

# Sistemas logísticos flexibles

Cadenas de suministro  
inteligentes en  
América Latina

Daniel Álvarez  
Ricardo J. Sánchez



NACIONES UNIDAS

CEPAL

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

**Deseo registrarme**



NACIONES UNIDAS



[www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)



[www.instagram.com/publicacionesdelacepal](https://www.instagram.com/publicacionesdelacepal)



[www.facebook.com/publicacionesdelacepal](https://www.facebook.com/publicacionesdelacepal)



[www.issuu.com/publicacionescepal/stacks](http://www.issuu.com/publicacionescepal/stacks)



[www.cepal.org/es/publicaciones/apps](http://www.cepal.org/es/publicaciones/apps)

SERIE

**COMERCIO INTERNACIONAL**

**171**

# **Sistemas logísticos flexibles**

Cadenas de suministro inteligentes  
en América Latina

Daniel Álvarez  
Ricardo J. Sánchez



NACIONES UNIDAS

**CEPAL**

Este documento fue preparado por Daniel Álvarez, Consultor de la Unidad de Servicios de Infraestructura, División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y Ricardo J. Sánchez, Jefe de dicha Unidad. El estudio fue realizado con el apoyo del programa ordinario de cooperación técnica de la CEPAL, en el marco de las actividades del proyecto de la Cuenta de las Naciones Unidas para el Desarrollo "Transport and trade connectivity in the age of pandemics", en el que participan la Comisión Económica para África (CEPA), la CEPAL, la Comisión Económica para Europa (CEPE), la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP), la Comisión Económica y Social para Asia Occidental (CESPAO) y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD).

Los autores desean expresar su agradecimiento a José Barbero, Rodrigo M. Díaz, Jorge A. Lupano y Eric Petri Zuleta por sus valiosas contribuciones a la revisión del documento.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

Publicación de las Naciones Unidas  
ISSN: 1680-872X (versión electrónica)  
ISSN: 1680-869X (versión impresa)  
LC/TS.2022/168  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2022  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.22-00850

Esta publicación debe citarse como: D. Álvarez y R. J. Sánchez, "Sistemas logísticos flexibles: cadenas de suministro inteligentes en América Latina", *serie Comercio Internacional*, N° 171 (LC/TS.2022/168), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

# Índice

Resumen .....	7
Introducción .....	9
<b>I. Factores determinantes para la implementación tecnológica; cadenas de suministro inteligentes en América Latina .....</b>	<b>11</b>
A. Aspectos institucionales para la transformación digital .....	11
1. Centralización en la formulación de políticas públicas digitales .....	11
2. Transversalidad institucional .....	11
3. Liderazgo del poder ejecutivo.....	12
4. Participación del sector privado .....	12
B. Factores de contexto para la transformación digital en las cadenas de suministro.....	12
1. Grado de inserción en cadenas de suministro globales .....	13
2. Grado de integración vertical.....	13
3. Nivel de intensidad competitiva .....	13
4. Economía del país.....	13
C. Caracterización de las tendencias tecnológicas actuales .....	15
1. Conectividad .....	16
2. Colaboración .....	17
3. Capitalización .....	18
<b>II. La conectividad en la región .....</b>	<b>21</b>
A. Sistema logístico y sistemas de transporte asociados.....	21
1. Transporte automotor (TAC) .....	21
2. Transporte ferroviario.....	22
3. Transporte marítimo y fluvial.....	23
4. Transporte aéreo .....	24
5. Sistema logístico América Latina.....	25
6. Nodos logísticos .....	26

7	Ámbitos logísticos .....	27
8.	Corredores logísticos .....	28
B.	Conectividad de internet .....	30
1.	Análisis de performance y uso de internet .....	30
C.	Infraestructura de internet .....	35
1.	Puntos de Intercambio de Tráfico: IXP .....	35
2.	Redes de Distribución de Contenidos: CDN .....	36
3.	Cables submarinos .....	36
4.	Centros de datos .....	38
5.	Torres o radio bases.....	39
D.	5G: beneficios esperados y requisitos para su desarrollo en la región .....	40
<b>III.</b>	<b>Configuración espacial y vinculación de tecnologías smart con las cadenas de valor en la región .....</b>	<b>43</b>
A.	Cadena automotriz: México .....	43
1.	Revisión de la cadena y su configuración espacial .....	43
2.	Soluciones tecnológicas .....	45
B.	Cadenas de la soya y el maíz: Argentina .....	46
1.	Revisión de la cadena y su configuración espacial .....	46
2.	Soluciones tecnológicas .....	49
C.	Cadena del mineral de hierro: Brasil .....	50
1.	Revisión de la cadena y su configuración espacial .....	50
2.	Soluciones tecnológicas .....	52
<b>IV.</b>	<b>Mejoras de interoperabilidad e integración del sistema logístico regional .....</b>	<b>55</b>
A.	Ventanillas Únicas de Comercio Exterior como herramienta de facilitación e integración de nodos fronterizos.....	55
B.	Sistemas de Comunidad Portuaria (PCS) para continuar fortaleciendo la interoperabilidad en las cadenas de suministro.....	61
C.	Potencialidad del uso de blockchain en Ventanillas Únicas.....	64
1.	Interoperabilidad limitada .....	64
2.	Persistencia del papel y falta de automatización.....	64
3.	Trazabilidad limitada de los bienes de las cadenas de valor.....	65
4.	Preocupación sobre la confiabilidad de los datos .....	65
D.	Principales resultados.....	65
<b>V.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>69</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>71</b>
	<b>Anexo .....</b>	<b>73</b>
	Anexo 1 .....	74
	Serie Comercio Internacional: números publicados .....	78
	<b>Cuadros</b>	
Cuadro 1	Brechas de adopción de tecnología entre grandes empresas y Pymes: Colombia .....	14
Cuadro 2	Nodos logísticos primarios y emergentes .....	26
Cuadro 3	Ámbitos logísticos primarios de la región .....	27
Cuadro 4	Corredores de integración regional México y Mesoamérica .....	28

Cuadro 5	Situación en cuanto a inversión por habitante y cobertura América Latina vs. OCDE y China .....	34
Cuadro 6	Cantidad de habitantes por antena.....	39
Cuadro 7	Situación VUCE en la región por país .....	57
Cuadro 8	Cantidad de organismos incluidos por VUCE y país, 2015 .....	59
Cuadro 9	Procedimientos incluidos por VUCE y país, 2015.....	60
Cuadro 10	Tipos de Ventanillas Únicas .....	62
Cuadro 11	Situación de las implementaciones PCS en la región .....	63
Cuadro A1	Nodos de Comercio Exterior e intermedios de distribución.....	74
Cuadro A2	Ámbitos logísticos secundarios.....	75
Cuadro A3	Corredores logísticos domésticos .....	76

### Gráficos

Gráfico 1	Porcentaje de usuarios de internet sobre población total, período 2015-2019.....	30
Gráfico 2	Penetración de banda ancha fija "BAF", período 2015-2019.....	31
Gráfico 3	Penetración de banda ancha móvil "BAM", período 2015-2019.....	31
Gráfico 4	Porcentaje población con acceso a algún tipo de red celular, período 2015-2019 .....	32
Gráfico 5	Porcentaje población con acceso al menos a redes 3G, período 2015-2019 .....	32
Gráfico 6	Porcentaje de población con acceso al menos a redes 4G, período 2015-2019 .....	33
Gráfico 7	Velocidades promedio: Banda Ancha Fija (BAF) y Móvil (BAM).....	33
Gráfico 8	Porcentaje de hogares con acceso a internet en ámbitos rural y urbano, período 2015-2019.....	34
Gráfico 9	Digitalización cadena de suministro año 2018 .....	35

### Diagramas

Diagrama 1	Nodos logísticos de la región .....	26
Diagrama 2	Ámbitos logísticos de la región .....	27
Diagrama 3	Corredores logísticos de la región .....	28
Diagrama 4	Cadena automotriz: México .....	44
Diagrama 5	Cadena de la soya: Argentina .....	49
Diagrama 6	Cadena del maíz: Argentina.....	49
Diagrama 7	Cadena del mineral de hierro: Brasil .....	52

### Mapas

Mapa 1	Sistema logístico de la región .....	29
Mapa 2	Conexiones de cables submarinos de fibra óptica en América Latina y el Caribe.....	37
Mapa 3	Conexiones terrestres de fibra óptica en América Latina y el Caribe .....	38

### Imágenes

Imagen 1	Esquema ampliado de una VUCE.....	56
Imagen 2	Participantes en un Sistema de Comunidad Portuaria (PCS).....	60
Imagen 3	Participantes en un Sistema de Comunidad Portuaria (PCS).....	61



## Resumen

La industria 4.0 y las nuevas tecnologías digitales forman parte de un ecosistema en rápida evolución que cuenta con varias herramientas que se complementan. El ritmo intenso de innovación produce nuevas oportunidades de desarrollo, que exigen respuesta de los sistemas de logística y transporte para satisfacer a los diferentes y cambiantes comportamientos y expectativas de los consumidores. En este contexto, el término Smart Logistics ha sido empleado ampliamente para describir sistemas logísticos que son flexibles y capaces de adaptarse a los cambios del mercado y a las necesidades de proveedores y clientes, facilitando el acceso a la información y permitiendo el desarrollo de nuevos modelos de negocio.

Este documento brinda un análisis de estos sistemas logísticos flexibles o cadenas de suministro inteligentes en América Latina, con el objetivo de comprender las condiciones disponibles y aspectos fundamentales para lograr procesos de transformación digital en la región. El estudio considera el contexto de cada país frente a la incorporación de tecnología y la importancia de temas institucionales, como la necesidad de un mecanismo de coordinación de políticas públicas para la digitalización, la importancia de líderes públicos de alto nivel y la participación del sector privado para que la transformación digital sea posible.

Para avanzar en el tema, se estudian las tendencias tecnológicas actuales en la región, como la conectividad de internet, los niveles de performance y uso de las redes 3G, y consideraciones sobre la infraestructura tecnológica necesaria para la transformación digital. También se observan temas como los beneficios esperados y requisitos para la implementación del 5G, así como las brechas tecnológicas existentes entre los ámbitos rural y urbano, entre empresas grandes y las PYMES, y entre América Latina y los países de la OCDE en este contexto. Además, este informe analiza las características del sistema logístico en la región, sus principales nodos, ámbitos y corredores logísticos, así como la situación de la conectividad de transporte y las posibles aplicaciones de las nuevas tecnologías en diferentes cadenas de suministro.

Por fin, se revisan soluciones para mejorar la interoperabilidad logística regional, como la posibilidad de incorporación de Ventanillas Únicas de Comercio Exterior (VUCE), Sistemas de

Comunidad Portuaria (o PCS, de la sigla en inglés para Port Community Systems) y la potencialidad del uso de blockchain. Las cadenas de suministro inteligentes se basan en un ambiente de colaboración activa, condición que exige la integración de procesos y sistemas de gestión entre distintas organizaciones para avanzar en la digitalización. De esa manera, las soluciones que ofrece el Smart Logistics permitirían operaciones logísticas regionales cada vez más integradas, eficientes e inteligentes.

## Introducción

En la literatura, se reconoce ampliamente que el nuevo paradigma de la Industria 4.0 traerá varias oportunidades para una mejora significativa en diferentes aspectos de la logística, como la eficiencia, la sostenibilidad o la capacidad de respuesta a los clientes. Los componentes clave de la Industria 4.0, en particular, los Sistemas Ciberfísicos (CPS) y el Internet Industrial de las Cosas (IIoT), posibilitan el rastreo en tiempo real de materiales dentro y fuera de las fábricas, permitiendo en consecuencia una mejora interna y gestión logística externa. De hecho, la logística 4.0 se refiere tanto a i) una perspectiva técnica; que se relaciona con el uso de herramientas y tecnologías digitales para la logística, y ii) una perspectiva procedimental; que se ocupa de las actividades operativas realizadas internamente en los procesos logísticos. Para investigar sobre las tecnologías de la Industria 4.0 aplicadas a la logística, se ha empleado ampliamente el término Smart Logistics, refiriéndose a sistemas logísticos que son flexibles y capaces de ajustarse según los cambios del mercado y las necesidades de proveedores y clientes.

El transporte de carga y la logística juega un rol fundamental en el movimiento continuo de materiales y productos terminados en las cadenas de suministro. Como muchas otras industrias, el sector del transporte de carga y la logística está experimentando un impulso significativo en los procesos de digitalización. La digitalización se refiere al uso de tecnologías para respaldar las decisiones y la gestión del transporte y la logística de mercancías. Con frecuencia implica cambios significativos: i) dentro de las organizaciones, como cambios en los modelos y procesos productivos y de negocios; ii) entre organizaciones, como configuraciones de gobernanza, relacionales, técnicas y de procesos; y iii) a nivel de ecosistema de la industria: modificaciones del statu quo y aparición de nuevos proveedores de productos o servicios.

Los avances tecnológicos como la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático, 5G, tecnología de gestión distribuida en blockchain, computación predominante, análisis de datos y tecnología inmersiva se están desarrollando a un ritmo intenso. Estos avances están transformando el statu quo del sector del transporte de cargas y logística, acelerándose durante la pandemia de COVID-19. Los cambios significativos en los comportamientos y expectativas de los clientes y los consumidores, facilitados por el acceso ubicuo a la información, el comercio electrónico y los servicios digitales, han transformado aún más la industria.

La digitalización del transporte de carga y la logística puede influir en diferentes niveles. Posee un gran potencial para contribuir en las ventajas competitivas organizacionales. La digitalización puede mejorar la sostenibilidad del transporte con respecto a las dimensiones físicas, ambientales, económicas y sociales. Los avances tecnológicos también permiten una movilidad fluida entre diferentes modos de transporte y un ecosistema de transporte de carga global más integrado.

La digitalización también conduce a la aparición de nuevos modelos de negocios en la industria, por ejemplo, la logística como servicio (logistics-as-a-service), incluidos los microcentros de cumplimiento (micro-fulfilment centers) y la movilidad como servicio (mobility-as-a-service). Estos modelos de negocio también pueden estar respaldados por los nuevos modelos financieros que ofrece la digitalización, como el uso de criptomonedas e Internet de las cosas (IOT). El avance de las ciudades inteligentes y la planificación del transporte también están siendo influenciados por estas tecnologías.

## A. Objetivo y estructura del informe

El presente informe tiene como objetivo profundizar el análisis con respecto a ciertas cuestiones referidas a las cadenas de suministro inteligentes en la región. Se busca comprender aspectos determinantes para la transformación digital de las cadenas, temas de conectividad y posibilidades de incorporación tecnológica en un grupo de cadenas de valor. En este sentido, fueron analizadas diferentes alternativas de interoperabilidad para la región y por último se profundiza la situación con respecto a las redes 5G.

La estructura del informe es la siguiente:

- En el capítulo 1 se definen algunos aspectos considerados determinantes para el logro de la transformación digital en las cadenas de suministro. Aquí se consideran temas institucionales y aspectos que explican el contexto de cada país frente a la incorporación de tecnología.
- En el capítulo 2, se estudia la conectividad de la región tanto en términos de su sistema logístico y sus sistemas de transporte asociados, a su vez vinculados con la situación de internet. Se incluye la situación de las redes 5G en la región analizando los alcances de los posibles beneficios, y a su vez los requisitos para su correcto desarrollo.
- En el capítulo 3, se realiza una revisión de cadenas de valor y suministro (cadena automotriz, soja; trigo; maíz y mineral de hierro) enfatizando algunos aspectos que indican cómo se configuran espacialmente y los modos de transporte utilizados en las diferentes etapas de las cadenas de suministro. Posteriormente el abordaje de la temática continúa con un análisis que permite comprender las posibles incorporaciones tecnológicas en diferentes cadenas, las cuales involucran distintos productos.
- En el capítulo 4 se revisan soluciones y alternativas de interoperabilidad para el sistema logístico regional, donde se plantea un análisis sobre la incorporación de blockchain a partir de la identificación de posibles casos.
- Por último, se expone la conclusión del informe y las referencias utilizadas para su elaboración.

# **I. Factores determinantes para la implementación tecnológica; cadenas de suministro inteligentes en América Latina**

## **A. Aspectos institucionales para la transformación digital**

Para lograr un adecuado desarrollo institucional que aliente el progreso de los procesos de transformación digital en los países de la región, según Katz (2015) se indican un conjunto de aspectos que pueden ser considerados relevantes. Partiendo de las referidas premisas, a continuación se destacan especialmente cuatro factores debido a su posible aplicación en la gestión de las cadenas de suministro inteligentes.

### **1. Centralización en la formulación de políticas públicas digitales**

Es necesario que los gobiernos de la región establezcan un organismo que centralice la definición de las políticas de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el país a considerar. Como un caso ejemplificador en la región, se considera Colombia donde existe un Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones.

### **2. Transversalidad institucional**

A su vez, es relevante que cada una de las áreas de gobierno posean un rol en la participación y ejecución de las políticas públicas de transformación, impuestas por el organismo coordinador que interviene en los planes del sector. Es decir, centrar el énfasis en que la innovación ocurra de manera activa en las distintas áreas de gobierno, a pesar de que estas no sean las encargadas directas de la coordinación de las políticas generales referidas a los aspectos tecnológicos.

### **3. Liderazgo del poder ejecutivo**

El poder ejecutivo debería cumplir un rol clave de liderazgo para promover el desarrollo de las políticas referidas a las TICs. En este sentido se recomienda, mantener una agenda activa en los altos niveles de gobierno, esto redundaría en una mayor incidencia en la ejecución de planes y políticas. El resultado de esta situación puede verse reflejado en la práctica por la presencia de presidentes, ministros o funcionarios de elevada jerarquía en actos públicos vinculados a la temática; en definiciones clave del sector y liderando la agenda en forma proactiva.

