. De manera similar, las empresas “multilatinas” tienden a reflejar una situación más avanzada que las firmas que sirven exclusivamente un solo mercado doméstico. ¿Qué lecciones pueden extraerse de la estrategia de estas empresas para el resto de la economía?

En primer lugar, y en concordancia con lo relevado en el análisis realizado para las economías avanzadas, estas empresas suelen tener un abordaje integral para afrontar la transformación digital, incluyendo a los diferentes procesos y actores clave de la cadena de suministro. En otras palabras, la estrategia de transfor-

mación digital va más allá de las fronteras de un único proceso (por ejemplo, aprovisionamiento, producción) o empresa, para involucrar a diferentes socios en sus cadenas de suministro. De hecho, la experiencia de empresas en economías avanzadas indica que una porción importante de beneficios de la transformación digital es generada en procesos donde intervienen varias empresas que hacen parte de la misma cadena de suministro. Los ejemplos de colaboración entre grandes empresas de manufactura y sus proveedores de primer nivel y proveedores de servicios logísticos presentados en el Capítulo 5 dan cuenta de ello.

Segundo, aquellas empresas líderes en la transformación digital de la cadena de suministro han desarrollado una hoja de ruta que incluye no sólo la adopción de tecnologías digitales específicas en ciertas funciones (por ejemplo, sistemas robóticos en operaciones de distribución) sino también un cambio fundamental en la cultura organizacional, las operaciones y procesos de la firma, entendiéndose que el desafío no es la incorporación de tecnologías sino el cambio cultural y de capacidades organizacionales para abordar una transformación radical y acelerada. Este cambio representa una refundación del modelo de negocio, buscando apalancar eficiencias y ganar en competitividad. En este sentido, considerando la importancia de esta tarea, la responsabilidad para el cumplimiento de la misma debe ser asumida por la alta gerencia de la empresa.

Tercero, tomar una posición cautelosa en lo que respecta a la transformación digital de la cadena de suministro, manteniéndose a la expectativa de cambios posibles, puede ser una estrategia peligrosa. El ritmo de cambio es extremadamente rápido, con lo cual los tiempos asignados a la introducción de nuevas tecnologías y procesos son muy cortos. Es por ello que las empresas deben experimentar y tratar de estructurar pruebas piloto con actores de la cadena de suministro (firmas tecnológicas, proveedores de insumos, etc.) para poder medir los beneficios potenciales de los cambios y, así, anticiparse a las transformaciones futuras. Este trabajo de iteración y procesos ágiles de digitalización implica un cambio significativo en términos de capacidades y dinámicas organizacionales, convirtiéndose en uno de los factores críticos más difíciles de lograr. En general, las empresas cuentan con equipos de *management* preparados para otra dinámica, tiempos y contextos tecnológicos que deben transformar, sorteando desafíos generacionales, culturales y de competencias requeridas.

Cuarto, en la identificación de oportunidades para la experimentación y la prueba de nuevas tecnologías, las empresas deben monitorear el entorno de empresas emergentes (*start-ups*) para identificar nuevas aplicaciones y modelos de negocio innovadores. Estas empresas, complementadas por los centros de investigación tecnológica del sector público, pueden actuar como unidades catalizadoras de conocimiento e innovación relacionadas con la mejora del desempeño de la cadena de suministro. La asociación con este tipo de firmas pueden ser un medio para adquirir conocimientos o talento, especialmente en los sectores de comercio electrónico y logística, donde la región presenta una activa comunidad de firmas innovadoras. De igual manera, es importante destacar que, si bien ha habido una proliferación de empresas digitales nacientes con servicios y modelo de negocio innovadores, muchas de ellas han encontrado dificultades en lograr los niveles de tracción esperados y han demostrado cierta dificultad en monetizar sus propuestas o garantizar su viabilidad económica. Consecuentemente, muchas de estas empresas dinámicas buscan asociarse con empresas líderes tradicionales con reputación en la industria y carteras de clientes consolidadas. Por ello, el rol de las empresas líderes tradicionales como posibles facilitadoras e integradoras de la transformación en sus cadenas juega un rol relevante. Como respuesta a esta problemática, hay varios ejemplos en la región de creación de Fondos de Corporate Venture, con el fin potenciar el desarrollo de *start-ups*. Entre ellos se encuentran YPF Ventures y a la asociación entre Arcor y Coca Cola para la creación del fondo Kamai Ventures en Argentina; y el caso de Raizen en Brasil, con la creación de un fondo de apoyo a *start-ups* para agregar valor a su sector.

Quinto, en el proceso de transformación digital, las empresas de la región deben explorar aplicaciones tecnológicas adaptadas a las condiciones actuales de infraestructura de la región. Por ejemplo, si las redes de telecomunicaciones no están suficientemente desarrolladas para proveer servicios de banda ancha ultra-rápida, tanto fija como móvil, es conveniente explorar opciones tecnológicas que respondan a las necesidades de transformación digital de la cadena de suministro que no requieran el estado del arte en materia de telecomunicaciones. Visto de otra manera y teniendo en cuenta la rapidez del progreso tecnológico, retrasos en el desarrollo de la infraestructura no deben ser considerados como un factor insoslayable para la transformación digital.

## 11.2. Responder a los desafíos del contexto regional

Como se detalló en los capítulos específicos de cada país, América Latina enfrenta una serie de barreras particulares para la transformación digital de la cadena de suministro, los cuales incluyen bajos costos laborales (que actúan como un desincentivo a la introducción de tecnologías digitales), disponibilidad local limitada de conocimiento de aplicaciones y tecnología, y resistencia cultural tanto por parte de la gerencia de empresas como de las organizaciones sindicales.