### **4. Participación del sector privado**

El rol de los actores privados debe tener un grado certero y definido de formalización en la toma de decisiones. Como es el caso de los países asiáticos, algo usual por motivos culturales, mientras que en la región no es una situación habitual. En Colombia participa el sector privado, pero su rol está más referido a consultas o pedidos de sugerencias. Esta forma de institucionalidad puede implicar el fortalecimiento en la toma de decisiones racionales con mayores consensos para el sistema en su conjunto.

## **B. Factores de contexto para la transformación digital en las cadenas de suministro**

En el contexto de las cadenas de suministro inteligentes en América Latina, las empresas multinacionales y las grandes compañías de la región, presentan un profundo conocimiento con respecto a las tecnologías digitales más avanzadas tomando decisiones adecuadas referidas a la innovación tecnológica, reconociendo la importancia de su adopción en los procesos de cada organización. Sin embargo, en el caso de las empresas pequeñas y medianas, Pymes, la situación cambia debido a que en ellas el nivel de conocimiento sobre los beneficios derivados de la incorporación de tecnologías inteligentes, las mejoras esperadas en las operaciones y las prioridades de su incorporación no suele ser elevado. Observándose una notable diferencia en cuanto al grado de incorporación de tecnologías inteligentes a las cadenas de suministro, entre las organizaciones más grandes y sus proveedores asociados en comparación con las Pymes de la región. En relación con los conceptos señalados, la situación de la región respecto a las grandes empresas multinacionales es que no mantienen, en algunos casos, el mismo ritmo de incorporación de tecnologías comparado con los avances de las mismas organizaciones en los países centrales.

Otro de los aspectos a destacar es la disparidad en la incorporación tecnológica entre las diferentes cadenas de valor. En este sentido, la cadena de valor automotriz suele ser pionera adoptando en forma proactiva las tecnologías más avanzadas e incluso manteniendo estrategias globales de implementación de nuevas tecnologías. Es decir, en el sector automotriz es esperable encontrar tecnologías similares sin importar la ubicación de las instalaciones debido a que las tecnologías representan un factor estratégico en esta actividad. Por otra parte, otros procesos productivos muestran un menor dinamismo en la adquisición de tecnologías debido a que sus estrategias de competitividad están más enfocadas en la disminución de los costos laborales debido a los bajos salarios relativos de la región. Según Katz y Calatayud (2019), existen explicaciones relacionadas con un grupo de factores principales en cuanto a las condiciones de un sector para lograr procesos de transformación digital en su cadena de suministro, entre los cuales se distinguen los siguientes:

### 1. Grado de inserción en cadenas de suministro globales

Las empresas que pertenecen a cadenas globales generan un efecto derrame en sus subsidiarias locales aprovechando los avances tecnológicos de las casas matrices.

### 2. Grado de integración vertical

Las empresas que presentan un grado de integración vertical elevado suelen ser más propensas a incorporar innovaciones tecnológicas con la finalidad de reducir costos. Esto es débito al objetivo de lograr un nivel de eficiencia integral en numerosos procesos que constituyen las etapas de la organización productiva.

### 3. Nivel de intensidad competitiva

Aquellos sectores donde es posible que exista un mayor nivel de intensidad competitiva, suelen ser los más propensos a convertir sus cadenas de suministro en procesos más inteligentes debido a que se encuentran aplicando planes de innovación continua. De esta forma pueden evitarse interrupciones en los procesos innovadores causados por la aparición de nuevos actores.

### 4. Economía del país

Un último factor a considerar es el tamaño de la economía del país. Es decir, aquellas economías de menor tamaño suelen presentar un nivel de desarrollo de transformación digital en sus cadenas de suministro inferior a las economías más importantes.

Respecto a las **barreras** regionales principalmente pueden señalarse:

- **Inestabilidad política y económica.** La situación de inestabilidad política y económica que se observa en numerosos países de la región constituye un obstáculo y falta de incentivo a las inversiones o reducción en la incorporación tecnológica por parte de las compañías extranjeras.
- **Bajos costos laborales que compiten con beneficios de nuevas tecnologías.** Dado que uno de los principales beneficios de incorporar tecnologías suele ser la reducción de costos laborales, la región presenta situaciones donde los bajos costos de la mano de obra desalientan la aplicación de tecnología. Existen casos en los cuales la inversión requerida por una tecnología en particular, no supone los suficientes incentivos en relación con la reducción de los costos laborales.
- **Disponibilidad limitada de tecnologías adaptadas a las necesidades locales.** Debido a que no existe una oferta acorde a los requerimientos de la región, en muchos casos las empresas necesitan acudir a compañías extranjeras lo cual implica mayores inversiones.
- **Reducida oferta de servicios para la implementación y mantenimiento de nuevas tecnologías.** Vinculado con el factor precedente, suele observarse cierto nivel de ausencia de empresas prestadoras de servicios de mantenimiento e instalación adecuadas a las nuevas tecnologías.
- **Desconocimiento y/o falta de priorización por parte de mandos medios y gerenciales y falta de trabajadores calificados.** Esto se debe a la carencia de conocimiento necesario, respecto a las tecnologías más apropiadas para lograr la transformación digital de las cadenas de suministro.

- **Resistencia cultural por aspectos generacionales y por temor a la pérdida de puestos de trabajo.** Las estructuras organizacionales donde abundan tomadores de decisiones de mayor edad, pertenecientes a generaciones previas, suelen ser menos proclives a la hora de aceptar las nuevas tecnologías, en general debido a la falta de comprensión de los beneficios de cada tecnología y sus ventajas. También, un conflicto relevante para la incorporación de nuevas tecnologías suele ser la posible reducción de puestos de trabajo y las consecuentes presiones sindicales.
- **Escasa oferta de talentos especializados y con habilidades de liderazgo para conducir procesos de transformación en empresas pequeñas y medianas.** Como se indicó previamente, las Pymes suelen ser organizaciones donde las soluciones tecnológicas no son fácilmente adquiridas. Esta situación en general se debe a la falta de comprensión tanto de las características de cada tecnología, como por el desconocimiento de las distintas alternativas posibles y su aplicación práctica para lograr mejoras en los procesos productivos. Sumado a esto, las soluciones observadas en el mercado suelen estar enfocadas hacia las grandes empresas.

En el caso de Colombia, fue realizado un estudio para entender el orden de magnitud de las brechas tecnológicas entre las empresas grandes y las Pymes; los resultados se presentan a continuación, en el análisis fueron individualizados dos sectores de actividad para facilitar su comprensión.

**Cuadro 1**  
**Brechas de adopción de tecnología entre grandes empresas y Pymes: Colombia**  
(En porcentajes)

Tecnología	Total (muestra de 2 141 empresas)		Sector secundario (muestra de 551 empresas)		Sector terciario (muestra de 1 090 empresas)	
	Grandes empresas	Pymes	Grandes empresas	Pymes	Grandes empresas	Pymes
Internet de las cosas	17,7	9,9	17,1	12,8	20,0	11,1
Sistemas robóticos	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	0,0	4,4	2,3
Inteligencia artificial	4,4	2,4	0,0	0,3	7,8	4,3

Fuente: Katz y Calatayud (2019).

Entre los diferentes factores también se considera que en la región, los avances en infraestructura del transporte durante los últimos años han sido importantes, pero aún se encuentran distantes de la situación deseable comparando con países centrales. Sin embargo, en casos donde se pudo lograr un desarrollo notable como por ejemplo en los puertos, es posible observar un mayor nivel de incorporación tecnológica en los procesos lo cual optimizó el sistema en su conjunto. Como ejemplos pueden considerarse, los puertos de Colombia con el diseño de un plan de modernización integral; Paraguay donde algunos puertos fluviales adquirieron sistemas de trazabilidad por GPS y radiofrecuencia y Argentina donde las terminales incluyeron algunas soluciones de IoT para verificar niveles de inventario y condiciones de los granos en silos entre otras innovaciones. Si bien en el ámbito portuario se detectan ciertas mejoras desde la vinculación náutica (conexión muelle-buque), la situación cambia al analizar las restricciones de accesibilidad a los puertos mediante las redes de transporte terrestre, principalmente por un nivel de coordinación poco desarrollado con las instituciones encargadas de la planificación de las infraestructuras de transporte y desde las políticas de planificación urbana, relacionadas con las interfaces puerto ciudad.

Entre los operadores logísticos locales también cabe señalar que es frecuente observar un reducido nivel de incorporación tecnológica. Esto puede reflejarse en los bajos niveles de digitalización asociados, donde todavía persisten muchos procedimientos que incluyen registros en papel con un nulo o escaso grado de digitalización. Por ejemplo, en el caso del transporte terrestre la causa de dicho retraso puede asociarse a la atomización de los transportistas por camión, con una parte de ellos informales, que no cuentan con los requisitos necesarios para acceder al financiamiento y disponen de insuficientes capacidades para incorporar tecnología a sus operaciones.

En los casos que las dificultades mencionadas pudieron ser contrarrestadas, la explicación radica en dos tendencias que fueron consolidándose:

- i) Determinados proveedores de servicios logísticos que ya cuentan con cierto grado de digitalización, que incorporaron a los servicios de transporte ofertado un conjunto de soluciones tecnológicas.
- ii) Empresas tecnológicas que desarrollan plataformas para incrementar la coordinación entre los proveedores de servicios logísticos, transportistas y usuarios de estos servicios.

Otro factor que deberá ser considerado está referido a la infraestructura necesaria en el desarrollo de las cadenas de suministro inteligentes. Dicha infraestructura consiste principalmente en la dotación de redes de telecomunicaciones y al despliegue de banda ancha móvil, ambas con una velocidad adecuada para los servicios que se intenten implementar. Respecto a las redes de telecomunicaciones, la principal limitante en general está asociada con aquellas zonas aisladas donde pueden existir centros industriales o actividades productivas. También, es necesario considerar, que los países de la región han desarrollado una serie de políticas para promover algunos de los principales componentes de las cadenas de suministro inteligentes. Es fundamental que exista un tratamiento transversal y coordinado a través de estrategias nacionales que favorezcan el desarrollo de la transformación digital en las cadenas de suministro. Finalmente, se destacan escasos intentos de promoción al sector privado para su adaptación a los desafíos necesarios para la consolidación de las cadenas de suministro inteligentes, siendo estas iniciativas fundamentales para lograr la necesaria difusión de los procesos tecnológicos.

## C. Caracterización de las tendencias tecnológicas actuales

Gartner, conocido por su metodología de investigación de ciclos prospectivos para la tecnología emergente, en su última revisión (2020) describe las 8 principales tendencias tecnológicas de la cadena de suministro: IA, computación de frontera, redes 5G, tecnología de experiencia inmersiva, gemelos digitales de la cadena de suministro, gobernanza y seguridad de la cadena. De manera similar, DHL uno de los proveedores de servicios logísticos más grandes del mundo, publicó su quinta edición de Logistics Trend Radar (2020) y también identificó el blockchain, programación de aplicaciones en la nube (API), vehículos autónomos e impresión 3D o fabricación aditiva, como tecnología de impacto que transformará la gestión logística futura.

Una revisión extensa encargada por el gobierno del Reino Unido extrae conclusiones similares sobre estas tecnologías emergentes, con un énfasis adicional en la importancia de la tecnología de las redes sociales. La literatura académica también coincide plenamente con los puntos de vista referidos al impacto de estas tecnologías emergentes. El conjunto de diferentes desarrollos tecnológicos, están impulsando cambios importantes en la cadena de suministro y los sistemas logísticos.

Un aspecto fundamental de cualquier iniciativa de digitalización en los sistemas logísticos es la necesidad de contar con una infraestructura de tecnología de la información y comunicaciones TIC adecuada para la captura, almacenamiento, procesamiento e intercambio de datos, necesaria para construir una conectividad digital sólida dentro y entre las organizaciones. Los avances tecnológicos, indicados en los siguientes puntos, son desarrollos con impactos relevantes para las tecnologías analizadas.

## 1. Conectividad

La computación en la nube, inicialmente conocida como computación de servicios públicos o computación bajo demanda, se ha convertido en la principal tendencia después de más de una década de desarrollo. Al utilizar una red de servidores remotos alojados en Internet para almacenar, administrar y procesar datos, la computación en la nube permite a terceros alojar sistemas de TIC como servicio a sus clientes. La computación en la nube ofrece un modelo elástico basado en una modalidad de uso en que las organizaciones de usuarios pagan solo por los recursos que necesitan en la nube. Su flexibilidad y facilidad reducen significativamente las barreras de entrada para que las pequeñas y medianas empresas Pymes puedan utilizar el sistema. Por ejemplo, los transportistas han utilizado plataformas de Internet basadas en la nube para las operaciones de logística y transporte que permiten a las organizaciones relacionadas "conectarse y operar" o "connecting and play", en lugar de construir costosos enlaces dedicados de intercambio de datos electrónicos (EDI). Los proveedores de soluciones de movilidad de transporte, en lugar de vender dispositivos telemáticos a los operadores de flotas, arrendan esos dispositivos y ofrecen servicios de seguimiento bajo demanda basados en la nube (Muynck y Duran 2019). Desde la infraestructura como servicio (IaaS) y el software como servicio (SaaS) hasta la plataforma como servicio (PaaS), la computación en la nube ofrece tecnología flexible para los sistemas logísticos, por lo tanto permite un escalado flexible hacia arriba o hacia abajo según la capacidad necesaria. La investigación sobre cómo la computación en la nube puede contribuir a la sustentabilidad de la logística también se ha propuesto al considerar unos sistemas logísticos optimizados en sus aspectos ambientales. Se espera que la implementación de soluciones en la nube aumente con la conectividad mejorada que ofrece la tecnología de telecomunicaciones de fibra óptica extendida y 5G.

La quinta generación de tecnología de telecomunicaciones móviles 5G es otro avance tecnológico importante. Si está completamente incorporada, proporcionará velocidades hasta 20 veces más rápidas que 4G (Gov.uk 2020). Esta tecnología producirá importantes impactos en las operaciones de los sistemas logísticos. Por ejemplo, la mayor conectividad y capacidad que ofrece 5G es esencial para respaldar servicios innovadores, incluidos los vehículos autónomos y la robótica industrial. Las pruebas iniciales, como el puerto italiano de Livorno que utiliza 5G para sus operaciones portuarias han demostrado una mayor eficiencia; la reducción del tiempo de tránsito de las mercancías y un impacto ambiental atenuado en las operaciones logísticas (Ericsson 2020). 5G apoyará otros avances en tecnologías de vanguardia como la realidad virtual y aumentada (VR / AR), que han sido aplicadas en casos donde se requiere proporcionar orientación visual en tiempo real, en el sitio y las distintas etapas para el ensamblaje de producción y operaciones de servicio, como picking en el almacén y capacitación del personal bajo demanda. La VR / AR se convertirá en la nueva interfaz entre humanos y máquinas, uniendo los mundos digital y físico cambiando la forma en que las empresas atienden a los clientes, capacitan a los empleados, diseñan y crean productos y administran sus cadenas de valor (Porter y Heppelmann 2017).

Impulsada por el crecimiento acelerado de los dispositivos de IoT, la informática de punta está ganando impulso. La computación de frontera es parte de una tipología de computación distribuida en la que el procesamiento de la información se encuentra cerca de la frontera, donde las cosas y las personas producen o consumen esa información (Gill y Smith 2018). Los IoT no son nuevos en el sector logístico. Por ejemplo, la tecnología RFID se ha implementado durante más de dos décadas, como en la industria de bienes de consumo para rastrear productos y administrar inventarios. Pero históricamente, los datos generados por etiquetas RFID u otros dispositivos inteligentes tienden a transmitirse a un centro de datos en la nube centralizado para su procesamiento. A medida que la cantidad de dispositivos crece de manera exponencial, la escala y el volumen de los datos de IoT comienzan a causar problemas de ancho de banda y latencia, superan las capacidades de la red e infraestructura (IBM 2021). La computación de frontera complementa la computación en la nube direccionando los problemas de ancho de banda y latencia asociados con la computación en la nube cuando se procesan cantidades masivas de datos y permite que la

computación se realice en la frontera de la red, con datos descendentes favoreciendo los servicios en la nube y con datos ascendentes favoreciendo los servicios de IoT.

En la medida que las empresas implementan proyectos de IoT, también es posible que desarrollen tecnologías de gemelos digitales. El gemelo digital es una representación virtual de un objeto del mundo real, un proceso o un ecosistema complejo de objetos conectados, como un vehículo autónomo que circula en el tráfico. Los gemelos digitales están diseñados inicialmente para optimizar el funcionamiento y la confiabilidad de los activos o equipos, los esfuerzos industriales actualmente se concentran en activos críticos y utilizan gemelos digitales para permitir la toma de decisiones basada en datos. El avance de la conectividad daría como resultado configurar un gemelo de la cadena de suministro digital que refleje una cadena de suministro real. La investigación en este campo se encuentra todavía en fases iniciales, pero con resultados avanzados. Por ejemplo, Ivanov y Dolgui (2020) desarrollan un modelo de gemelo digital para la gestión de interrupciones de la cadena de suministro que representa el estado actual de la red y permite a las organizaciones hacer uso de los datos de la cadena de suministro física en tiempo real. Como ejemplo, los sensores de IoT y las bases de datos de riesgos en línea podrían utilizarse para ensayar escenarios hipotéticos y cuantificar los efectos de los cambios.

## 2. Colaboración

El uso integrado de las tecnologías antes mencionadas genera una conectividad digital rápida, rentable y flexible ayudando a las organizaciones con su visibilidad en la cadena de suministro en tiempo real de extremo a extremo (E2E) siendo este proceso necesario para una mejor gestión de las operaciones y control. La visibilidad de la cadena de suministro de E2E va más allá de los límites de una organización focal y se extiende a los socios del ecosistema de carga: clientes, proveedores, transitarios, proveedores de servicios logísticos, operadores de nodos de transporte, gobierno y agencias de gobierno como aduanas. Esta actividad requiere que algunas organizaciones actúen coordinando el ecosistema de carga que gobierna la colaboración entre organizaciones y empresas. En este contexto surgió el concepto de plataformas y ecosistemas digitales.

Las plataformas digitales no son del todo nuevas. Sus formas anteriores por lo general conocidas como mercados electrónicos o marketplaces, luego etiquetadas como redes electrónicas, surgieron después de que Internet se comercializara a fines de la década de 1990. Por lo general, esas plataformas digitales operan como intermediarios para hacer coincidir la oferta con la demanda, por ejemplo, Supplyon en la industria automotriz y Elemica en la industria química. Las plataformas posteriores evolucionaron para respaldar la cadena de suministro y las disposiciones logísticas, como el cumplimiento de pedidos. El término amplio ecosistema digital a menudo se refiere a una comunidad en línea de empresas que interactúan y registran avances de coevolución en sus capacidades y roles, como así también tienden a alinearse en las direcciones establecidas por una o más empresas centrales.

Los procesos de transporte de cargas y logística son gestionados cada vez más mediante sistemas en línea basados en plataformas que recopilan datos de diferentes fuentes para avalar una versión de la realidad del sector. Esta tendencia se produce en los cuatro modos de transporte (carretero, aéreo, marítimo y ferroviario), como lo demuestran los conceptos de sistemas de ventanilla única, mercados de logística electrónica, sistemas comunitarios portuarios y ecosistemas de carga aérea. Las razones para implementar sistemas basados en plataformas incluyen la intención de simplificar las complejidades de las transacciones diarias entre las partes interesadas de la carga, que incluyen una serie de actores como aduanas, transitarios, transportistas, líneas navieras, operadores de terminales, agencias de inspección, transportistas y operadores ferroviarios. Las plataformas en línea reúnen a estas partes interesadas, lo que les permite comunicarse entre sí y admite la reutilización de datos en forma tal que es necesario ingresarlos al sistema solo una vez. Antes de este desarrollo tecnológico, las comunicaciones eran bilaterales. Era habitual que la misma información debía enviarse varias veces a diferentes partes, lo que provocaba errores, duplicaciones e ineficiencias. Del mismo modo, los sistemas de

ventanilla única pueden ahorrar recursos, reducir el error humano y acelerar los flujos comerciales. Por ejemplo, al lanzar un sistema de ventanilla única para el comercio transfronterizo.

### 3. Capitalización

Según diferentes teorías, existen dos formas de capitalizar el valor creado por la adopción de tecnologías emergentes a través del despliegue de tecnologías digitales: i) mejorar las competencias existentes para obtener ganancias operativas incrementales o explotación; y ii) construir nuevas competencias e incluso nuevos modelos de negocio para la exploración de ganancias estratégicas y radicales (Han et al., 2017).

En el entorno actual altamente competitivo, la importancia de las tecnologías digitales en el éxito final y en algunos casos para la supervivencia de diversas operaciones e iniciativas logísticas ha sido bien reconocida. Las mejoras en el servicio al cliente, la eficiencia operativa, la calidad de la información y el apoyo de la planificación y acciones colaborativas, así como la mejora de la capacidad de respuesta, son beneficios probados. El número de tecnologías que se utilizan en la actualidad para el transporte de cargas y logística es significativo.

Los dispositivos de IoT bien integrados en las redes de transporte, contenedores, vehículos y personas, proporcionan grandes volúmenes de datos, tanto estructurados como no estructurados (por ejemplo, video), ofreciendo así nuevos conocimientos para la experimentación, la planificación predictiva, el mantenimiento y la entrega. Por ejemplo, los datos recopilados de varios sensores se pueden utilizar para mejorar la gestión de activos durante el ciclo de vida y respaldar el concepto de mantenimiento preventivo total, especialmente importante para sectores con muchos activos como el transporte de cargas y logística.

Además de los datos generados por los dispositivos IoT y los datos de los sistemas de información organizacional convencionales, como los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) y las redes sociales de fuentes emergentes como las publicaciones de Twitter y Facebook, los datos están cada vez más disponibles y se explotan para identificar tendencias y nuevos conocimientos. Los datos estructurados y no estructurados recopilados de múltiples fuentes en gran volumen y velocidad han llevado a una explosión en la cantidad de datos capturados y posteriormente han desafiado la capacidad de procesamiento de información de las herramientas de software sobre bases de datos tradicionales. Es en este contexto es donde surge el concepto de big data y su gestión.

Como resultado, el análisis de big data se ha vuelto más preponderante, lo que resulta en un impacto transformador a nivel estratégico. Por ejemplo, la planificación dinámica del transporte y la programación de horarios utilizando datos en tiempo real de objetos inteligentes permitirían el seguimiento simultáneo de la carga y el transportista maximizando la capacidad de la infraestructura de transporte. Los macrodatos se han utilizado para el comportamiento del conductor, la seguridad y la gestión de la fatiga. Se ha encontrado que los conocimientos generados mediante el análisis de grandes volúmenes de datos de redes sociales mediante el análisis de percepciones son eficaces para identificar los factores que afectan la satisfacción del consumidor y mejorar la gestión de la cadena de suministro. El análisis de big data también desempeña un papel fundamental en el apoyo a diversas iniciativas prácticas específicas del sector, como el ferrocarril digital, las autopistas inteligentes y los programas de puertos inteligentes.

La creciente disponibilidad de big data, la poderosa capacidad de procesamiento de gráficos y los modelos algorítmicos cada vez más sofisticados impulsan el rápido desarrollo de la inteligencia artificial (IA). Esta situación es especialmente pertinente para el área del aprendizaje automático y su subcampo de aprendizaje profundo. La IA tiene capacidades duales para respaldar tanto la explotación como la exploración. En términos de explotación, algunas de las aplicaciones más destacadas se centran en automatizar y optimizar las operaciones existentes. Por ejemplo, Wang et al. (2021) ha identificado que

el uso de IA para la planificación de operaciones de servicio y el reabastecimiento automatizado de inventario ha generado beneficios significativos, que incluyen precisión en la finalización de las tareas planificadas mejorando de 80,3 a 90,5%, aumento del 3% en la precisión del pronóstico de demanda, aumento del 10% en la productividad de los recursos y reducción del 60% en el volumen de artículos / materiales extraviados. En terminales portuarias, líneas de montaje de producción, centros logísticos y entregas de última milla, existen evidencias de una creciente automatización para reducir los procesos de manipulación y facilitar el uso de vehículos guiados autónomos impulsados por IA para el movimiento de mercancías y robots para tareas específicas como recogida, clasificación y embalaje.

En el campo de las tecnologías emergentes cobra una notable relevancia la tecnología de libro mayor distribuido (DLT) o blockchain, produciendo un cambio radical en el transporte de cargas y la logística. Un DLT es un libro mayor compartido y distribuido de registros o transacciones, abierto a la inspección de todos los participantes, pero no sujeto a ninguna forma de control central. Aunque todavía está en sus inicios, se estima que DLT es un cambio en determinadas operaciones por su impacto potencial en las estructuras de la cadena de suministro, configuraciones de relaciones y cash flow. Para el sector del transporte de cargas y logística, el valor de DLT radica en su mayor visibilidad, trazabilidad y una reducción en el número de intermediarios en la cadena de suministro, incentivando el comportamiento efectivo a través de la tokenización y los beneficios para la gestión segura de datos y contratos inteligentes. Por ejemplo, en el sector del transporte marítimo, varios esquemas piloto utilizan DLT para facilitar el intercambio de información entre las partes interesadas, la reserva de envíos y el monitoreo de contenedores en tiempo real.

Aunque la mayoría de los casos de uso de blockchain en el transporte de cargas y la logística intentan mejorar las operaciones actuales reduciendo tiempo o costos en la cadena de suministro, los esfuerzos emergentes están dando como resultado cambios fundamentales en las organizaciones. Por ejemplo, TradeLens, desarrollada conjuntamente por IBM y AP Moller-Maersk, es una plataforma de cadena de suministro global respaldada por tecnología blockchain, cuyo objetivo es unir a las partes en la cadena de suministro, incluidos comerciantes, transitarios, transporte interior, puertos, terminales, transporte marítimo, aduanas y otras autoridades gubernamentales, en una única plataforma para respaldar el intercambio seguro de información, fomentar una mayor colaboración y confianza en toda la cadena de suministro global (IBM News 2019).

El panorama tecnológico está evolucionando a un ritmo sin precedentes. Si bien no todas las tecnologías emergentes provocarán cambios profundos en el sector del transporte de cargas y logística, algunas cuentan con el potencial de alterar el statu quo; de todos modos, todavía existen diversas barreras para su pleno desarrollo.



## II. La conectividad en la región

Un tema de gran relevancia para poder comprender la situación de las cadenas de suministro en la región es el nivel de conectividad existente. Esta cuestión es relevante tomando en cuenta los aspectos referidos a las brechas existentes en cada uno de los elementos que conforman un sistema de conectividad efectiva, dichas consideraciones son importantes ya que permiten alcanzar una visión cabal de la situación.

Para avanzar con el análisis en cuestión se plantea la siguiente segmentación:

- Sistema logístico y sistemas de transporte asociados: Se analizan los sistemas de transporte, los ámbitos de la logística y de vinculación entre distintas subregiones, países.
- Conectividad de internet: Se analizan los niveles de conectividad de internet en la región y la situación de la infraestructura asociada.
- Sobre el 5G.

### A. Sistema logístico y sistemas de transporte asociados

Siguiendo un enfoque tradicional para el análisis de los sistemas de transporte, en principio se presenta un resumen de ciertos datos relevantes para describir las redes de cada uno de los modos de transporte que componen el sistema logístico regional. Luego se analiza el conjunto del sistema, para lograr una comprensión en forma integral.

#### 1. Transporte automotor (TAC)

En cuanto al modo automotor, el sistema de transporte exhibe un nivel de deficiencia en su conjunto debido a problemas de cobertura, pero también de calidad. Es posible observar que los porcentajes de carreteras pavimentadas son dispares en LAC, destacándose República Dominicana, México y El Salvador como los países con mayor porcentaje de red pavimentada, alcanzando valores de ~50% de su extensión.

Además, puede verificarse que al interior de las redes pavimentadas, en un conjunto de 20 países de LAC presentan un promedio en torno del 20% en mal estado, manteniéndose México en una posición líder con un porcentaje en mal estado menor al 5%.

Como síntesis, el índice de calidad de infraestructura vial indica de acuerdo a sus resultados, que los países que lideran son Chile, Ecuador y México (Calatayud y Montes 2021).

## 2. Transporte ferroviario

Para alcanzar una mayor comprensión de la situación del modo ferroviario en la región, principalmente se utilizó como fuente el estudio de Kohon (2021). A partir de dicha referencia explicativa es posible determinar la relevancia de este modo en el transporte de cargas, como así también es posible considerar la participación ferroviaria frente al camión en el transporte de cargas ya que son dos modos que presentan una competencia directa entre sí. En este sentido, sobre un conjunto de países de América Latina el indicador de participación ferroviaria muestra una posición líder para Brasil y México, seguido por Colombia.

Asociado a la participación ferroviaria en el transporte terrestre de cargas, es necesario analizar cuál es el incremento que ha evidenciado el sistema ferroviario en su conjunto a lo largo del tiempo, en este sentido, la evolución 1999-2016, en toneladas (millones) y en toneladas-kilómetros (miles de millones) paso de 363 mt y 718 mil mt/km a 198 y 449 mil mt/km respectivamente.

El mismo análisis puede realizarse en el conjunto de países previamente analizados, detallando los incrementos en millones de toneladas transportadas en el mismo período y determinando los porcentajes que corresponden a cada incremento. De esta forma se observa un incremento, expresado en términos porcentuales, significativo para el caso de Colombia (+837%) seguido por Perú, Chile y Brasil. La calificación mas baja de los países analizados en términos de incremento fue Argentina con solo el 12% (Kohon, 2021).

También resulta importante comprender cómo se vinculan las variaciones de carga en el sistema ferroviario con respecto a la evolución de la economía de cada país a lo largo del período en cuestión. Por este motivo se exponen para cada uno de los países analizados, la evolución del PIB vs. el flujo de toneladas por año en el modo ferroviario.

Si bien en términos generales el PIB de Argentina ha crecido en el período analizado, la tendencia expresada en toneladas-kilómetro transportadas por el modo ferroviario ha disminuido. Debería esperarse que un mayor nivel de actividad económica implique un impacto positivo en las cargas ya que cierto conjunto de las cargas del país deberían transportarse en este modo, ejemplo: graneles minerales y agrícolas, combustibles, materiales de construcción; como ocurre en el caso de Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil (a pesar de una tendencia a la baja en el PIB para los últimos años), México y Colombia. En el caso de Perú la situación es similar a la de Argentina pero se observa un incremento a partir del año 2015, Chile a partir del año 2012 muestra una tendencia decreciente en las toneladas-kilómetro transportadas por ferrocarril.

Los bajos crecimientos de Chile y Perú se deben a que en dichos países aumentaron los tráficos en cortas distancias (por lo tanto menor impacto en las toneladas-kilómetro). La evidencia muestra que los grandes sistemas ferroviarios de la región son los de Brasil y México, los que traccionan la actividad ferroviaria, con un crecimiento en su conjunto por encima de la actividad económica agrupada, ambos países incorporaron operadores ferroviarios privados.

Otro aspecto importante a considerar, es que en la región las cargas predominantes suelen ser graneles de bajo valor y alto volúmen en comparación con las que se movilizan por América del Norte donde la participación de cargas con mayor valor agregado es frecuente, además de contar con una logística integrada a otros modos de transporte.

### 3. Transporte marítimo y fluvial

El transporte por el modo fluvial y marítimo es fundamental para cualquier país dado que suele ser predominante en la vinculación con el exterior. Según el estudio de Calatayud y Montes (2021), la región no difiere en cuanto a esta situación, ya que en América Latina y el Caribe, existe un sistema portuario que fue desarrollándose durante el tiempo, a pesar de que aún tiene variados requerimientos de mejora, es posible evidenciar su evolución.

La explicación se fundamenta en el hecho de que el comercio marítimo y fluvial en conjunto significan el 95% de los tráficos internacionales en los países de América Latina y el Caribe, como así también al crecimiento referido, a pesar de lo antedicho es posible afirmar que la participación de la región a nivel mundial no presenta un peso relevante en cuanto a su participación.

Considerando la participación a nivel mundial, la región mostro una disminución del 0,9% en el período 2006-2019 e incluso su posición es la 4 entre las 6 regiones que comprenden Africa, Norteamérica, Asia, Europa y Oceanía. Dicho conjunto se encuentra liderado ampliamente por Asia con un ~40%. La mayor parte de la carga de la región está compuesta por carga seca que involucra contenedores y graneles secos, mostrando un desbalance en toneladas de egreso respecto a las de ingreso debido a que las cargas exportadas suelen ser productos primarios de menor valor, pero con mayor volumen.

En la región, en cuanto al transporte marítimo de contenedores, los países que lideran los volúmenes de operaciones son Brasil (20,2%), Panamá (14,3%), México (13,8%), Chile (8,8%) y Colombia (8,6%) (Calatayud y Montes, 2021).

Según Calatayud y Montes, 2021, existen tres temas importantes para conocer la situación del transporte marítimo en la región. Entre ellos, primero se analiza el grado de concentración de las compañías navieras de contenedores, luego se indican ciertos desafíos de gobernanza y finalmente se realiza un análisis sobre las brechas de performance en los puertos de la región.

#### a) Concentración del transporte marítimo de contenedores

Siguiendo la tendencia a nivel mundial, la región ha evidenciado un aumento en los niveles de concentración del transporte marítimo de contenedores. Como caso de ejemplo se cita la concentración de los flujos desde Norteamérica donde tres compañías participan con el 84,5% y hacia dicha región desde América Latina y el Caribe donde las mismas empresas representan el 63,4% de las cargas (año referencia: 2019). La concentración también se observa en cuanto al valor de las cargas manipuladas, en este caso, por ejemplo, la empresa MSC es quién lidera los flujos hacia Estados Unidos con un monto agregado de aproximadamente U\$D 800 millones. El problema es que la concentración siempre suele asociarse con impactos en los costos de transporte.

Además, las empresas han logrado una integración hacia las terminales de contenedores, donde 5 operadores concentran el 60% de los movimientos de TEUs en la región. Como conclusión es posible destacar los siguientes puntos que deberían ser considerados frente a la evidente concentración:

- Reducciones en frecuencias y número de servicios,
- limitada oferta de contenedores y espacio en buques,
- aumentos en tiempos de transporte y costos de flete,
- menor calidad de servicios y opciones sobre sus características,
- demoras en la modernización tecnológica respecto a los estándares globales,
- penalizaciones para las compañías con menor volumen de movimientos.

## b) Desafíos de gobernanza del sector

Debido a las reformas en los marcos normativos que ocurrieron durante los años noventa, fue posible lograr un mayor nivel de eficiencia en un importante número de puertos, dichas reformas en la mayoría de los casos significaron cambios relacionados con los modelos de gestión totalmente públicos a modelos mediante los cuales se permitió la participación de concesionarios privados. En la mayoría de los casos también se fortalecieron las autoridades portuarias alcanzando mayor autonomía y capacidad institucional, cambiando los enfoques desde la gestión de los puertos hacia su regulación y fortalecimiento institucional.

En función de los términos referidos, uno de los desafíos normativos e institucionales está en reorientar los procesos de concentración con el objetivo de alcanzar mayor eficiencia, considerando los riesgos por posibles pérdidas de competitividad. Es necesario que exista un adecuado intercambio de información entre distintos países y regiones, para un correcto control en conjunto que permita una mayor transparencia en la gestión y operaciones.

## c) Brechas de desempeño

La referida fuente indica, que las compañías navieras realizan la planificación de sus rutas principalmente en base al costo total de la red de servicios y el nivel de desempeño global de cada línea en particular. Los flujos de carga internacional que van hacia o desde un país de la región deben, en muchos casos, hacer escala en otros puertos ajenos a dicho país. Debido a este factor, es importante tener en cuenta la necesidad de considerar la eficiencia de la red en su conjunto ya que una demora o un sobrecosto en un puerto impacta en el total de una operación en particular. La evidencia determinó que los puertos de la región en el 2016 lograron una mejora del 20% en términos de eficiencia situándose en el 64% (superando a numerosos países en desarrollo cuyos valores de eficiencia se encuentran en ~60%), sin embargo, la región se encuentra muy por debajo de puertos líderes como los de China.