Primero, debe considerarse que la diferencia entre el costo tecnología y el costo laboral no puede representar en sí misma un obstáculo a la transformación digital de la cadena de suministro. Los costos de las tecnologías —muchas de ellas aplicadas a la producción— están disminuyendo, por lo que la ventaja comparativa de bajos costos laborales que poseen los países emergentes también se está contrayendo. Según relevado por este estudio, los costos de la tecnología de identificación por radio frecuencias hace tres años eran entre tres y cuatro veces más caros que la mano de obra de la región, lo que representaba una barrera infranqueable para la introducción de dicha tecnología en la trazabilidad de activos y productos. Hoy, los entrevistados señalan que la diferencia de costos se encuentra en tan solo el 40%. Una tendencia similar se registra en el caso de sistemas robóticos, los cuales están automatizando tareas repetitivas y con bajo valor añadido a lo largo de toda la cadena de suministro. En el futuro, la competitividad de las empresas de la región dependerá mucho menos del costo de su mano de obra y, en línea con la transformación a nivel internacional, se basará más en su grado de sofisticación tecnológica para lograr una mayor eficiencia y mejor calidad de sus productos.

Segundo, la brecha en conocimiento y talento relacionado con la necesidad de liderar procesos de innovación y transformación iterativos y el conocimiento de aplicaciones tecnológicas en la cadena de suministro puede ser cerrada mediante el desarrollo de acuerdos colaborativos con expertos en transformación y procesos de innovación, universidades y centros de investigación. En este terreno, el sector público puede jugar un papel importante como promotor y facilitador de dichos acuerdos, como lo demuestra la experiencia estadounidense de *Manufacturing USA*, los centros *Fraunhofer* en Alemania y la *Industrial Value Chain Initiative*

en Japón, y programas colaborativos como *SmartAkis: Smart farming thematic Network* en Europa, según analizado en el Capítulo 3.

En tercer lugar, las empresas y el sector público deben trabajar con las organizaciones de trabajadores, para mitigar los riesgos que pueden afectar al sector laboral como resultado de la automatización de tareas. Opciones para avanzar en este sentido son el establecimiento de canales de diálogo sobre los efectos de la transformación digital en la fuerza laboral, el mapeo de capacidades de la fuerza laboral y la oferta de programas de capacitación que permitan resolver desequilibrios entre oferta y demanda de capacidades. Como lo demuestra la experiencia de Alemania, Estados Unidos y Japón, por ejemplo, el sector público puede jugar un rol clave en la actualización de las capacidades de la fuerza laboral.

### 11.3. Apoyar a las PyMEs

Numerosos gobiernos de la región ya han desplegado programas enfocados en el aumento de capacidades y desarrollo de infraestructura tecnológica de PyMEs. Entre los ejemplos se cuentan las iniciativas del Ministerio de Industria, Comercio y PyMEs de República Dominicana, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina, y los centros de apoyo a la transformación digital desplegados por el Ministerio TIC de Colombia. Sin embargo, los datos recabados en este estudio señalan que la adopción de tecnologías digitales en este sector es muy incipiente, inclusive en el caso de tecnologías maduras como el comercio electrónico. No sorprende, entonces, que los entrevistados coincidan en señalar a este segmento de empresas como el eslabón débil en la transformación digital de las cadenas de suministro en ALC, especialmente cuando representan la mayor parte de proveedores, transportistas y distribuidores de productos.

Es por esto que los gobiernos deben incrementar sus esfuerzos para incentivar la transformación digital de estas empresas. Para ello, puede ser útil considerar las experiencias exitosas de los países avanzados, detalladas en el Capítulo 2. Un elemento clave en estas experiencias ha sido el despliegue de centros tecnológicos dedicados a PyMEs en sectores industriales específicos (por ejemplo, agricultura, producción textil y sector alimenticio). Estos centros han desarrollado hojas de ruta de transformación digital para PyMEs, plataformas

de diagnóstico para identificar y monitorear el estado de transformación (tal como la creada por el *Digital Manufacturing and Design Innovation Institute* en Estados Unidos), así como manuales que guían a las empresas en el sendero de la digitalización. Un elemento común a las diferentes experiencias es conformación de tales centros sobre la base de la colaboración entre los sectores público, privado y académico. Tal es el caso de la iniciativa *Fabbrica Inteligente* en Italia, patrocinada por una asociación público-privada para la promoción de la innovación en manufactura, donde se vincula a las PyMEs con proveedores de servicios tecnológicos y software para favorecer la capacitación y el desarrollo de casos de uso; o el caso de *Smart AKIS*, red europea que difunde tecnologías y soluciones de *Smart Farming* (Agricultura Inteligente) entre los agricultores europeos y que acerca a profesionales de la agricultura, la industria y la investigación para la identificación y desarrollo conjunto de soluciones inteligentes en respuesta a las necesidades de los agricultores. *Smart AKIS* está enmarcada en Asociación Europea para la Productividad y Sostenibilidad Agrícola (EIP-AGRI) y financiada por el programa europeo Horizonte 2020.

De manera similar, los gobiernos de la región pueden asociarse con empresas líderes en innovación tecnológica —tanto del sector tecnológico como empresas avanzadas en la implementación de tecnología— para incentivar la transformación de las PyMEs, apalancando los efectos de demostración y de derrame que poseen las empresas líderes. Entre los ejemplos de este tipo de práctica se cuentan la asociación del gobierno español con empresas privadas en el marco del programa *Industria Conectada 4.0*, así como la iniciativa de asesoría empresarial del programa francés *Industrie du Futur*.

Tercero, los gobiernos pueden considerar iniciativas de política pública que reduzcan los costos de inversión de capital para PyMEs. Ello puede incluir, por ejemplo, la reducción de impuestos y aranceles a la importación de equipamiento tecnológico y la facilitación del acceso a financiamiento para inversión. Además de las PyMEs, y con el objetivo de incentivar la innovación local, los gobiernos pueden apoyar el desarrollo de *start-ups* enfocadas en la creación de soluciones para las PyMEs, para así superar el obstáculo de la falta de tecnología adaptada a las condiciones especiales de estas empresas. El apoyo puede incluir acceso a financiamiento y la creación de entornos que faciliten el proceso innovador (infraestructura, centros tecnológicos, etc.).

#### 11.4. Digitalizar los facilitadores de la cadena de suministro

El rezago en la digitalización de infraestructuras y servicios logísticos, así como en procesos de control del comercio internacional (por ejemplo, aduanas, controles sanitarios y fitosanitarios), es una de las barreras más importantes que enfrentan los países de América Latina para lograr una transformación digital integral de la cadena de suministro. En efecto, tales facilitadores son clave para que el flujo de información, insumos y productos se realice de manera eficiente a lo largo de una cadena. El análisis de la situación actual ha evidenciado que, frente a la brecha de infraestructura de transporte existente en la región, los gobiernos tienden a priorizar inversiones físicas frente a las tecnológicas, al tiempo que la mayoría de los planes de transporte no incluyen componentes de adopción de tecnología para mejorar la gestión de los activos y del sistema de transporte.

En relación con los servicios logísticos, la región presenta una doble realidad, existiendo, por un lado, un grupo reducido de empresas multinacionales que han adoptado tecnologías para mejorar la trazabilidad y calidad de los productos en tránsito y, por otro, una mayoría de micro y pequeñas empresas del sector transporte terrestre con baja o nula adopción de tecnología. En este contexto, los entrevistados señalan al transporte terrestre como el principal proceso en la cadena donde suele perderse toda visibilidad.

Finalmente, si bien los países han avanzado en el establecimiento de ventanillas únicas de comercio exterior, existen aún procedimientos que deben ser realizados en papel y faltan portales únicos que reúnan toda la información de los procesos logísticos y de control de las operaciones de comercio exterior. Ante esta situación y siguiendo las buenas prácticas y experiencias relevadas en los países avanzados, es crucial definir una serie de iniciativas para estimular la adopción de tecnología en los nodos y procesos facilitadores de las cadenas de suministro.

En primer lugar, es clave actualizar los planes nacionales de transporte para incluir el componente tecnológico. Un caso relevante es el alemán, cuyos "Plan Federal de Infraestructura de Transporte 2030" y "Agenda Marítima 2025" señalan a la digitalización como uno de los ejes principales de intervención. En esta línea, la actualización de los planes de transporte debe reflejar tanto

los cambios que la tecnología están provocando en el sector, como los beneficios que la misma puede proveer para una mejor utilización de la infraestructura. Ejemplo de lo primero es el surgimiento de proveedores logísticos digitales, el *crowdshipping* y la internet física, lo que podría requerir realizar ajustes regulatorios en materias tales como seguridad de la carga, protección de datos y responsabilidad de los nuevos agentes digitales. Ejemplos de lo segundo son la consideración de adopción de tecnología dentro de los planes y obras de infraestructura; la implementación de sistemas de gestión de tráfico en tiempo real; la adecuación de la infraestructura de transporte para vehículos eléctricos y autónomos; y la digitalización de los datos y procesos del sector en una única plataforma interoperable con los sistemas utilizados por otros actores de la cadena de suministro.

Asimismo, sería conveniente que los gobiernos consideren crear una instancia institucional con capacidad de formulación de políticas públicas en estrategia tecnológica (denominado *Chief Information Officer* o *Chief Technology Officer*) dentro de los Ministerios de Transporte con el objetivo de trabajar sobre la concientización de la necesidad de encarar la transformación digital del sector. Este es el caso de Colombia, donde se ha creado una posición de este tipo en el Ministerio de Transporte. Una posición similar podría ser creada en los Ministerios de Industria, como contraparte del responsable en transporte. La responsabilidad en este caso sería promover la transformación digital de cadenas de suministro en sectores industriales.

En segundo lugar, dado el rezago de la transformación digital en las empresas de transporte terrestre, los gobiernos deben fortalecer la colaboración con asociaciones del sector, academia y empresas líderes, para incrementar la concientización y desarrollar planes que fomenten la transformación digital, especialmente en las pequeñas empresas. La comunidad académica puede proveer ejemplos de caso de uso, mejores prácticas y modelos de análisis para medir los beneficios de la transformación digital, ayudando así a mostrar a las PyMEs la importancia de encarar este esfuerzo. De manera similar, empresas del transporte que ya han empezado a transitar el camino de la transformación pueden ayudar a promover prácticas y resultados, actuando así como factor de demostración en la difusión de innovaciones. Finalmente, la introducción de programas de subsidio orientados a facilitar la com-

pra e instalación de tecnología digital en empresas de transporte terrestre, combinados estos con políticas de reducción de emisión de gases de carbono, puede representar un incentivo que facilite la transformación digital del sector.