Respecto al **transporte fluvial**, es necesario mencionar que su rol también es de gran relevancia debido a que **cubre las necesidades de conexión interregional** y en países como Bolivia (Estado Plurinacional de) y Paraguay representa la totalidad de sus flujos internacionales fluviales debido a que son países sin puertos marítimos. Las cuencas más importantes de la región son la del Amazonas y del Paraná-Paraguay, en el caso de la primera cuenca cubre 7 millones de kilómetros de extensión con presencia en el territorio de 8 países distintos y la segunda posee una longitud de 3442 kilómetros su principal extensión se encuentra en el territorio paraguayo. Colombia lidera el ranking de densidad fluvial con 1,6 Km por cada 100 Km cuadrados de territorio, seguido por Perú (0,7), Bolivia (Estado Plurinacional de) (0,6), Argentina (0,4), Paraguay (0,3) y Brasil (0,2).

## 4. Transporte aéreo

El modo aéreo posee la particularidad que permite conectar localizaciones en forma veloz con un destino asociado. Es por este motivo es que su uso suele estar relacionado con tipologías de cargas que requieren transporte en tiempos cortos, las cuales suelen ser mercancías de alto valor relativo. La región fue evolucionando con un incremento interanual del ~3% entre el período 2008-2018, en sincronía con el resto del mundo (Calatayud y Montes, 2021).

A su vez en el análisis de los países de la región, se destacan principalmente **Brasil, Colombia y México** en términos de toneladas métricas (año 2018). **Los países mencionados acumulan el 65% de las cargas de la región.** A su vez, Brasil presenta la particularidad que casi la mitad de sus flujos son de carácter nacional, lo cual no ocurre en el resto de los países donde la generalidad son cargas internacionales.

Entre los principales aeropuertos se posicionan el de Bogotá, Ciudad de México, San Pablo y Santiago de Chile.

La participación de la región en el total mundial es baja, ya que representa solo un 3%, mientras que Asia explica un 35% y Estados Unidos el 24%. La explicación se encuentra en el hecho que las cargas que exporta la región suelen ser de tipo granel, las cuales implican un bajo valor agregado y alto volumen, de esta manera se hace inviable el modo aéreo como alternativa para este tipo de mercancías. Sin embargo, las **cargas de alto valor agregado** pertenecientes a ciertos nichos (flores, pescado fresco, frutas de alto valor) pueden ser **demandantes de transporte por modo aéreo**.

El estudio de Calatayud y Montes (2021), determina que según una investigación mediante encuestas a distintas empresas de transporte aéreo para poder evaluar la calidad de las infraestructuras, determinó el nivel de eficiencia de los distintos aeropuertos. Este insumo es fundamental para comprender las brechas actuales del modo en la región ya que la información fue provista por parte de los operadores de transporte aéreo en los distintos aeropuertos de la región.

Los temas seleccionados para el desarrollo de la encuesta, fueron los siguientes:

- Calidad de las instalaciones y zonas para importación y exportación, como instalaciones para carga normal, carga peligrosa, fríos y perecederos.
- Calidad de las zonas de interfase con el transporte terrestre.
- Calidad de las áreas para la atención al cliente.
- Calidad de las plataformas al pie de la aeronave.
- Calidad de las áreas para el control aduanero.
- Calidad y eficiencia de los sistemas informáticos de almacenamiento, de aduana y facturación
- Calidad y eficiencia de los procesos de handling en plataformas y transporte a bodegas
- Calidad y eficiencia de los procesos específicos de importación, como controles fitosanitarios, aduana, desconsolidación, transporte a la terminal de la carga y despacho al cliente.
- Calidad y eficiencia de los procesos específicos de exportación, como screening de seguridad, consolidación/paletización de la carga y transporte de la carga a la terminal de cargas aéreas.

Los resultados de las encuestas mencionadas, determina los aeropuertos que lideran son Lima (Perú), Ciudad de México (México), Montevideo (Uruguay). Los que se encuentran en las posiciones más desfavorables son La Paz (Bolivia (Estado Plurinacional de)) y Belice (Belice).

## 5. Sistema logístico América Latina

A partir de la caracterización de cada uno de los modos de transporte es posible comprender cómo contribuye cada uno de ellos al funcionamiento de las distintas subregiones de América Latina y el Caribe. Sin embargo, cómo se adelantó previamente, resulta relevante plantear un abordaje conjunto que permita entender el funcionamiento del sistema logístico en forma integral. Con este objetivo, se utilizó como información de referencia el trabajo realizado por la CAF, 2017 para explicar la estructura y el funcionamiento del sistema logístico de la región. A partir de dicha fuente se determinan, mediante una estructura jerárquica, un conjunto de nodos, ámbitos de actividad logística, corredores y macro ámbitos. Este enfoque resultó adecuado debido a su carácter sintético y a la vez estructurador.

Para resumir los principales aspectos, se describirán aquí los nodos logísticos, luego los ámbitos, y por último los principales corredores. Dentro de cada uno de ellos se realiza un resumen para los elementos de mayor prioridad, es decir, no se indican todos los elementos detallados debido a su extensión, sino que se busca lograr una visión general de la configuración del sistema logístico en la región. En el **anexo 1** se encuentra el complemento relevado para el resto de los elementos de prioridad secundaria.

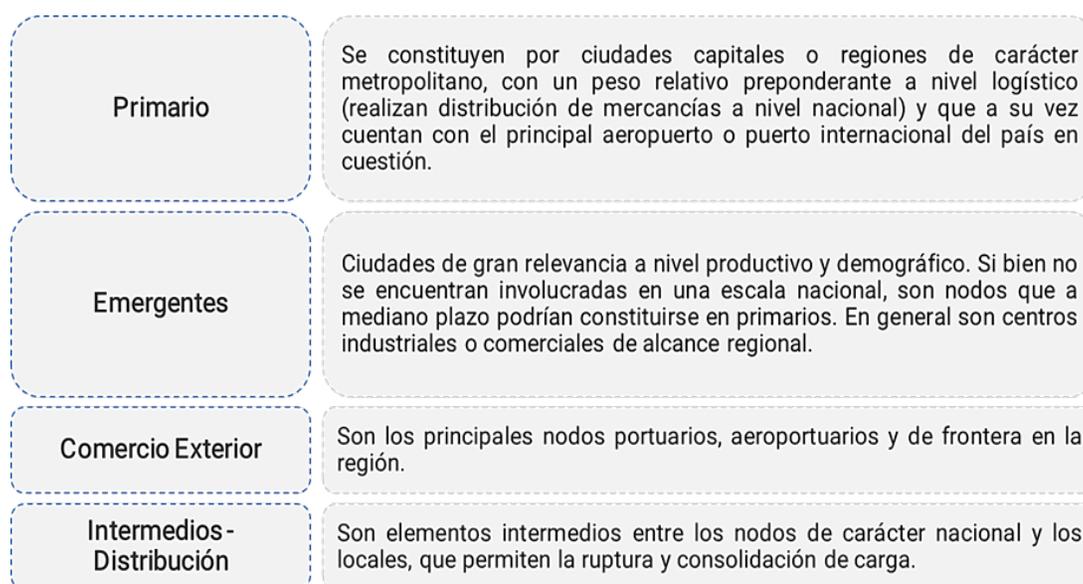
## 6. Nodos logísticos

La primera unidad de análisis planteada en el estudio mencionado es la de Nodo Logístico. Para que una determinada población se considere nodo logístico debe presentar alguna de las siguientes características:

- Centro de consumo o producción relevante a escala nacional o regional.
- Nodo de comercio exterior estable (puerto, aeropuerto).
- Punto de frontera con tráfico regular durante todo el año.
- Punto de ruptura de carga con funciones de centro de redistribución a escala regional.

También, establece las categorías de nodo logístico que se detallan a continuación.

**Diagrama 1**  
**Nodos logísticos de la región**



Fuente: Elaboración propia en base a CAF (2017).

A continuación, se indican los nodos primarios y emergentes detallados en la citada fuente.

**Cuadro 2**  
**Nodos logísticos primarios y emergentes**

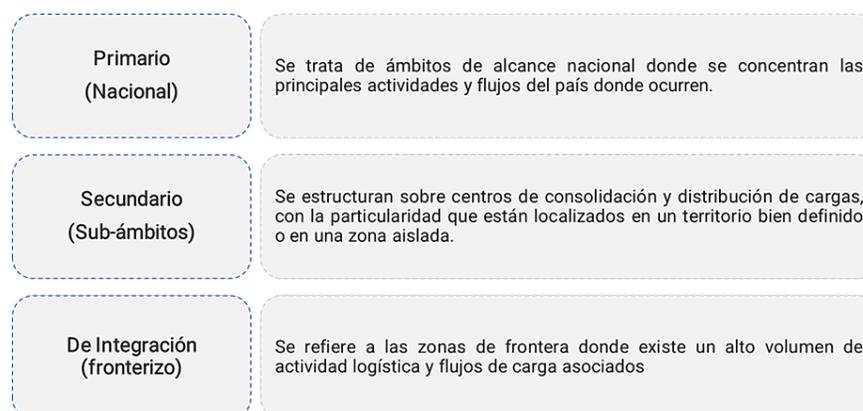
Primarios	Capitales con el principal aeropuerto internacional (Bogotá, Buenos Aires, Ciudad de México, entre otros.) o el principal puerto (Lima-Callao, Montevideo, Santo Domingo, entre otros). Casos excepcionales: São Paulo y Quito-Guayaquil.
Emergentes	Principales centros industriales de México (Guadalajara y Monterrey), Brasil (Belo Horizonte y Río de Janeiro), Colombia (Cali y Medellín) y Venezuela (República Bolivariana de) (Valencia y Maracaibo).
	Centros regionales de gran importancia: Arequipa (Perú), San Pedro Sula (Honduras), Salvador (Brasil) y Rosario (Argentina).
	Centros de comercio: Ciudad del Este (Paraguay).
	Núcleos agroindustriales potentes: Santa Cruz de la Sierra (Bolivia (Estado Plurinacional de)) y Córdoba (Argentina).

Fuente: Elaboración propia en base a CAF (2017).

## 7. Ámbitos logísticos

Estos elementos hacen referencia a aquellas áreas donde existen redes logísticas que vinculan diversos centros urbanos o productivos y donde se realizan distintos tipos de actividades logísticas de manera tal que unos centros dependen de otros.

**Diagrama 2**  
**Ámbitos logísticos de la región**



Fuente: Elaboración propia en base a CAF (2017).

En el siguiente cuadro se identifican los ámbitos logísticos primarios de la región.

**Cuadro 3**  
**Ámbitos logísticos primarios de la región**

---

México: conexiones de los puertos del Pacífico y Veracruz con México DF, incluyendo Guadalajara
Guatemala: enlaza a la capital con Puerto Barrios y Puerto Quetzal. Incluye Quezaltenango.
Belice: poco estructurado actualmente.
El Salvador: hiperconcentración en la ciudad capital.
Honduras: nodos de Tegucigalpa y San Pedro Sula.
Nicaragua: Managua, León y el puerto de Corinto.
Costa Rica: une a la capital con los puertos de Caldera y Limón-Moín.
Panamá: eje del Canal de Panamá.
Cuba: eje lineal que comunica La Habana con Santa Clara y Santiago.
República Dominicana: eje Santo Domingo-Santiago -Puerto Plata.
Haití: centralizado en Puerto Príncipe.
Venezuela (República Bolivariana de): eje norte-costero del país, ramificado hacia la zona suroriental de Guayana.
Colombia: enlace de Bogotá, Medellín, Cali con los puertos de Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y Buenaventura.
Ecuador: relación entre Quito y Guayaquil, con influencia en Cuenca.
Perú: ámbito costero desde Lima a Arequipa y Chiclayo.
Bolivia (Estado Plurinacional de): vinculación logística y comercial entre La Paz y Santa Cruz.
Brasil: triángulo Porto Alegre, Río de Janeiro y Brasilia, con el centro en São Paulo y el Puerto de Santos.
Paraguay: relación entre Asunción y Ciudad del Este.
Uruguay: ámbito en torno a Montevideo.
Chile: triángulo Santiago-Valparaíso-San Antonio.
Argentina: con el centro en Buenos Aires, hasta Córdoba y Rosario.

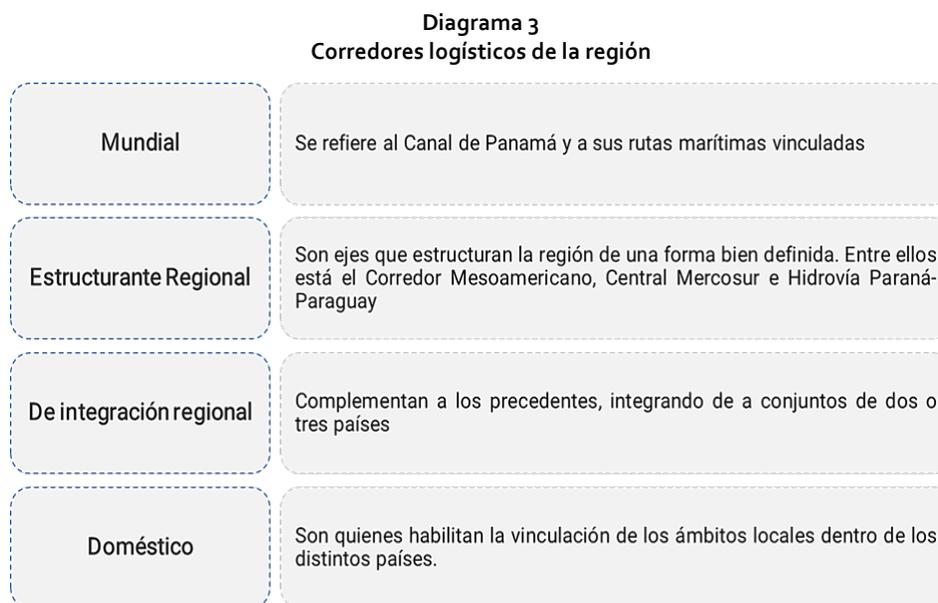
---

Fuente: Elaboración propia en base a CAF (2017).

## 8. Corredores logísticos

La definición de los corredores se refiere a los vínculos entre distintos ámbitos, que presentan la particularidad de ser estables y relevantes en el tiempo.

La clasificación se define mediante las siguientes categorías.



Fuente: Elaboración propia en base a CAF (2017).

A continuación, se detallan los corredores de integración regional (3 categorías). Los corredores de tipo "Mundial" y "Estructurante regional" fueron detallados en la imagen previa.

**Cuadro 4**  
**Corredores de integración regional México y Mesoamérica**

<b>México y Mesoamérica</b>	San Salvador-Puerto Cortés y San Pedro Sula-Acajutla
	San Salvador-Puerto Barrios
	Managua-Limón
	Managua-Acajutla
	Managua-Puerto Cortés
	Tegucigalpa-Acajutla y Tegucigalpa-Quetzal
	Santo Domingo-Puerto Príncipe
	Guadalajara-Hermosillo – Nogales y Hermosillo-Tijuana / Mexicali
	México DF-Torreón – Chihuahua-Ciudad Juárez
	México DF-Monterrey-puntos fronterizos de Texas

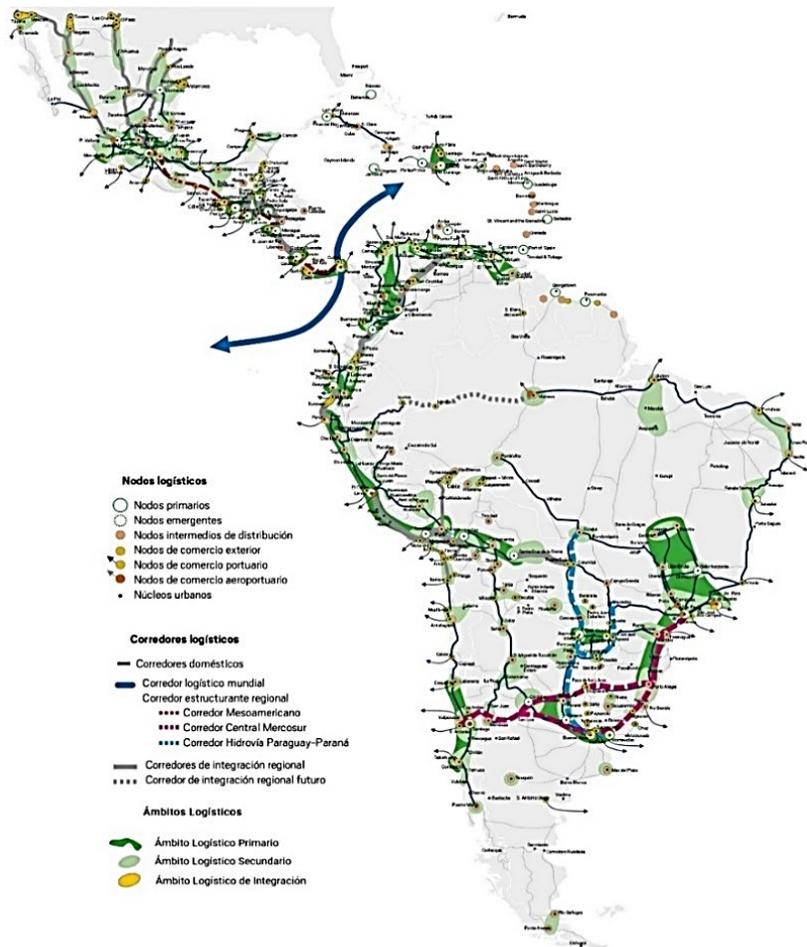
Cuadro 4 (conclusión)

<b>En la subregión Andina</b>	Caracas – Bogotá Cali – Quito Guayaquil – Piura La Paz – Lima La Paz – conexiones a los puertos del Pacífico (Arica, Matarani, Iquique) Arequipa – Tacna – Arica – Iquique Corredor IIRSA Sur (Acre – Matarani)
<b>En la subregión de Mercosur</b>	Asunción – Ciudad del Este – Curitiba – Paranaguá Iquitos-Leticia-Manaos

Fuente: Elaboración propia en base a CAF (2017).