En tercer lugar, los gobiernos deben desplegar un esfuerzo claro en la modernización tecnológica de agencias aduaneras. Si bien se evidencia un progreso en el área de despliegue de ventanillas únicas de comercio exterior y de instalación de tecnologías para el control no intrusivo de carga, todavía quedan retos en el área de procesamiento automatizado de información, a fin de reducir los tiempos y costos en el control de mercancías. Unido a esto, es necesario avanzar en la simplificación de todos los trámites y procesos del sector público relacionados con el funcionamiento de las cadenas de suministro.

En cuarto lugar, el rol del sector público es crítico para reducir la incertidumbre que generan las nuevas tecnologías digitales en aspectos como propiedad de datos, privacidad y ciberseguridad. Al respecto, sería conveniente que las autoridades comenzaran a trabajar en el desarrollo de marcos normativos específicos para regular el uso, por ejemplo, de blockchain, vehículos autónomos e Internet de las Cosas. Dado que tales marcos excederían las competencias específicas de los reguladores del sector transporte, se requeriría de autoridades reguladoras suprasectoriales, o del trabajo en estrecha coordinación con los entes reguladores del sistema financiero y de telecomunicaciones, entre otros.

En quinto lugar, los países de la región deben priorizar el despliegue de infraestructura de banda ancha fija ultrarrápida (fibra óptica en el acceso) y redes inalámbricas 5G, componentes esenciales de digitalización y de la transformación digital de cadenas de suministro. En particular, los gobiernos deben asignar suficiente espectro radioeléctrico armonizado en las bandas para 5G (80-100 MHz en la banda de 3.5 GHz y 1 GHz en bandas milimétricas arriba de 24 GHz. Esto requerirá el desarrollo de una hoja de ruta orientada a maximizar el uso de espectro radioeléctrico por país. Adicionalmente, resulta fundamental el impulso de estándares que permitan el despliegue de soluciones IoT.

Además de la infraestructura de telecomunicaciones, los gobiernos deben apoyar el desarrollo de estándares y normas para la transmisión de datos, que faciliten la

comunicación interorganizacional. Como observado de la experiencia internacional, las estrategias del sector público pueden variar. En general, existen tres modelos: (i) el modelo vertical, según el cual el gobierno es quien establece los estándares y normas (por ejemplo, el caso de China); (ii) el modelo horizontal, donde el sector privado asume el liderazgo en el desarrollo de estándares y el gobierno las institucionaliza (por ejemplo, Estados Unidos); y (iii) un modelo híbrido, en el cual los sectores público y privado trabajan de manera coordinada en el desarrollo de normas y estándares (por ejemplo, los casos Singapur, Corea del Sur y Alemania). Este último podría ser el más adecuado para los países de ALC. Así, el gobierno tendría el liderazgo en la migración a estándares de datos comunes, incluyendo al sector privado en su definición e implementación. Esfuerzos de estandarización de datos a nivel regional, como lo es acuerdo entre los gobiernos de Alemania, Francia e Italia, también podrían ayudar a complementar esta iniciativa.

### 11.5. Desarrollar marcos integrales de política pública

Como visto en el Capítulo 1, la interdependencia de actores y procesos en una cadena de suministro requiere que, para lograr los máximos beneficios de la adopción tecnológica, la transición hacia la Cadena de Suministro 4.0 debe ser realizada de manera sistémica, incluyendo a todos los actores y procesos de la misma. La experiencia internacional muestra que algunos países ya poseen estrategias integrales en este sentido, por ejemplo en los casos de la iniciativa *Industry 4.0* de Singapur y la Visión 2035 de China, los cuales abarcan aspectos de industria, infraestructura, logística, desarrollo tecnológico y modernización del sector público, entre otros. El análisis de las experiencias de América Latina evidenció que algunos países ya cuentan con estrategias de Industria 4.0 o Planes Logísticos (ver especialmente los casos de Brasil y México, en los Capítulos 6 y 8, respectivamente). En estos casos y en los que todavía se no cuentan con iniciativas para la transformación digital de las cadenas de suministro, es fundamental generar marcos de política integradores e instancias de coordinación interministerial, a fin de poder contar con los instrumentos necesarios para fomentar la adopción de tecnología 4.0 en todos los nodos y procesos de las cadenas de suministro.

Estos marcos de política para el fomento de la Cadena de Suministro 4.0 serán más eficaces en la medida de

que estén formulados como política de Estado. Los ciclos político-electorales y la volatilidad del contexto de negocio que caracteriza a la región ejercen un impacto negativo en el ritmo de inversión tecnológica. Esta última requiere un horizonte de inversión de más largo plazo para poder obtener los beneficios esperados. El apoyo de las más altas instancias de los sectores público y privado puede generar certidumbre sobre la existencia de un acuerdo a nivel país para fomentar la transformación digital.

Una vez formulados tales marcos de política, es importante establecer un esquema institucional que promueva la colaboración de las diferentes áreas de gobierno que actúan a lo largo de la cadena de suministro (por ejemplo, transporte, aduana, innovación e industria). Ello con el fin de facilitar la coordinación de políticas públicas específicas para cada sector. La coordinación a nivel nacional debe ser complementada con vínculos entre los niveles federal y los gobiernos estatales y municipales. Para evidenciar la importancia de esta colaboración, la misma debe ser liderada por los niveles más altos del poder ejecutivo (por ejemplo, el Gabinete de Ministros o el Ministro responsable de asuntos económicos). Tal es el papel que cumple el Ministerio Federal de Asuntos Económicos de Alemania.

Finalmente, el desarrollo e implementación de políticas públicas orientadas a la transformación digital de las cadenas de suministro debe estar basado en la disponibilidad de información actualizada sobre los niveles

de digitalización de nodos, procesos y facilitadores de dichas cadenas. Esto permitirá el despliegue de iniciativas enfocadas en las áreas más rezagadas, introduciendo mecanismos de priorización. La inclusión de indicadores de adopción de tecnología en las encuestas sectoriales y la realización de encuestas específicas sobre la transformación digital de las principales cadenas de suministro de un país pueden ser importantes medios para disponer de esta información. Ello puede estar asociado a la creación de un observatorio que monitoree la transformación digital de la cadena de suministro por sector industrial y la creación de una batería de indicadores para identificar avances y cuellos de botella. Este observatorio debe estar basado en un sistema estandarizado de métricas de desempeño y alimentado de insumos provistos por empresas, academia y gobierno.

### 11.6. El camino futuro

A modo de resumen, con base en los resultados del análisis de mejores prácticas y lecciones aprendidas en economías avanzadas, así como del estado de transformación digital de la cadena de suministro en ALC, puede definirse una serie de iniciativas para promover las Cadenas de Suministro 4.0 en la región. Estas se presentan en la Tabla 11-1, agrupadas en cinco ejes de intervención. Para cada eje, se señalan las iniciativas que corresponden al sector público, al sector privado y a las que pueden realizarse en colaboración entre ambos sectores.

Tabla 11-1. Iniciativas para incentivar la Cadena de Suministro 4.0 en ALC

Eje de intervención	Sector Público	Sector Privado	Colaboración público-privada
<b>1. Aprender de la experiencia de los sectores industriales más avanzados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar una estrategia de ciberseguridad para prevenir disrupciones en la cadena de suministro.</li> <li>• Impulsar el desarrollo de estándares y normas supranacionales en apoyo de la digitalización de la cadena de suministro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expandir el foco de transformación digital de la empresa incluyendo las relaciones entre actores de la cadena de suministro.</li> <li>• Desarrollar una hoja de ruta que guíe la transformación digital de la cadena de suministro dentro de cada empresa</li> <li>• Asignar responsabilidad de implementación de la transformación digital de la cadena de suministro a la alta gerencia.</li> <li>• Promover la experimentación tecnológica con base en pruebas piloto.</li> <li>• Monitorear empresas emergentes locales para identificar aplicaciones y tecnologías innovadoras.</li> <li>• Desarrollar la capacidad de prevención de intrusión de ciberseguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acelerar la colaboración enfocada en el desarrollo de estándares para la comunicación digital de actores participantes en la cadena de suministro.</li> <li>• Establecer mecanismos público-privados para la prevención de delitos de ciberseguridad.</li> </ul>	
<b>2. Resolver las barreras y desafíos del entorno regional</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar programas de capacitación orientados a resolver las limitaciones de capital humano y los desequilibrios entre demanda tecnológica y fuerza laboral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar tecnologías maduras de fácil implementación en el contexto latinoamericano para resolver desafíos en la cadena de suministro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar los factores del contexto regional (como el costo relativo de mano de obra, la falta de capital humano, o las dificultades en la adquisición de tecnologías digitales avanzadas) en la elaboración de planes nacionales de digitalización de la cadena de suministro.</li> </ul>	
<b>3. Apoyar a PyMEs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluir la transformación digital de la cadena de suministro en los planes existentes de apoyo a PyMEs.</li> <li>• Desplegar centros tecnológicos enfocados en sectores industriales específicos, orientados a proveer capacitación e instalaciones para pruebas piloto, a fin de que las PyMEs desarrollen capacidades específicas en apoyo de su transformación digital.</li> <li>• Reducir impuestos federales y estatales, así como aranceles a la importación de equipamiento para estimular la transformación digital de PyMEs.</li> <li>• Apoyar el desarrollo de empresas emergentes enfocadas en casos de uso de aplicaciones de tecnologías digitales en la cadena de suministro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer programas de capacitación y centros para el desarrollo de pruebas piloto enfocados en la transformación digital de proveedores de insumos.</li> <li>• Desarrollar programas de capacitación en transformación digital, orientados a empleados y gerencia.</li> <li>• Construir consorcios para negociar mejores condiciones en la adquisición de tecnología digital.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar hojas de ruta y manuales para ayudar a PyMEs a lanzar sus programas de transformación digital.</li> <li>• Promover la asociación con empresas proveedoras de servicios digitales para la creación de centros tecnológicos.</li> <li>• Promover los vínculos con grandes empresas tecnológicas para desarrollar capacidades de digitalización dentro de PyMEs.</li> <li>• Apalancar proveedores de tecnología en el desarrollo de centros de capacitación.</li> </ul>	

#### 4. Acelerar el desarrollo de facilitadores de la cadena de suministro

- Implementar un programa de incentivos para facilitar la adquisición e instalación de tecnologías digitales en empresas de transporte terrestre pequeñas y medianas.
- Desarrollar un programa intensivo de modernización tecnológica en agencias aduaneras y automatizar procesos que faciliten el flujo de mercancías.
- Simplificación de procesos y trámites en puertos, aduanas y otros entes.
- Articular IoT en las redes de transporte.
- Creación de un marco normativo para regular tecnologías como blockchain, vehículos autónomos e Internet de las Cosas.

- Promover la creación de empresas emergentes orientadas a resolver fallos de coordinación en la cadena de suministro (aplicaciones de inteligencia artificial, plataformas de vinculación entre transportistas y empresas, etc.).

- Implementar campañas de concientización orientadas a empresas de transporte terrestre para explicar los beneficios derivados de la transformación digital.
- Considerar la identificación de empresas avanzadas del sector que puedan jugar el papel de líderes en la promoción de la transformación digital de sus pares.