Para lograr una aproximación visual del sistema en su conjunto, a continuación, se presenta un mapa que sintetiza la estructura del sistema logístico en la región.

Mapa 1  
Sistema logístico de la región



Fuente: CAF (2017).

## B. Conectividad de internet

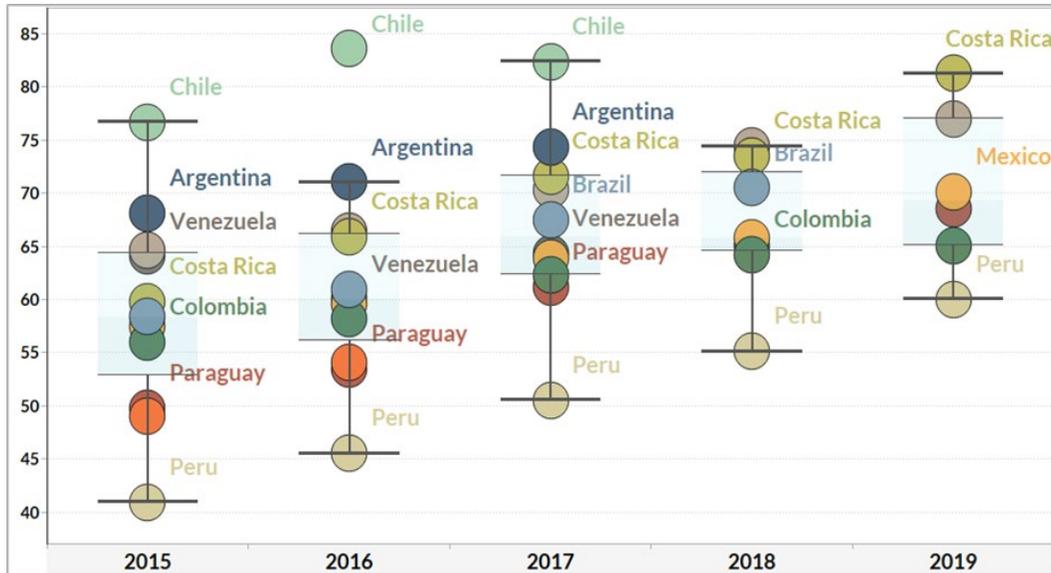
En esta sección se intenta analizar la situación de conectividad a través de internet en la región, partiendo de un análisis de performance y uso de internet, posteriormente se indican cuáles son las infraestructuras que dan soporte actualmente al ecosistema digital.

### 1. Análisis de performance y uso de internet

Partiendo de un análisis comparativo entre la región y el conjunto de países miembros de la OCDE, es posible determinar que existe una diferencia significativa en cuanto a la menor proporción de usuarios de internet. La diferencia fue de unos 24,5 puntos porcentuales para el año 2016 (Poveda y Rojas 2017).

Es posible observar que los niveles en porcentaje de usuarios de internet son variados para los diferentes países de la región, mientras que hay países como Chile o Costa Rica donde los niveles alcanzan o están cerca del 80% de su población, otros como Perú que alcanzan al 60%.

**Gráfico 1**  
Porcentaje de usuarios de internet sobre población total, período 2015-2019



Fuente: Elaboración propia en base a Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021.

Nota: Algunos países para ciertos años no presentan registros.

En cuanto a los niveles de penetración respecto a internet fijo (usuarios cada 100 habitantes), el ranking lo lidera Uruguay seguido de Argentina y Costa Rica. Perú, Venezuela (República Bolivariana de) y Paraguay se encuentran en las posiciones más desfavorables. Respecto a la penetración de la banda ancha móvil "BAM", los países que se encuentran en mejor situación son Costa Rica, Uruguay y Brasil. En las posiciones más bajas se encuentran Ecuador, Colombia, Venezuela (República Bolivariana de) y Paraguay.

**Gráfico 2**  
**Penetración de banda ancha fija "BAF", período 2015-2019**  
*(Usuarios cada 100 habitantes)*



Fuente: Elaboración propia en base a Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021.  
 Nota: Algunos países para ciertos años no presentan registros.

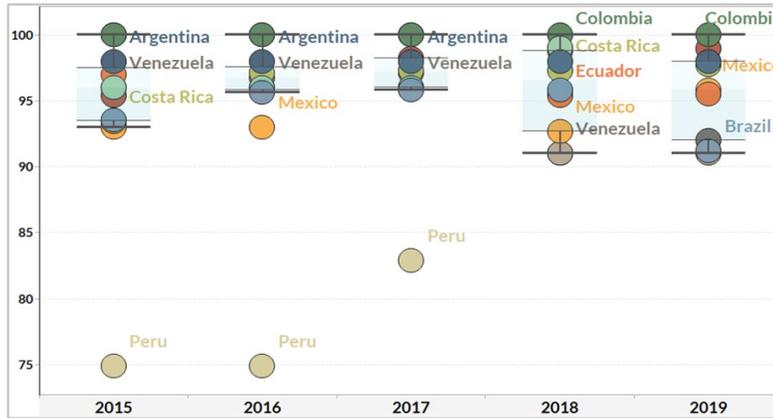
**Gráfico 3**  
**Penetración de banda ancha móvil "BAM", período 2015-2019**  
*(Usuarios cada 100 habitantes)*



Fuente: Elaboración propia en base a Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021.  
 Nota: Algunos países para ciertos años no presentan registros.

Analizando la proporción de la población con acceso a redes de tipo celular, se puede observar que la situación es relativamente pareja entre los diferentes países, alcanzando valores entre los 90 y 100 puntos porcentuales.

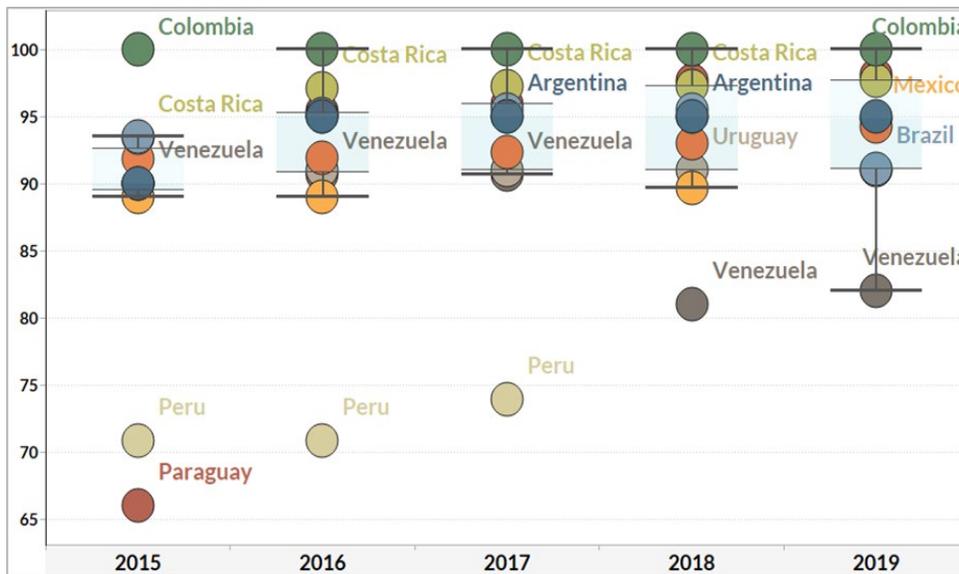
**Gráfico 4**  
**Porcentaje población con acceso a algún tipo de red celular, período 2015-2019**



Fuente: Elaboración propia en base a Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021.  
 Nota: Algunos países para ciertos años no presentan registros.

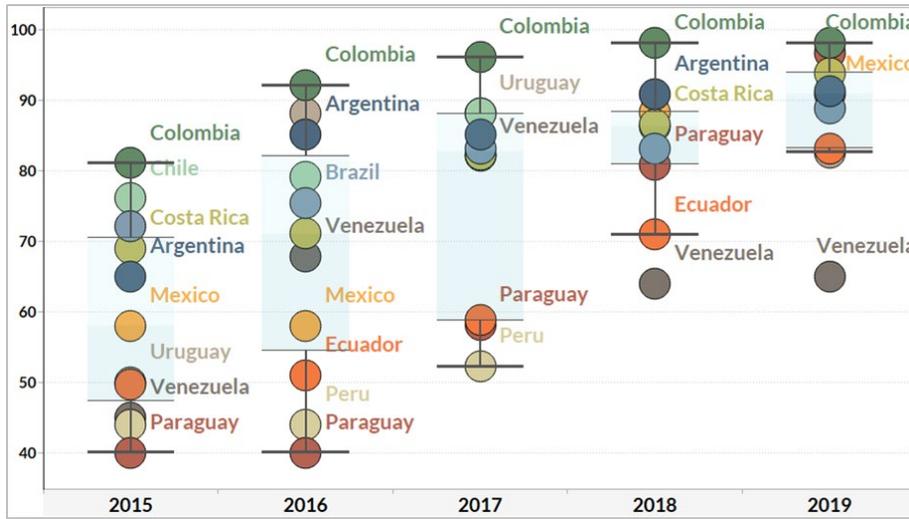
Realizando una observación referida a la población con acceso a redes 3G se verifica que la disparidad aumenta, registrando casos como Colombia con plena cobertura mientras que en Venezuela (República Bolivariana de) alcanzan un valor entre 80-85 puntos porcentuales. Avanzando hacia la tecnología de redes 4G, la disparidad es aún mayor. En este caso países como Colombia presentan también plena cobertura respecto a su población, mientras que Ecuador se sitúa levemente por encima de los 80 puntos porcentuales, y Venezuela (República Bolivariana de) entre los 60 – 70 puntos porcentuales.

**Gráfico 5**  
**Porcentaje población con acceso al menos a redes 3G, período 2015-2019**



Fuente: Elaboración propia en base a Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021.  
 Nota: Algunos países para ciertos años no presentan registros.

**Gráfico 6**  
**Porcentaje de población con acceso al menos a redes 4G, período 2015-2019**

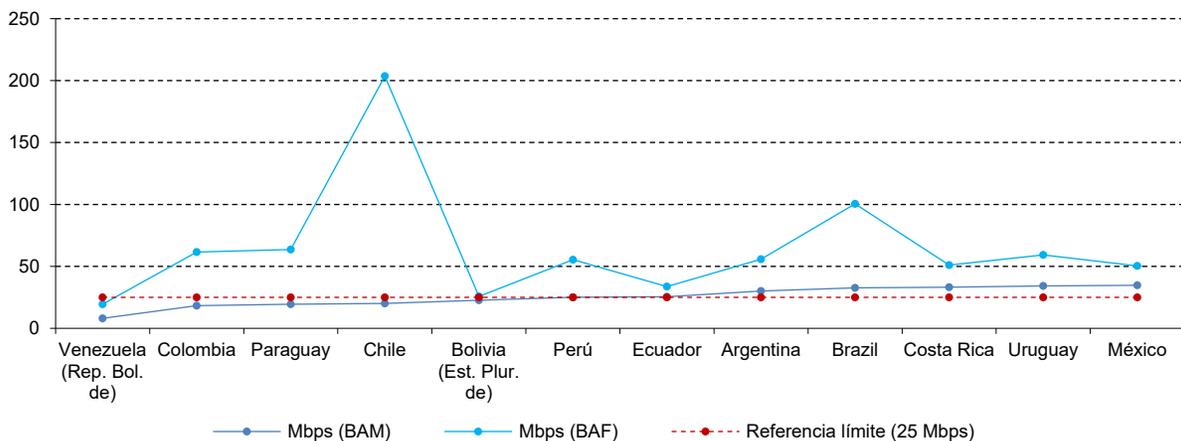


Fuente: Elaboración propia en base a Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021.  
 Nota: Algunos países para ciertos años no presentan registros.

Respecto a la evolución del tráfico de datos, se identifica una tendencia marcada al crecimiento. Esta situación se explica por requerimientos de soluciones cada vez más basadas en el uso e intercambio de datos, como así también a la nueva incorporación de usuarios con mayor comprensión de tecnologías digitales y por lo tanto convertidos en usuarios intensivos de soluciones digitales (Poveda y Rojas 2017).

El gráfico presentado a continuación expone las velocidades de internet medias para el mes junio del 2021 y permite observar que en varios países aún existen niveles muy ajustados respecto a una velocidad de referencia que permita realizar varias operaciones de manera sucesiva (~25 Mbps), lo cual sería un requisito elemental para el desarrollo de implementaciones tecnológicas en las cadenas de suministro. Esta situación genera un impacto directo en las actividades desarrolladas en los diversos sectores de la actividad a escala regional y claramente limita la adopción de tecnologías Smart como las analizadas en este estudio.

**Gráfico 7**  
**Velocidades promedio: Banda Ancha Fija (BAF) y Móvil (BAM)**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SpeedTest (2021).

En cuanto a los limitantes que explican las brechas en la región, Agudelo, (2018) indica que el factor determinante de la brecha en infraestructura es la inversión: En conjunto, los países de la OCDE invierten el doble en términos per cápita respecto a los de América Latina y el Caribe. En un período de cinco años la relación es la siguientes: U\$D 852 vs U\$D 463. A su vez, detalla algunos parámetros de referencia para comprender las brechas respecto a los países de la OCDE y a China, en términos de inversión y cobertura de red 4G. Los datos se reflejan en el siguiente cuadro:

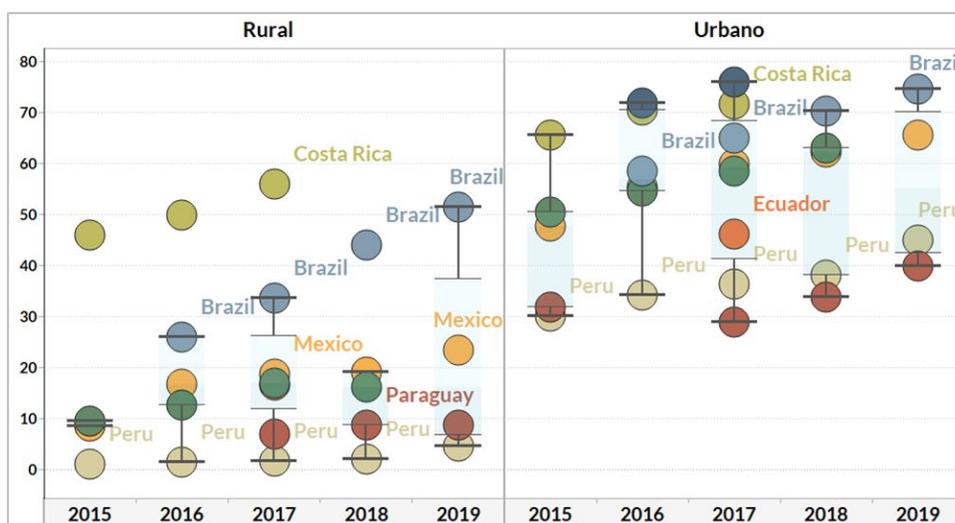
**Cuadro 5**  
Situación en cuanto a inversión por habitante y cobertura América Latina vs. OCDE y China

Región	Inversión anual-habitante (2016)	Cobertura 4G (2018) (en porcentajes)
América Latina	42,83	82,30
OCDE	140,88	95,63
China	26,19	99

Fuente: Agudelo (2018).

Para comprender la situación en los ámbitos rural y urbano, a continuación se presenta un gráfico que sirve como una aproximación a la situación en las referidas zonas. Los datos reflejan la cantidad de familias que poseen conexión a internet en sus hogares en los ámbitos rurales y urbanos respectivamente.

**Gráfico 8**  
Porcentaje de hogares con acceso a internet en ámbitos rural y urbano, período 2015-2019

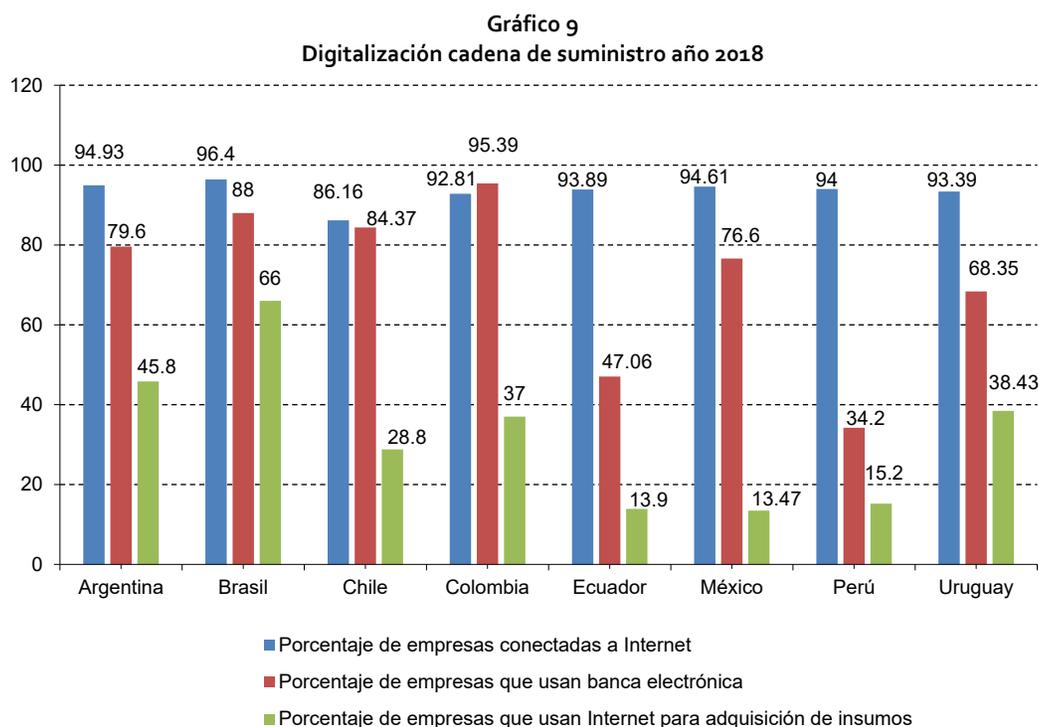


Fuente: Elaboración propia en base a Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021.