#### 5. Desarrollar marcos integrados de política pública

- Generar marcos de política integradores e instancias de coordinación interministerial para fomentar la adopción de tecnología 4.0 en todos los nodos y procesos de las cadenas de suministro.
- Anclar la transformación digital de la cadena de suministro en una política de Estado.
- Establecer un esquema institucional liderado por el más alto nivel ejecutivo, que promueva la colaboración de las diferentes áreas de gobierno que actúan a lo largo de la cadena de suministro.
- Generar información e indicadores para el monitoreo del estado de la transformación digital de las cadenas de suministro más importantes, lo cual puede estar acompañado por la creación de un observatorio de transformación digital.

- Compartir información y mejores prácticas para apoyar el desarrollo de políticas públicas.

- Involucrar al sector privado en el desarrollo de planes nacionales orientados a la transformación digital de la cadena de suministro.
- Análisis coordinado de las cadenas de suministro, guiado por objetivos de mejoramiento de la competitividad y la identificación de cuellos de botella.

# REFERENCIAS

- Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina de Estados Unidos (2018), *Renewing the National Commitment to the Interstate Highway System: A Foundation for the Future*, Washington, DC: The National Academies Press.
- ACATECH (2016). *Industrie 4.0 Platform*.
- Aydin, A. and Parker, R. (2017). *Innovation and Technology Diffusion in Competitive Supply Chains*. Mimeo.
- Banco Mundial (2019). *Logistics Performance Index (2007-18)*, Washington, DC.
- Baptista da Costa, F. (2012), *Transport Sector Emissions in Brazil: A Brief Overview*, Presentación al International Transportation Forum, Berlin, Germany, septiembre 2012.
- Barbero, J. and Guerrero, P. (2016). *El transporte automotor de carga en América Latina: soporte logístico de la producción y el comercio*, Washington: BID.
- Barbero, J., (2017). *La Logística Argentina: situación actual y mirada al futuro*, Presentación al 8th Meeting of Loaders and Operators of the Atlantic-Pacific Corridor, 12 octubre.
- Barbero, J. (2018), *El transporte, soporte para el desarrollo del agro*. Presentado en la Semana de la Ingeniería 2018, 5 de junio.
- BBVA Investigación (2018). *Perspectiva Económica de Brasil 3Q18*.
- BID (2019). *Desarrollo en las Américas 2020* (mimeo). Boston Consulting Group (2018), *Acelerando el desarrollo de Industria 4.0 en Argentina*. Buenos Aires. Business Insider (2018), "Amazon just revealed an update to its plan to promise massive profits to anyone who wants to start a delivery company", disponible en: <https://www.businessinsider.com/amazon-buys-mercedes-benz-vans-for-delivery-program-2018-9>.
- Business Insider (2018), "The challenges of last mile logistics & delivery technology solutions", disponible en: <https://www.businessinsider.com/last-mile-delivery-shipping-explained>.
- CAF (2017). *Perfil Logístico de América Latina*. Caracas.
- Calatayud, A. (2017). *The connected Supply Chain*. Interamerican Development Bank Discussion Paper IDB-DP-508.
- Calatayud, A Carlan, V., Sys, C., and Vanellander, T. (2018). *Digital Innovation in Maritime Supply Chains*. Interamerican development Bank Discussion paper No IDB-DP-577. Washington, DC.
- Calatayud, M., Katz, R. Betti, F. And Lechmacher, W. (2019). *Supply Chain 4.0: Global Practices and Lessons Learned for Latin America and the Caribbean*. Coligny: World Economic Forum.
- Carney, M. (2005). *Corporate governance and competitive advantage in family-controlled firms*. Entrepreneurship Theory and Practice, 29, 249-265.
- Cavallo, Alberto and Bertolotto, Manuel, *Serie completa de Inflación de Argentina desde 1943 a 2016 (Filling the Gap in Argentina's Inflation Data)*

- (18/05/2016). Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2787276> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2787276>.
- Cetic.Br (2017). *Investigación sobre el Uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en las Empresas Brasileñas*. Brasilia.
- Chrisman, J. J., Chua, J. H., Pearson, A. W., & Barnett, T. (2012). *Family involvement, family influence, and family centered non economic goals in small firms*. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 36, 267-293.
- Christopher, M. and M. Holweg.(2011). "Supply Chain 2.0: Managing Supply Chains in the Era of Turbulence." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 41(1): 63-82.
- CNBC (2019), "Amazon is rapidly expanding its air fleet to handle more of its own shipping", disponible en: <https://www.cnbc.com/2019/02/15/amazon-will-compete-with-fedex-and-ups-to-become-logistics-company.html>.
- CNN (2018), "Watch out FedEx and UPS: Amazon is growing its air fleet again", disponible en: <https://www.cnn.com/2018/12/21/tech/amazon-air-cargo-jets/index.html>.
- CNN (2017), "UPS Drivers May Tag Team Deliveries with Drones", disponible en: <http://money.cnn.com/2017/02/21/technology/ups-drone-delivery/?mod=djemlogistics>.
- Confederação Nacional da Indústria (2017). *Oportunidades para Indústria 4.0: aspectos da demanda e oferta no Brasil*: Brasilia.
- Daqua. (2017). *Retos y tendencias del Sector Logístico: México 2017*, Ciudad de México.
- De Massis, A., Kotlar, J., Mazzola, P., Minola, T., & Sciascia, S. (2016). "Conflicting selves: Family owners' multiple goals and self-control agency problems in private firms". *Entrepreneurship Theory and Practice*, October, 1-28.
- Deloitte (2017). 2016 *Global Manufacturing Competitiveness Index*.
- DHL (2015). *Internet of Things in Logistics, Germany*: DHL.
- EDB Singapore (2017), *The Singapore Smart Industry Index*.
- Estrella, V. (2018). "Conforman clúster de innovación logística", *El Economista*, 20 de abril, p. 32.
- Figueiredo, B. (2013). *El Programa de Inversión Logística: Un Proyecto Estratégico del Estado Brasileño*. Secretaría Ejecutiva de Asistencia al Inversor.
- Foro Económico Mundial (2017). *Shaping the Future of Production*. Coligny.
- Foro Económico Mundial (2018). *Informe de Competitividad Global 2018*. Coligny.
- Fundacao Dom Cabral. *Encuesta de Gastos Logísticos 2018*.
- George, G. (2005). Slack resources and the performance of privately held firms. *Academy of Management Journal*, 48, 661-676.
- Gobierno de Argentina. Subsecretaría de Planificación de Transporte de Cargas y Logística (2017). *Estudio Nacional de Cargas.*, Buenos Aires: Ministerio de Transporte.

- Gobierno de Argentina. INDEC (2018). *Cuentas Nacionales. Agregados macroeconómicos (PIB)*, Buenos Aires.
- Gobierno de Brasil. IBGE, Directora de Investigaciones (2014), *Coordinación de Metodología de las Estadísticas de Empresas, Registros y Clasificaciones, Registro Central de Empresas*, Brasilia.
- Gobierno de Brasil. Profuturo (2017). *Plan de CT&I para Producción Avanzada*, Brasilia: Diciembre.
- Gobierno de Colombia. Departamento Nacional de Planeación (2018). *Documento Técnico Misión de Logística y Comercio Exterior*.
- Gobierno de Mexico. Subsecretaria de Transporte (2017), *Estadística Básica del Autotransporte Federal*, Ciudad de Mexico.
- Gobierno de Mexico. Promexico. (2017) *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial es aquí*, Ciudad de Mexico: octubre.
- Gobierno de Mexico Subsecretaria de Transporte (2017). *Estadística Básica del Autotransporte Federal*, Ciudad de Mexico.
- Gobierno de Mexico. Promexico (2017). *Industria 4.0: La cuarta revolución industrial es aquí*. Ciudad de Mexico.
- Gobierno de Paraguay. *Dirección General de Transporte Terrestre - DINATRA*.
- Gobierno de Paraguay. *Paraguay: Implementación de un Plan Nacional de Logística*.
- iContainers (2018), disponible en <https://www.icontainers.com/us/2018/10/09/the-future-of-automation-at-terminals-and-ports/>.
- iprofesional.com/notas/270288-pbi-crecimiento-macri-consumo-inflacion-gasto-economia-inversion-ajuste-actividad-2019-cambiamos-2018-pbi-jp-morgan-Cuanto-crecera-la-Argentina-en-2018-segun-JP-Morgan.
- Katz, R. (2017). *Social and economic impact of digital transformation on the economy*. GSR-17 Discussion paper. Geneva: International Telecommunications Union.
- Katz, R., P. Dougal, S. de Urquiza and R. Fisch, (2017) *Digital Ecosystems: Innovation and Disruption in Latin America*, Miami: gA Center of Digital Business Transformation.
- Katz, R., M.-C. Duarte, F. Callorda, D. Durán and C. Meisl (2018), *Observatorio de la Economía Digital de Colombia*, MiTIC/Cámara de Comercio de Bogotá.
- McKinsey (2015). "The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype." June 2015. Available at: <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>. [Accessed 18 March 2017].
- La Porta, R., Lopez-de-Silanes, F., Shleifer, A., & Vishny, R. (1999). "Corporate ownership around the world". *Journal of Finance*, 54, 471-517.
- Mari, A. (2018). "El sector manufacturero brasileño abarca la Industria 4.0". *Brasil Tech*, 9 de julio.
- Merlino, M. and Spröge, I. (2017). "The augmented supply chain", *Procedia Engineering* 178:308-318.

- Moretto, A. and Rice, J. (2012). *Supply chain innovation: a conceptual framework*. MIT Center for Transportation and Logistics Working Paper, February 7.
- Roh J.J., Hong P., Park Y. (2008). "Organizational culture and supply chain strategy: a framework for effective information flows", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 21, No 4.
- Reuters (2017): *Wal-Mart buys delivery logistics startup Parcel*; <https://www.reuters.com/article/us-parcel-m-a-walmart/wal-mart-buys-deliverylogistics-startup-parcel-idUSKCN1C80DI>.
- Reuters (2018), "Volvo, FedEx test truck platooning on public U.S. road", disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-volvo-fedex-trucks/volvo-fedex-test-truck-platooning-on-public-u-s-road-idUSKBN1JN2JI>.
- Schwab, 2016.
- Siemens (2017). *Digitalización: Tendencias y perspectivas para Argentina 2017*, Siemens AG, Berlín y Munich.
- Siemens (2017). *Digitalización: Tendencias y soluciones para un Brasil más competitivo 2015*. Siemens AG, Berlín y Munich.
- The Economist (2019), *Uber is trying to disrupt the road-freight business*, disponible en: <https://www.economist.com/business/2019/05/16/uber-is-trying-to-disrupt-the-road-freight-business>.
- The Guardian (2016), "Convoy of self-driving trucks completes first European cross-border trip", disponible en: <https://www.theguardian.com/technology/2016/apr/07/convoy-self-driving-trucks-completes-first-european-cross-border-trip>.
- The Maritime Executive (2019), "Volvo truck's autonomous port transport", disponible en: <https://www.maritime-executive.com/index.php/article/watch-volvo-trucks-autonomous-port-transport>.
- Thorn, K (2005) "Science, Technology and Innovation in Argentina," Documento de trabajo del Departamento de Desarrollo Humano de la Región de América Latina y el Caribe del Banco Mundial, Washington, DC: septiembre.
- UK Government Office for Science (2019), "A time of unprecedented change in the transport system", disponible en: <https://www.gov.uk/government/news/uk-at-forefront-of-transport-innovation>.
- Volvo (2018), "Volvo Trucks provides autonomous transport solution to Brønnøy Kalk AS", disponible en: <https://www.volvotrucks.com/en-en/news/press-releases/2018/nov/pressrelease-181120.html>.
- Vox (2017): *This is how Walmart, Amazon, Target and others are coming up with new ways of getting more stuff to you faster*; <https://www.vox.com/2017/10/13/16392676/ecommerce-delivery-dominance-amazon-alibaba-last-mile-pickup-kiosk-locker>.
- Vox (2017), "Idaho is the second state to allow unmanned robots to deliver to your front door", disponible en: <https://www.vox.com/2017/3/27/15075048/idaho-unmanned-robots-law-delivery-starship>.
- WSJ (2018), "Why Your Ice Cream Will Ride in a Self-Driving Car Before You Do", disponible en: <https://www.wsj.com/articles/why-your-ice-cream-will-ride-in-a-self-driving-car-before-you-do-11546664589>.