Nota: Algunos países para ciertos años no presentan registros.

En base al gráfico previo es posible observar la disparidad entre los espacios territoriales analizados y también los niveles de dispersión entre diferentes países de la región. En el caso del ámbito rural, Brasil o Costa Rica tienen las posiciones líderes con valores en torno a los 50-60 puntos porcentuales, mientras que Paraguay o Perú no alcanzan los 10 puntos porcentuales. En cuanto a los niveles de digitalización en la cadena de suministro, analizando la situación registrada durante el año 2018,

la región muestra paridad en relación con la cantidad de empresas conectadas a internet, estos niveles se encuentran entre los 90-100 puntos porcentuales. Al analizar la utilización de servicios de banca electrónica la dispersión aumenta, observando los valores más desfavorables en torno a los 47,06 puntos porcentuales y 34,2 puntos porcentuales para los casos de Ecuador y Perú respectivamente. La dispersión aumenta aún más al analizar el uso de internet para la adquisición de bienes, en este caso los valores más bajos corresponden a Ecuador (13,9 puntos porcentuales), México (13,47 puntos porcentuales) y Perú (15,2 puntos porcentuales). Por otra parte Brasil presenta (66 puntos porcentuales) y Argentina (45,8 puntos porcentuales) lideran el ranking de este indicador.



Fuente: Elaboración propia en base a OCDE (2020).

## C. Infraestructura de internet

Las principales infraestructuras de internet que deben integrarse necesariamente para el funcionamiento del sistema son: los Puntos de Intercambio de Tráfico (IXP), las Redes de Distribución de Contenidos (CDN), los Cables de Fibra Óptica Submarinos y los Centros de Datos (Data centers). Tomando como fuente principal a Echeberría (2020), seguidamente, se explica en que consiste cada uno de estos elementos y se plantea una visión general sobre su situación en América Latina. Por último, se indican algunas cuestiones para su consideración respecto a las torres de transmisión o radio bases que deberán potenciar los niveles de conectividad de internet móvil en la región, según GSMA, 2016.

### 1. Puntos de Intercambio de Tráfico: IXP

Los puntos de intercambio de tráfico permiten reducir costos y aumentar la calidad de las conectividades locales mediante la conexión de dichas redes locales a puntos físicos de intercambio de tráfico, son infraestructuras de conmutación compartidas. Dichas infraestructuras, además de

disminuir costos debido a que habilitan el intercambio local de tráfico sin que el mismo deba circular fuera de las fronteras de un país, facilitan la accesibilidad de contenidos relevantes a los consumidores. Los puntos de intercambio de tráfico son infraestructuras que han experimentado un crecimiento notable en los últimos años, agregando mejoras sobre los existentes y generando nuevos puntos de intercambio. Los proveedores conectados a estas infraestructuras utilizan las ventajas asociadas de dichas instalaciones. Actualmente la región dispone de 101 IXP, existen 10 proyectos en desarrollo para el mediano plazo. De los IXP actualmente instalados, el 60% están distribuido entre Argentina y Brasil (Echeberría, 2020).

Para determinar la relevancia de un IXP, pueden considerarse dos perspectivas, la del proveedor que pretende obtener un gran volumen de inscriptos de gran relevancia; como así también la visión de los participantes que ponderan el nivel prestaciones que obtienen y la calidad de servicio provista por el punto de intercambio. En la actualidad, los IXP siguen siendo infraestructuras de relevancia en los servicios básicos de internet de la región y sus volúmenes agregados en América Latina y el Caribe, sin considerar conexiones con Estados Unidos, pueden alcanzar los 9 Terabytes por segundo (TBps) o incluso valores que llegan a superar el 50% del volumen en situaciones de alta demanda.

## 2. Redes de Distribución de Contenidos: CDN

Las Redes de Distribución de Contenidos, son infraestructuras de internet que presentan una relevancia significativa constituidas como un componente clave, debido principalmente al aumento de usuarios y volumen de contenidos. Estos elementos facilitan la entrega de diferentes contenidos dado su carácter de plataformas configuradas mediante servidores distribuidos y eficientes, aplicados en distintas redes y centros físicos localizados en forma dispersa por del mundo. El objetivo final de los referidos componentes es entregar en forma rápida y segura contenidos a usuarios finales, demandantes de servicios básicos o diferenciados. Los operadores de CDN cuentan con infraestructuras instaladas en centros de datos IXP y redes de telecomunicaciones, emplazadas en forma dispersa y situadas en un significativo número de países.

Con el propósito de determinar el desarrollo del componente de infraestructura descrito, es necesario considerar los niveles de capilaridad en la región y el tráfico agregado a través de los CDN.

Según Echeberría (2020), la arquitectura de un CDN se conforma de la siguiente forma:

- i) **Centros de datos propios:** para alojar su infraestructura. Actualmente existe un centro de datos de Google en Santiago de Chile y un segundo centro propiedad de Amazon en San Pablo, Brasil.
- ii) **Puntos de Presencia (PoPs):** refiere al uso de infraestructura de terceros para instalar un CDN. Estos puntos se han expandido en toda la región y requieren condiciones adecuadas de escalabilidad, energía (generalmente es el punto crítico ya que requieren 15 Kw por rack, los centros de datos de la región no suelen ofrecer más de 5 Kw por rack) y neutralidad con relación a los proveedores de conectividad (es decir que exista la posibilidad de conectarse a múltiples proveedores).
- iii) **Cachés:** son servidores que están instalados cerca de los usuarios y alojan contenidos usualmente demandados por el grupo de usuarios de dicha área.

En la región el 90% del contenido de las CDN's está como máximo a 2 saltos del proveedor de cada usuario.

## 3. Cables submarinos

La región dispone de 68 cables de los cuales 53 ya están activos y antes de la finalización del 2022 los 68 deberán encontrarse operativos. En base a las fuentes consultadas, fue posible determinar que los

cables se conectan a estaciones en tierra permitiendo la conectividad entre 48 países de la región y externos. Entre los externos se encuentran: Angola, Cabo Verde, Camerún, España, Estados Unidos, Portugal, Senegal y Sudáfrica. Estados Unidos es el país con mayor conectividad en la región, con 22 sobre los 68 cables. La longitud total de los cables es de 284.152 kilómetros aproximadamente y se estima una capacidad total de 2 Petabytes por segundo (Pbps) (Echeberría, 2020).

**Mapa 2**  
**Conexiones de cables submarinos de fibra óptica en América Latina y el Caribe**



Fuente: Infrapedia (2021).

Los cables submarinos de la región durante los últimos años han contribuido en el desarrollo de las comunicaciones con las siguientes características:

- Mejora en la conectividad de América del Sur con cables que enlazan puntos situados en un gran número de países de la región.
- La mitad de los proyectos, luego del 2015 al menos incluyen una estación terrestre en Brasil.
- Se incrementó el número de países y regiones conectadas con América Latina.

También es importante señalar que en la región quedan tres países sin conexión de cables submarinos: Bolivia (Estado Plurinacional de), Paraguay y El Salvador.

En el caso de Bolivia (Estado Plurinacional de), la vinculación podría ser resuelta mediante una conexión con Perú, Paraguay resuelve su conectividad por fibra óptica a través de países cercanos. Ambos países poseen la particularidad de su localización mediterránea.

En cambio, El Salvador a pesar su condición de país costero, no dispone de cables submarinos por el momento (Echeberría, 2020).

**Mapa 3**  
**Conexiones terrestres de fibra óptica en América Latina y el Caribe**



Fuente: Infrapedia (2021).

#### 4. Centros de datos

En relación con los centros de datos, es posible afirmar que dichos dispositivos facilitan la computación y el funcionamiento de diferentes tipos de aplicaciones. Actualmente el enfoque que ha ganado participación es el de computación basada en la nube (Cloud computing), donde se ofrecen servicios a diferentes usuarios mediante la posibilidad de virtualizar los servidores y proveer acceso a cualquier cliente que requiera las prestaciones señaladas. Dichos servicios están instalados sobre soportes físicos, basados en infraestructuras diseñadas con esta finalidad. En los centros de datos se ofertan servicios especialmente destinados a empresas, mediante dichos procesos es posible alcanzar la capacidad de gestión necesaria para realizar operaciones que presentan diferentes características; gestionar bases de datos y suministrar aplicaciones, entre otras funciones. También pueden funcionar como centros de datos ofertando infraestructura estándar.

El mercado de los Data Centers está evolucionando, con una demanda en crecimiento constante. Para evaluar las características de los centros de datos, los principales indicadores que suelen analizarse son la capacidad de suministro eléctrico, el área útil y los tipos de servicios ofrecidos. En el caso de América Latina, la región dispone de 30 data centers aproximadamente, con capacidades de suministro eléctrico en el rango de los 15-30 Mw y la mayoría de ellos se encuentran ubicados en Brasil. En la región, los proveedores de CDN's y servicios digitales no suelen ser los propietarios de los Data Centers, sino que contratan espacio, energía, conectividad y servicios (Echeberría, 2020).

## 5. Torres o radio bases

Además de las infraestructuras detalladas, es importante destacar una consideración particular para el caso de las torres de transmisión que posibilitan la **conectividad móvil**. Estas infraestructuras son esenciales para la accesibilidad a los sistemas de internet móvil en las diferentes zonas de la región. A su vez, es necesario mencionar que existe un déficit de este tipo de componente ya que existen áreas de mejora en la cobertura que permitirían potenciar el sistema en su conjunto. En base a GSMA, 2015, se observa que la densidad de antenas en algunas de las ciudades de la región es notablemente inferior a las observadas en ciudades de países centrales.

**Cuadro 6**  
**Cantidad de habitantes por antena**

País	Cantidad
Tokyo	99
Londres	261
California	309
San Pablo	1 947
Lima	3 462
Buenos Aires	4 076

Fuente: GSMA (2015).

Nota: Imagen disponible en: <https://www.gsma.com/latinamerica/es/despliegue-infraestructura>.

Un informe de GSMA, 2016, señala que se deberían tener en cuenta algunas sugerencias para poder mejorar la situación del sector:

### a) Brindar apoyo financiero

Para llegar a zonas aisladas. Entre los posibles apoyos están los subsidios, las asociaciones públicas privadas (APPs), los incentivos fiscales y los fondos de servicio universal (FSU).

### b) Reducir burocracia local para el despliegue de antenas

En general para que un operador pueda instalar una antena necesita la aprobación de un gobierno de alcance municipal, sin un plazo ni especificaciones estandarizadas a nivel nacional. La sugerencia de GSMA 2016, es que la regulación sea producto de una política nacional con definición de plazos de aprobación, requisitos claros y simplificación en caso de antenas pequeñas o emplazamientos de bajo consumo.

### c) Fomentar el uso compartido de la infraestructura

Permite que distintos operadores compartan las torres y optimicen su uso, disminuyendo costos y haciendo más eficientes dichos activos.

**d) Aumentar la disponibilidad del espectro**

El estudio de GSMA 2016, explica que las bandas de espectro 1 GHz son las más adecuadas para brindar cobertura en zonas rurales. Por esa razón recomienda despejar dichas frecuencias de los servicios actuales, con disponibilidad para los operadores móviles.

**e) Simplificar el acceso a la infraestructura**

Es común que las infraestructuras en zonas remotas (edificios, terrenos, parques, entre otros) sean propiedad de los estados, por lo tanto, se sugiere que dichos activos sean ofrecidos en forma sencilla a los operadores, de manera tal que las instalaciones de antenas sean posibles en dichas zonas. De esta forma podrían reducirse costos y se agilizaría el emplazamiento, mejorando los niveles de cobertura.

**D. 5G: beneficios esperados y requisitos para su desarrollo en la región**

En función del análisis realizado en este documento, es posible comprender que la situación de conectividad de internet en la región presenta cierto retraso con respecto a la evolución global y a las necesidades de las aplicaciones asociadas con las cadenas de suministro inteligentes. Según CAF, (2020) un incremento en el 100% de la velocidad de internet implicaría un incremento del PIB de 0,73%, en base a esta afirmación, su impacto en un conjunto de actividades económicas y productivas puede ser muy relevante. Contar con un adecuado desarrollo relacionado con estas tecnologías permitiría sustentar, hacer viable y potenciar todo el paquete de soluciones tecnológicas que fueron comentadas en el presente estudio. Razón por la cual, se considera prioritario analizar la situación de la región y los requisitos para avanzar en los desarrollos necesarios.

Es posible comprender que los elementos que constituyen una red 5G son la infraestructura física como antenas o celdas de transmisión, software, estándares técnicos, normativas vinculadas, instituciones encargadas de la regulación y control, modelos de gestión y empresas teleoperadoras. Una situación favorable es que deberían liberarse las frecuencias dedicadas al desarrollo de las redes 5G. En este sentido el los estados tendrán que definir las frecuencias que serán utilizadas y también determinar cómo se realizara la licitación de las concesiones a las empresas operadoras.

En la región existen cinco redes comerciales de 5G:

*"En Uruguay lanzada en abril de 2019 (banda de 28 GHz); en diciembre de 2019 lanzada en Puerto Rico (600 MHz), Trinidad y Tobago, Surinam y Aruba. En Chile, Brasil y Perú ya se han realizado ensayos utilizando las bandas de 3.5 y 28 GHz. El primer país de la región en iniciar un proceso de licitación a nivel nacional, proyectando una cobertura de 90% de la población, es Chile." CAF, 2020.*

Particularmente, GSMA, 2020, explica que el rango de 3,5 GHz es una banda de espectro fundamental, apta para el despliegue de las redes 5G; debido a que posibilita proporcionar capacidad y cobertura. Esta banda puede significar incluso menores costos de infraestructura que bandas más altas. Asignando adecuadamente el espectro, es posible que se obtengan resultados óptimos en términos de velocidad, latencia, cobertura y calidad del servicio.

A su vez, el informe de GSMA mencionado, determinó un conjunto de directrices referidas a las concesiones en base al relevamiento de experiencias internacionales. Algunas de las sugerencias se indican a continuación.

**a) Planificación de espectro**

- Establecer una hoja de ruta que indique la disponibilidad futura del espectro para los operadores, determinando calendario y planes de otorgamiento.
- Determinar la disponibilidad en el rango 3,3-3,8 GHz y liberar reubicando aquellos servicios que sea posible.

- Eliminar las barreras regulatorias que no permitan compartir las infraestructuras.
- Simplificar requisitos para planificar, adquirir y gestionar sitios.
- Incentivar con beneficios fiscales la entrada de terminales móviles.

**b) Adjudicación y otorgamiento de licencias de espectro**

- Realizar consultas abiertas previas a los procesos de asignación.
- Conceder períodos de licencia a largo plazo (20 años) para asegurar las inversiones necesarias en la red.
- Asegurar el espectro con neutralidad tecnológica.
- Priorizar servicios mejorados de banda ancha móvil por encima de la maximización de ingresos.

La liberación y concesión de espectros, es otro aspecto necesario para el desarrollo de las redes 5G como la instalación de las antenas y su software correspondiente, dichas antenas consisten en miles de pequeñas antenas. Luego, con la estructura de base tecnológica, también será necesario que las empresas desarrolladoras de productos tecnológicos oferten en el mercado los dispositivos para la utilización de las redes 5G.

En síntesis, el progreso de las redes 5G presenta ciertos desafíos en la región y esto implicará que los estados asuman el rol requerido para garantizar el desarrollo y el acceso a dicha tecnología. Es fundamental su consideración como un tema prioritario en las agendas de política pública y para alcanzar y facilitar el desarrollo de la infraestructura y todos los componentes relacionados, con la finalidad de aprovechar los beneficios asociados con esta tecnología. Su impacto será relevante en diversos ámbitos, pero particularmente en la logística y las cadenas de suministro, es una necesidad indispensable para lograr un salto cualitativo y conseguir que las diferentes soluciones tecnológicas puedan evolucionar adecuadamente.



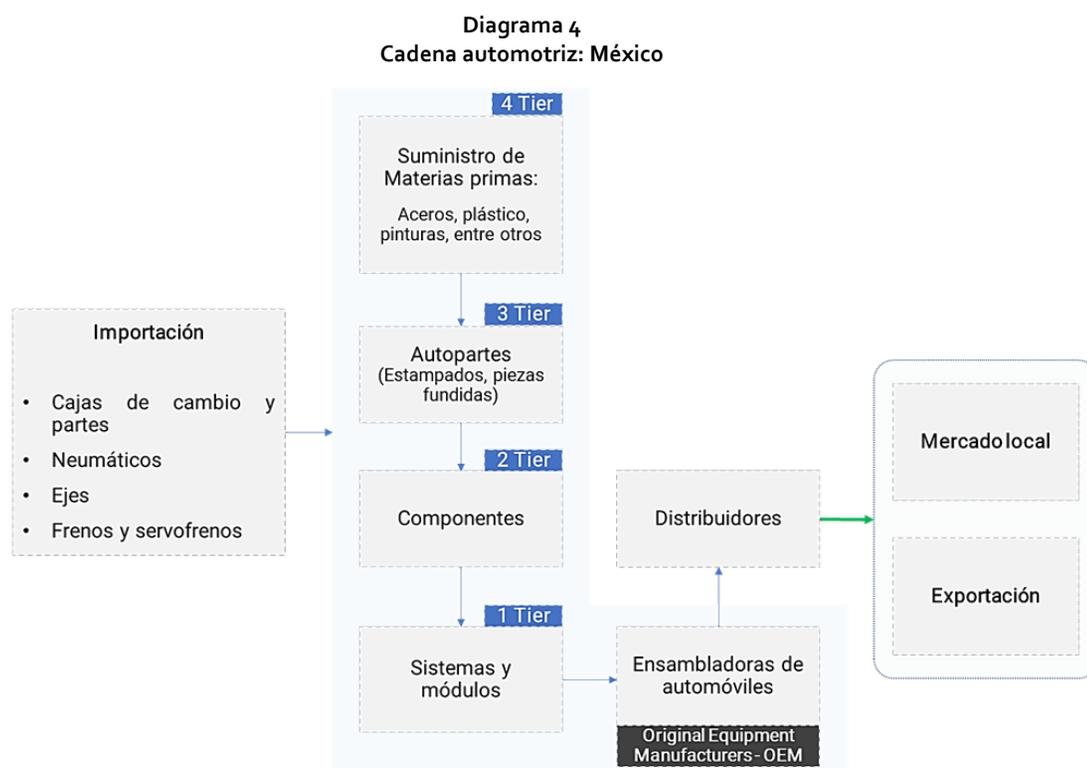
### **III. Configuración espacial y vinculación de tecnologías smart con las cadenas de valor en la región**

En esta sección el enfoque se refiere a las cadenas de valor identificadas en la región como casos relevantes con la premisa de alcanzar un mayor nivel de detalle, en las explicaciones correspondientes sobre la configuración espacial, los modos de transporte involucrados para cada caso y determinar si existen o podrían ser incluidas las tecnologías Smart en los eslabones que componen las diferentes cadenas de valor.

#### **A. Cadena automotriz: México**

##### **1. Revisión de la cadena y su configuración espacial**

Con la intención de realizar una revisión en la configuración de esta cadena de suministros e identificar los diferentes encadenamientos que la componen, se presenta un esquema ilustrativo que sintetiza parte de la explicación sobre su funcionamiento.



Fuente: Elaboración propia en base a Secretaría de Economía de México (2017).

Cabe mencionar que debido al gran número de componentes que intervienen en la producción de un vehículo, la variedad de modelos fabricados por cada empresa y las particularidades propias de cada uno de los modelos, la complejidad de la cadena de valor es muy alta. A su vez, la industria automotriz, es uno de los sectores donde existe una adaptación total de los esquemas justo a tiempo, determinando elevados requisitos de coordinación entre cada una de las partes intervinientes.

La producción de vehículos abarca un conjunto elevado de componentes de diverso tipo. Los componentes en parte son de producción mexicana pero también se necesitan elementos importados, debido a la alta especificidad de cada vehículo. Las importaciones provienen de China, Japón, Brasil, Estados Unidos (EEUU 50% de los flujos de importación), entre otros. Los flujos de importación llegan en **transporte ferroviario, automotor y marítimo**.

En cuanto a la concentración de empresas en los diferentes eslabones (4 Tier a 1 Tier), se constituye como en una estructura piramidal donde los primeros eslabones involucran un mayor conjunto de compañías de menor escala y al alcanzar la etapa de los OEM, los mismos se concentran en 18 emplazamientos.

Las autopartistas que conforman el clúster automotriz de México se distribuyen de la siguiente forma en el territorio mexicano:

- **Noroeste:** se agrupan en 70 empresas aproximadamente que producen sistemas de aire acondicionado y calefacción, componentes de interiores, sistemas y accesorios eléctricos para automóviles.
- **Noreste:** agrupan 198 empresas, las cuales fabrican sistemas de aire acondicionado, sistemas automotrices, partes plásticas, componentes del sistema eléctrico, partes del motor y maquinados.

- **Centro:** en total se concentran 101 plantas. Las cuales producen; asientos, aire acondicionado, gatos hidráulicos, componentes para interiores, partes del motor, sistemas eléctricos, estampados y suspensión.
- **Bajío:** concentra 141 plantas las cuales realizan estampados, componentes eléctricos, frenos y sus partes, productos de hule, partes del motor y transmisión de automóviles.

Para la distribución de autopartes se utilizan los modos **ferroviario y automotor**. Respecto a las plantas ensambladoras de vehículos también conocidas por su terminología en inglés como Original Equipment Manufacturers (OEM), estas se dividen en vehículos pesados y ligeros y ambas agrupan 36 plantas automotrices localizadas en 14 estados, distribuidas desde las zonas inferior y central, hasta la frontera norte del país.

Los vehículos terminados son transportados mediante los **modos ferroviario y automotor**. También parte de las exportaciones son enviadas por **transporte marítimo**. La cercanía de las localizaciones a Estados Unidos se debe a la relevancia de dicho mercado.

## 2. Soluciones tecnológicas

Respecto a la incorporación de tecnología tanto en la etapa de suministro de las plantas ensambladoras como en la etapa de distribución, se consideran relevantes un conjunto de soluciones principalmente basadas en Blockchain.

### a) Suministro a OEM's

Entre las soluciones aplicadas a la cadena de suministro es posible distinguir los siguientes procedimientos.

#### i) *Coordinación con proveedores*

Se podrá utilizar la tecnología blockchain en la gestión de pagos a proveedores sin necesidad de incurrir en la intermediación de instituciones financieras que implican demoras en la acreditación de transferencias debido a los controles realizados por los bancos y sus procesos internos.

Mediante blockchain se podría asegurar un procesamiento rápido, seguro y de bajo costo, mediante verificaciones en tiempo real a través de un sistema encriptado. Asimismo, esta tecnología permitiría realizar transacciones multinivel y la implementación de contratos inteligentes que prescindan de la intermediación por completo.

#### ii) *Evaluación de proveedores*

A través de la implementación de contratos inteligentes basados en blockchain es posible realizar una evaluación de los diferentes proveedores sustentada en indicadores de desempeño, asegurando una medición eficaz y transparente. De esta manera sería viable lograr beneficios a largo plazo para las distintas partes (OEM-proveedores), basados en criterios estandarizados.

En la práctica estos contratos podrían implicar pagos automáticos o certificación de determinados niveles de calidad basados en el cumplimiento de indicadores.

#### iii) *Digitalización del transporte para una mayor visibilidad*

En referencia a las diferentes organizaciones que forman parte de la cadena de suministros, configurando la industria automotriz deberían incluir en cada etapa donde los procesos lo permitan, sensores destinados a medir parámetros críticos del transporte en diferentes componentes (temperatura, humedad, movimientos anómalos, localización, etc.).

Mediante el uso de sensores IoT es posible lograr una medición completa de los parámetros más relevantes, de manera tal que los OEM podrían lograr una mayor trazabilidad en el traslado de los

componentes y en caso de detectar una falla o anomalía se podría investigar la causalidad del problema con el objetivo de lograr mejoras en los procesos de abastecimiento. En la obtención de los datos podrán utilizarse tecnologías como RFID, GPS, GIS, escáneres de códigos de barra, entre otros. Logrando visibilidad a lo largo de la cadena de suministros, mediante el uso de blockchain, asegurando la trazabilidad completa e inmutabilidad en los registros.

Una tendencia tecnológica que probablemente se acentuará en el futuro es la impresión 3D o fabricación aditiva. Esto permitirá cada vez localizar más cerca de las plantas ensambladoras a los proveedores de componentes debido al constante avance de esta tecnología. Si bien se observa que la actual localización de las diferentes autopartista configura un clúster que atiende las necesidades de las empresas ensambladoras con especializaciones definidas de acuerdo a cada región, es posible que en un futuro esta cercanía sea aún más estrecha debido al avance de la impresión 3D.

## **b) Distribución**

En la etapa de distribución se imponen las siguientes tecnologías.

### **i) Gestión de garantías**

El uso de contratos basados en blockchain permitirá realizar controles específicos para determinar si corresponden las garantías solicitadas por parte de los clientes. Los OEM podrán utilizar tecnologías telemáticas sobre los vehículos con el objetivo de determinar cómo fue su correcto uso según las especificaciones de los fabricantes y de esta forma analizar si los reclamos son correctos o no.

### **ii) Revisión de productos defectuosos**

También se podrá utilizar blockchain para determinar el historial de reparaciones que ha registrado un vehículo, junto con su información telemática y en base a dicho conjunto de datos definir cuál pudo ser la causa del problema que originó una falla. De esta forma sería viable determinar puntos de mejora en el futuro con la finalidad de agilizar reparaciones.

### **iii) Pronóstico de OEM**

Incluyendo información telemática por parte de los clientes en la definición de pronósticos, se podrá determinar con mayores niveles de exactitud, potenciales necesidades futuras y niveles de demanda asociados con los diferentes modelos de vehículos. Esta cuestión también podrá asociarse con la implementación de modelos de Deep Learning y Machine Learning para conocer con mayor precisión las variaciones en el comportamiento de la futura demanda.

## **B. Cadenas de la soya y el maíz: Argentina**

### **1. Revisión de la cadena y su configuración espacial**

A modo de revisión de la configuración de las referidas cadenas, se analizan de manera conjunta ambos complejos productivos, debido ya que sus procesos logísticos asociados presentan numerosas similitudes.

En ambas cadenas se caracterizan principalmente las siguientes etapas:

#### **a) Producción primaria**

El mercado de servicios logísticos en Argentina es maduro, y se caracteriza por la fuerte competencia entre operadores, los bajos márgenes, y una cierta tendencia hacia la concentración. En términos regionales se considera que los operadores logísticos argentinos presentan un desempeño adecuado, basado en capacidades técnicas y trayectoria, pero con un uso débil de TICs. En este contexto, los operadores buscan extender los horizontes del negocio a través de dos estrategias: i) regionalizar la actividad en el ámbito del cono sur, tendencia que se ve favorecida por el ingreso de operadores internacionales al

mercado local; ii) prestar servicios de mayor valor agregado, buscando disminuir el impacto del costo logístico que el transporte de abastecimiento y distribución de productos (de bajo margen) representa para el negocio. Esta situación implica una mayor integración de los operadores logísticos con sus clientes y de esta forma mejorar no solo los costos sino también los niveles de servicio.

Fuera de los grandes operadores excluidos del transporte y la logística de los graneles agropecuarios, la estructura del transporte automotor de cargas está caracterizada por una alta atomización y un tamaño empresarial medio reducido, lo cual supone una de las principales barreras para que las pequeñas empresas colaboren de forma conjunta en la solución de sus problemas y compitan en igualdad con las de mayor entidad. Los costos de transporte de larga distancia y última milla están fuertemente influenciados por ineficiencias derivadas de la situación del sector, la antigüedad de los vehículos, el importante porcentaje de retornos en vacío y otras problemáticas que afectan al sector.

El grado de atomización, en cualquier caso, es una barrera a la modernización del sector, la racionalización de la actividad y el logro de economías de escala. En otros países, e incipientemente en Argentina, la evolución de las empresas, partiendo de transportistas autónomos que han ido concentrándose en cooperativas y empresas de transporte, es resultado de las nuevas prioridades que afectan al sector, en el que existe una mayor preocupación por la creación de valor añadido y por la logística, así como una presión por parte de los cargadores por contar con operadores de mayor tamaño y profesionalización.

En los años '90 se dio una intensificación del crecimiento en superficies sembradas y rendimientos, lo que permitiría duplicar la producción de las últimas dos décadas y alcanzar récords en el sector, así como expandir la frontera agropecuaria a partir, principalmente, del uso de eventos genéticamente modificados (EGM). El 80% de dichos incrementos corresponde a las oleaginosas (soja) y se concentra en la llamada "cosecha gruesa", cultivos cuyo crecimiento se da en primavera y verano, para ser cosechados en el otoño del hemisferio sur. Esto implica una alta estacionalidad, que se combina con una capacidad de almacenamiento relativamente baja, medida en 0.75 por la Fundación Producir Conservando (en comparación, EE UU con un índice de 1.5 y Francia 1.3). Lo cual se refleja en picos de demanda en el transporte de granos a los centros de elaboración y consumo, y también a los puertos de exportación.

La aparición del "silo bolsa", un método de almacenamiento del grano en el campo embalado en bolsas de material plástico de alta densidad ha atenuado los picos de congestión de camiones en los últimos años, ya que permite al productor prolongar la espera luego de la cosecha con la finalidad de conseguir el precio más conveniente y de esta forma extender los despachos en el tiempo.

## **b) Etapa industrial y distribución**

Según datos del Ministerio de Agricultura, el 84% de los granos argentinos se mueven en camión, el 15% en tren y solo el 1% por barcaza. Tanto en comparación con EE. UU. y Brasil, la concentración del modo carretero en detrimento del resto es notoria; esta asignación modal se ve favorecida por la distancia promedio entre las zonas de producción y los puertos fluviales del Río Paraná en el polo portuario Rosario.

El tipo de comercialización vigente en el área granaria también beneficia al camión, dado que las exportaciones son decididas por cada operador según sus necesidades comerciales y la disponibilidad de bodega en el puerto, lo que lleva al exportador a decidir la operación rápidamente; y esto siempre va en detrimento del ferrocarril, que necesita una ventana de aviso más prolongada, para asegurar la provisión del servicio requerido.

Ciertamente, el tipo de flujo dinámico que caracteriza a las grandes cadenas logísticas exportadoras actuales favorece la adopción del transporte carretero, más versátil, funciona puerta a puerta, recogiendo la producción en el campo cuando así lo requiere el exportador. Mientras que la operatoria ferroviaria depende siempre de una inversión estatal previa; la flexibilidad del camión,

sostenida por la oferta de las Pymes encargadas del flete corto, es en el contexto actual imbatible a pesar del menor costo del transporte ferroviario.

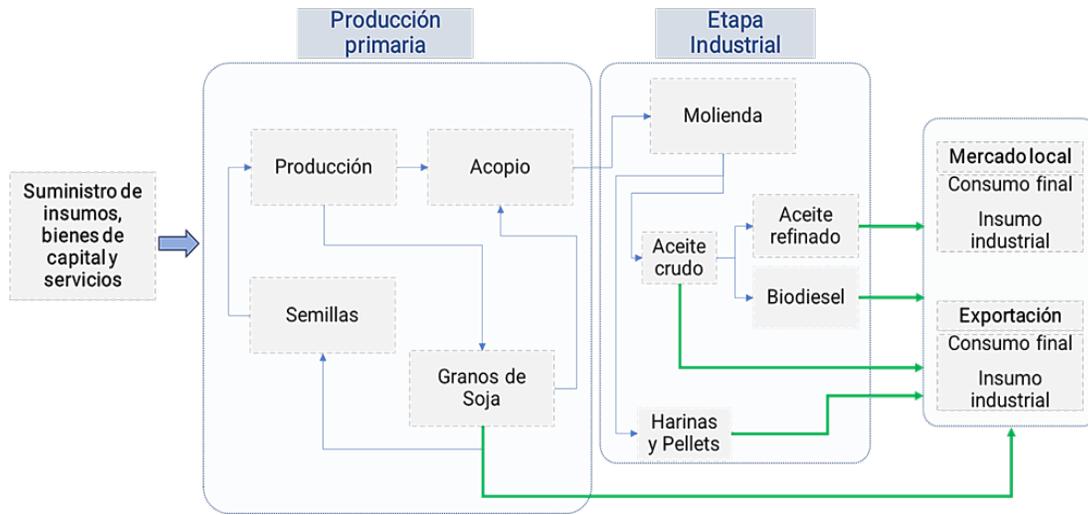
Otro ejemplo de versatilidad del camión tiene que ver con las condiciones en que el producto llega a puerto; si el exportador o la planta de procesamiento pide descuentos en el precio por cuestiones de humedad o calidad de la carga recibida, el productor puede cambiar la carta de porte y enviarlo a otro destino, algo que resulta imposible de hacer en un tren de carga de 40 vagones, con un trayecto limitado y consolida mercaderías de otros productores.

El transporte de los centros de producción hacia los puertos puede dividirse en dos modalidades según su esquema de costos. Por una parte, el llamado "flete corto" o acarreo, que refiere al traslado desde el campo (unidad productiva) hasta un centro de acopio —donde en ocasiones, se agrega valor mejorando las condiciones del grano— ubicado relativamente cerca del origen de la carga. Es la alternativa más común si el productor no decide almacenarla por cuenta propia, en el silo bolsa, dentro del campo o en un terreno adyacente. Cabe acotar que en general un centro de acopio presenta mejores condiciones para conservar el grano mientras se esperan las situaciones propicias para la venta al exportador, pero a su vez percibe una tarifa o comisión, por lo que el silo bolsa representa la alternativa de mínima para el productor. En la actualidad, los productores cuentan con una capacidad de acopio de alrededor del 30% de la producción.

El esquema logístico se completa con el "flete largo", que contempla el transporte desde el lugar de acopio —que a veces puede ser el propio campo— hasta la planta de procesamiento o el puerto de exportación. Si bien éste sigue siendo mayoritariamente camión, hay una mínima participación según la provincia del modo ferroviario o bien el fluvial (barcaza). En la actualidad, el "flete largo" es una modalidad con creciente participación de los propios puertos, que contratan camiones para satisfacer sus picos de demanda, relacionados con la llegada de buques graneleros a sus muelles. Así ocurre en los puertos del nodo portuario Rosario. Esto ocasiona que, por cuestiones de escala, los operadores portuarios terminen a menudo definiendo los costos del "flete largo".