WSJ (2019), "How Robots and Drones Will Change Retail Forever", disponible en: <https://www.wsj.com/articles/how-robots-and-drones-will-change-retail-forever-1539604800>.

Walmart (n.y.): Automation is reshaping work across America. A new Report explores the impact – and how communities might respond.; <https://corporate.walmart.com/2019/02/13/automation-is-reshaping-work-across-america-a-new-report-explores-the-impact-and-how-communities-might-respond>.

Wired (2016), "DHL's delivery drone can make drops quicker than a car", disponible en: <http://www.wired.co.uk/article/dhl-drone-delivery-germany>.

Zallicever, D. (2017). *Integración comercial y distribución de la producción: caracterización de las cadenas de valor regionales y mundiales de América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.

# INSTITUCIONES Y EMPRESAS ENTREVISTADAS

## Alemania

- DHL
- Lufthansa Cargo AG
- SAP
- Infosys
- Industry 4.0 Maturity Centre
- Institute for Applied Logistics
- Kühne Logistics University

## Francia

- Schneider Electric
- Industrie du Futur

## Japón

- Hitachi Vantara
- Mitsubishi Heavy Industries
- Manufacturing Industries Bureau, Ministry of Economy, Trade and Industry

## Singapur

- Singapore Economic Development Board

## España

- Dirección General de Industria y de Pequeñas y Medianas Empresas
- INDITEX

## Reino Unido

- Institute for Manufacturing, Department of Engineering, University of Cambridge

## Estados Unidos

- Procter & Gamble
- Materials Sciences and Engineering Department, MIT
- Global Federation of Competitiveness Councils

## Argentina

- Ledesma
- Tetrapak
- Los Grobo
- Pepsico Argentina
- Unilever
- Arcor
- BGH
- Newsan
- Ternium/Techint
- BMW
- GGM
- Grimoldi
- Panasonic Argentina
- Murchinson
- Servicios Portuarios
- Grupo Logístico Andreani
- Ford Argentina
- Mercedes Benz Argentina
- Secretaría de Comercio, Ministerio de la Producción

- Subsecretaría de Políticas de Desarrollo Productivo, Ministerio de la Producción
- Dirección de Modernización, Ministerio de la Producción
- Asociación Empresaria Argentina
- Comisión de Transportes, Unión Industrial Argentina
- Departamento de PyMEs y Desarrollo Regional, Unión Industrial Argentina
- Protejer
- Cámara de la Industria del Calzado
- Instituto del Transporte, Universidad de San Martín

### **Brasil**

- Bimbo Brasil
- Minerva
- Ford Brasil
- Whirlpool Brasil
- Panasonic Brasil
- Ternium/Techint
- Arcor Brasil
- Secretaría de Innovación y Nuevos Negocios, Ministerio de Industria
- Rolara
- Federación de Industrias de San Pablo
- Ab-inbev
- Universidad de San Pablo
- Departamento de Ingeniería Productiva, Universidad de San Pablo

### **Colombia**

- La Alquería
- Isuzu
- Sociedad Portuaria Santa Marta
- HP
- Logyca

- Pepsico
- Viceministerio de Transporte, Ministerio de Transporte
- Asociación Nacional de Comercio Exterior (ANALDEX)
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI)
- Universidad de los Andes

### **México**

- Grupo Bimbo, S.A.
- Perfetti Van Melle
- Refrescos
- Coppel S.A.
- Panasonic México
- General Motors México
- Grupo Alquimara
- Microsoft Digital
- Ford México
- Truck and Wheel
- Dirección de Innovación, Servicios y Comercio Interior, Secretaría de Economía
- Coordinación, Estrategia Digital Nacional
- Instituto Mexicano del Transporte
- Texas Transport Institute

### **Paraguay**

- Complejo Agroindustrial
- Chacomer
- Lunelli Textiles
- Serincar
- Pragmática
- Instituto de Investigaciones Estrategia, Competitividad y Sostenibilidad
- Global
- Puerto Caacupemí/San Francisco SA



# CADENA DE SUMINISTRO 4.0

Mejores Prácticas Internacionales y  
Hoja de Ruta para América Latina