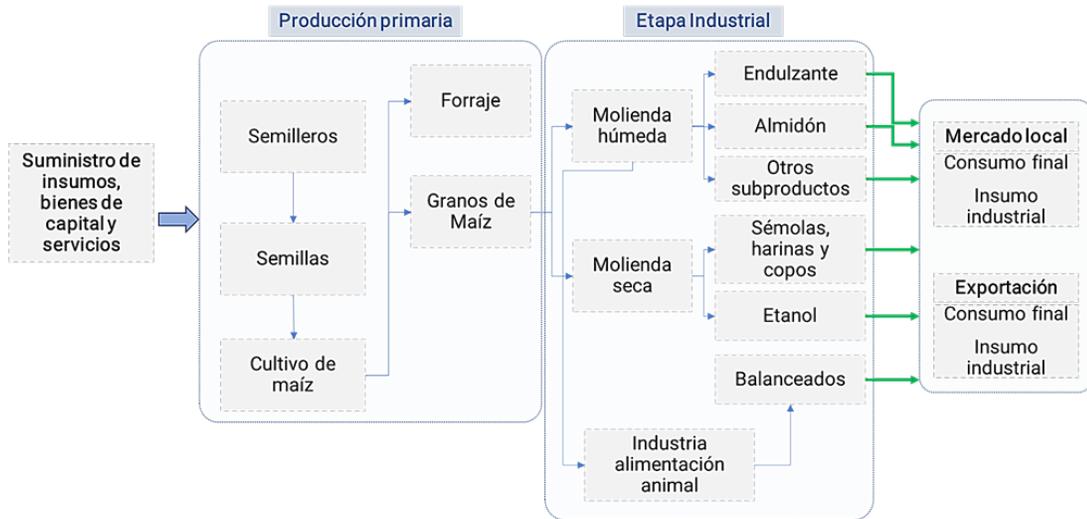
La demanda de estos tráficos está representada por el puerto, las compañías exportadoras, las industrias de procesamiento y el mercado interno. En la jerga de la actividad productiva, el término "puerto" designa en realidad a exportadores y procesadores de la producción, plantas de secado instaladas en las terminales, zonas de embarque propiamente dichas o incluso al buque anclado frente a la terminal. En algunas ocasiones dos o más de estos actores pueden ser el mismo. Por ejemplo, las compañías exportadoras suelen ser grandes empresas que compran el grano al productor y se encargan del embarque con destino en el exterior, a menudo en terminales portuarias propias. Estas grandes exportadoras tienden a integrarse con otros eslabones de la cadena en sentido inverso, concentrando procesos hacia el origen del tráfico (el productor) y reduciendo la intermediación entre éste y la empresa: de este modo integran o instalan redes de acopio, y en ocasiones hasta producen sus propios cultivos, en campos propios o arrendados.

**Diagrama 5**  
**Cadena de la soja: Argentina**



Fuente: Adaptado en base a Secretaría de Política Económica, Argentina (2019).

**Diagrama 6**  
**Cadena del maíz: Argentina**



Fuente: Adaptado en base a Secretaría de Política Económica, Argentina (2019).

## 2. Soluciones tecnológicas

En cuanto a las posibles tecnologías a incorporar, pueden analizarse las siguientes alternativas.

### a) Monitoreo y planificación del mantenimiento de los caminos rurales

Los caminos rurales son infraestructuras por las cuales un volumen importante de graneles agrícolas debe transitar, sin embargo, debido a su gran densidad y extensión es complejo medir el tránsito en los diferentes tramos para poder planificar la red, como así también incorporar las variables climáticas a un inventario de la red y de este modo facilitar el mantenimiento correspondiente. Sería importante considerar planes de monitoreo sobre ciertas flotas de transporte

(mediante GPS, RFID, entre otras opciones tecnológicas) para poder entender el tráfico real sobre los caminos y vincular dichos Tránsitos Medios Diarios Anuales (TMDA), con variables climáticas que permitan una adecuada planificación con el objetivo de reducir costos operativos y de mantenimiento asociados a su mal estado.

**b) Certificación basada en evidencia**

Asociando blockchain con tecnologías IoT que permiten obtener diferentes tipos de datos a través del uso de sensores, se podrá asegurar la transparencia de la información, seguridad y certificar cuestiones de calidad basadas en evidencia y en tiempo real.

**c) Transparencia sobre el flujo real**

Como complemento de los etiquetados y códigos de barra bidimensionales (Códigos QR), a través del uso de tecnologías blockchain, es posible ofrecer información completa sobre el flujo logístico y productivo de las distintas mercancías. Esto podrá ser implementado por ejemplo en diferentes tipos de productos (líquidos, sólidos, fraccionados, a granel) mediante sus respectivos embalajes.

**d) Planificación logística**

A través de la utilización de sensores en las diferentes unidades productivas, mediante el análisis de grandes volúmenes de datos y consolidando la información en tableros analíticos, podrá optimizarse la planificación de las cadenas de suministro con los insumos necesarios y los requerimientos de transporte en función de los volúmenes producidos en un gran número de parcelas en forma simultánea. Por ejemplo, se podrá determinar mediante el uso de sensores IoT los volúmenes cosechados por unidad productiva y los stocks almacenados (por ejemplo, en silos bolsa). En base a esta información es posible planificar el transporte de la producción en el momento más adecuado, así como el abastecimiento de los insumos necesarios.

**e) Pronóstico de futuras producciones**

Mediante el uso de imágenes satelitales disponibles de diferentes misiones de observación de la tierra, se podrán realizar pronósticos, más precisos y customizados, a través de modelos de machine y deep learning sobre variables climáticas de series históricas (por ejemplo: precipitación, temperatura, humedad, etc.). La aplicación de estas técnicas instrumentales predictivas, serán fundamentales para realizar estimaciones sobre futuros volúmenes de producción. Conocer el volumen a producir en determinado momento, permite programar los requerimientos de la cadena de suministro y la logística de distribución con mayor certeza.

**f) Comercio electrónico de insumos**

Se podría considerar el uso de plataformas de comercio electrónico para que los productores agrícolas se abastezcan de semillas, fungicidas, herbicidas, entre otros insumos, fomentando precios competitivos.

## **C. Cadena del mineral de hierro: Brasil**

### **1. Revisión de la cadena y su configuración espacial**

La cadena del mineral de hierro en Brasil (liderada por la empresa VALE) constituye un caso de gran relevancia en la región por la escala de los volúmenes manipulados, el protagonismo de la principal compañía, su grado de integración vertical a lo largo de la cadena y por la complejidad que implica su logística.

Las empresas que controlan el mercado global del mineral de hierro son solo tres, siendo China el principal comprador. Las operaciones logísticas brasileñas se encuentran en situación desfavorable respecto a su localización, aun así, Vale es una de las empresas líderes. Esto se debe a un alto grado de eficiencia y reducción de costos producto de su estrategia de integración.

La presencia internacional de la compañía Vale es considerable, participando en asociaciones a través de joint ventures en cinco continentes, como así también en adquisiciones directas radicadas en diversos países y acuerdos con otras compañías/estados para utilizar, por ejemplo, líneas férreas como ocurre en África con la finalidad de incrementar la capacidad logística de la empresa. En Mozambique rehabilito 680 kilómetros de vías férreas y desarrollo un corredor logístico vinculando la mina de carbón de Moatize con el puerto de Nacala-à-Velha.

En lo que respecta al mercado de Brasil, Vale opera alrededor de 2.000 kilómetros de red ferroviaria en Brasil. La función del sistema se relaciona con el transporte de sus productos, desde los centros de extracción y operaciones hacia los puertos para su exportación. Los mismos corredores son utilizados para la logística de abastecimiento, en este caso la logística inversa dedicada a las importaciones y el abastecimiento. Entre los principales corredores se destacan los siguientes:

- Ferrocarril Vitória a Minas su extensión alcanza los 905 kilómetros. La carga transportada es mineral de hierro de Vale y carga general (de terceros; carbón y productos agrícolas) conectando el centro de operaciones de mineral de hierro desde el interior de Minas Gerais hasta el Porto de Tubarão, en Espírito Santo.
- Ferrocarril de Carajás con 972 kilómetros de extensión, la carga transportada es mineral de hierro, arrabio, manganeso, cobre, combustibles y carbón, conectando Minas de Carajás en Pará, a la Terminal Marítima Ponta da Madeira, en Maranhão.

Es importante destacar que como consecuencia del despliegue relacionado con la logística de grandes volúmenes desarrollado por la empresa, las terminales portuarias con conexión ferroviaria facilitan las operaciones de cargas destinadas al mercado externo (incluyendo servicios logísticos prestados a terceros). De este modo se configura una cadena logística compleja y extendida en el territorio, donde se integran terminales portuarias en Brasil y diferentes países. Los principales puertos que integran el sistema logístico mencionado en Brasil son los siguientes:

- Puerto de Tubarao. Localizado en las cercanías del Puerto de Vitória, estado de Espírito Santo.
- Terminal Ponte Madera. Localizada en las cercanías del Puerto de Itaqui, estado de Maranhão.
- Terminal de Itaguaí. Localizada en las cercanías del Puerto de Sepetiba, estado de Río de Janeiro.
- Terminal de Guaíba. Localizada en la Isla de Guaíba, en la bahía de Sepetiba, estado de Río de Janeiro.
- Terminal Curvo de Gregory. Localizada en Corumbá, en el Río Paraguay, estado de Mato Grosso do Sul.

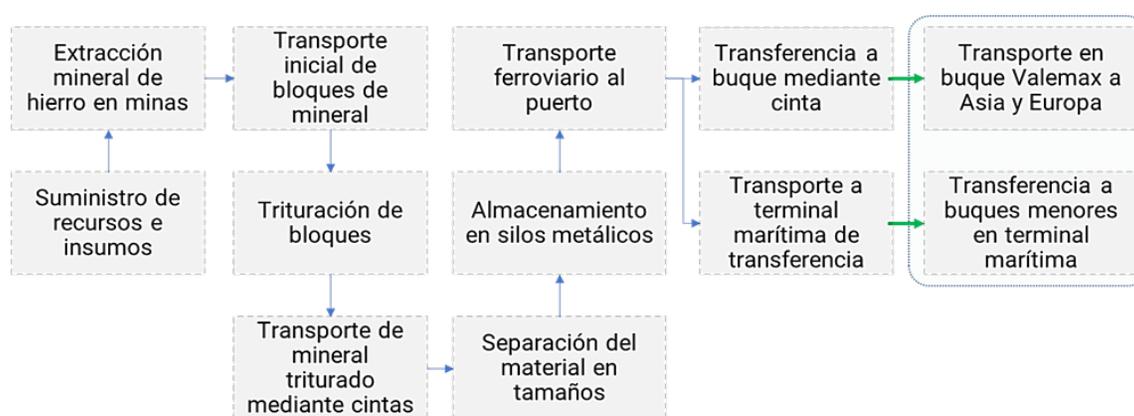
Terminales con operaciones portuarias de Vale en otros países:

- Puerto de Sohar, localizado en el Golfo de Omán. Cuenta con una terminal de mineral construida para las operaciones de Vale cuenta con capacidad para recibir embarcaciones VLOC (Very Large Ore Carrier). El mineral de hierro es transferido a buques de menor porte para realizar operaciones feeder en regiones cercanas.
- Terminal Teluk Rubiah, localizada en el estado de Perak, Malasia. Las instalaciones comprenden un puerto de aguas profundas y cinco almacenes, donde es posible mezclar y personalizar diferentes tipos de mineral de hierro según las necesidades de las acerías. Equipada con un muelle de importación con capacidad para descargar buques de 400 mil toneladas, y un muelle de exportación con instalaciones de carga para buques Capesize. Constituye el centro de distribución en Asia y mantiene un stock constante de mineral de hierro de Brasil.

- Puerto Balintang, localizado en Balintang Village, South Sulawesi, propiedad de PT Vale Indonesia (PTVI). Opera una terminal de barcasas de granel seco y un muelle de carga general.
- Puerto de Nacala-à-Velha, localizado en la provincia de Nampula, Mozambique. Es el centro de operaciones logísticas de carbón producido en la mina Moatize. Cuenta con una operación ferroviaria de 912 kilómetros.
- Nueva Palmira-Vale Logística Uruguay. Opera una terminal privada, sus funciones son almacenaje y manipulación de mineral de hierro y manganeso.

La empresa Vale opera con buques fletados y propios de grandes dimensiones con diferentes diseños: buques Capsize con capacidad de 170 mil toneladas; buques VLOC con capacidad de 375 mil toneladas; y la categoría Valemax con capacidad de 400 mil toneladas.

**Diagrama 7**  
**Cadena del mineral de hierro: Brasil**



Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad Federal Do Rio de Janeiro (2013).

## 2. Soluciones tecnológicas

Entre las soluciones tecnológicas existentes y aplicables, se pudieron relevar las siguientes, principalmente en base a los sitios web de las compañías<sup>1</sup> mencionadas en el presente análisis.

### a) Trenes autónomos

La empresa Rio Tinto dispone del primer tren de carga totalmente autónomo. El sistema ferroviario se utiliza para el transporte de cargas del mineral de hierro en Australia hasta la terminal portuaria, lo cual permite su distribución y transporte desde la zona de extracción. A su vez, es relevante destacar que dicho tren se configura con 200 vagones y atraviesa una distancia de 1700 kilómetros. Si bien VALE avanzó con el monitoreo de sus operaciones ferroviarias mediante el uso de drones, podrían analizarse posibles incorporaciones tecnológicas en las operaciones de traslado hasta el puerto de São Luis, en Maranhão, con un recorrido de 893 Km realizado en 30 horas por la Estrada de Ferro Carajás.

<sup>1</sup> <https://www.riotinto.com/> y <https://www.vale.com>.

**b) Buques autónomos<sup>2</sup>**

Las compañías mineras BHP Billiton y Rio Tinto ya están analizando la posibilidad de incorporar buques autónomos. Esta tecnología prevé incrementar los niveles de seguridad abordo en base a los algoritmos de IA avanzados, que permiten optimizar la navegación y evitar que el buque colisione con obstáculos en su navegación. Entre los beneficios también se estiman ahorros altamente relevantes en términos de operación.

**c) Camiones autónomos**

Los camiones que transportan el mineral de hierro en las minas de VALE Brasil se encuentran totalmente automatizados y se controlan remotamente desde un centro de control. También, mediante el uso de algoritmos de IA han podido disminuir costos en los recambios de neumáticos para estos vehículos debido a la optimización de su uso.

**d) Tags en camiones**

La compañía Rio Tinto, ha instalado alrededor de 45 tags en cada uno de los camiones de sus complejos mineros con la finalidad de monitorear su uso y funcionamiento en tiempo real. Estos sensores adquieren y envían datos con intervalos de pocos segundos, facilitando también el posicionamiento de las respectivas unidades.

---

<sup>2</sup> Según <https://www.technologyreview.es/s/7947/los-barcos-autonomos-amenazan-el-trabajo-de-la-tripulacion-de-los-buques-de-carga>.



## **IV. Mejoras de interoperabilidad e integración del sistema logístico regional**

En esta sección se analiza el avance de dos soluciones puntuales que facilitan la integración de la región y permitirán lograr un mayor nivel de interoperabilidad en los principales nodos que aún presentan una serie de ineficiencias. Entre ellas se encuentran las Ventanillas Únicas cuyo principal ámbito de implementación se refiere a los nodos fronterizos y en segundo lugar se estudian los sistemas de comunidad portuaria, aplicados al ámbito portuario y su ecosistema logístico vinculado. Finalmente se plantea un análisis para entender la posible implementación de blockchain para potenciar las soluciones mencionadas.

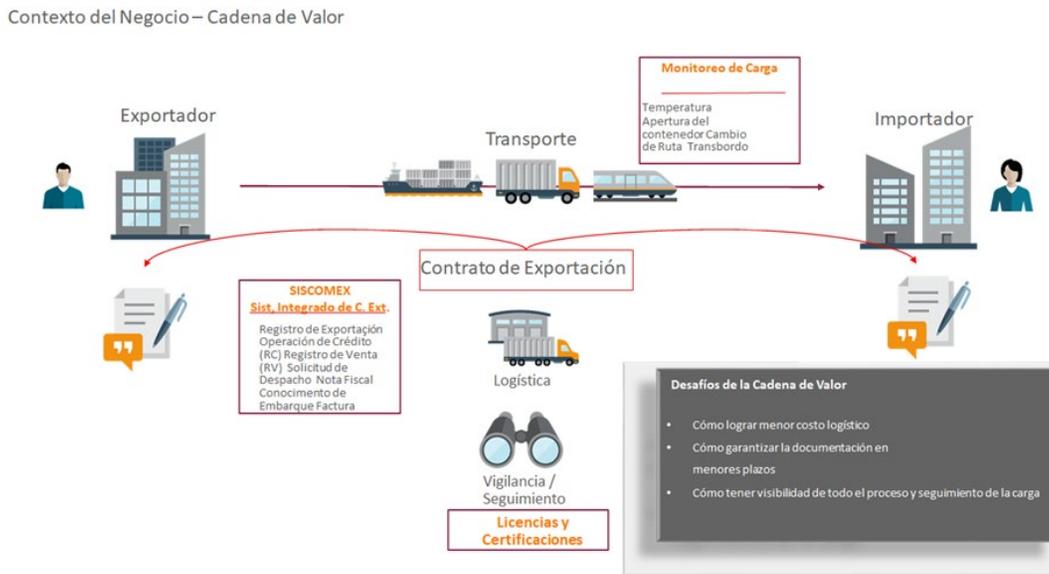
### **A. Ventanillas Únicas de Comercio Exterior como herramienta de facilitación e integración de nodos fronterizos**

Los nodos fronterizos suelen implicar fricciones para los diferentes flujos de comercio exterior. Esto suele ocurrir porque son lugares donde existe un gran número de actores intervinientes para realizar controles particulares sobre diferentes procedimientos documentales (vehículos, cargas transportadas, conductor, entre otros). Martincus, 2017 explica que los diferentes actores a su vez suelen exigir información similar, pero de forma repetida y usualmente muchos de estos requerimientos se solicitan mediante formularios en formato papel, lo cual multiplica las demoras e ineficiencias debido a la carga de información, su procesamiento y la realización de los controles. Las empresas cuando necesitan movilizar sus cargas a través de un nodo fronterizo se enfrentan a la imposición de completar hasta unos 200 documentos, con 40 campos asociados y de ellos el 60%-70% deben completarse de manera repetida. A su vez, los requisitos suelen variar notablemente dependiendo del tipo de producto involucrado en un traslado. Por ejemplo, los productos químicos pueden tener requisitos muy diferentes a los de la industria alimenticia.

Las demoras e ineficiencias en los nodos fronterizos pueden estar asociadas a un impacto directo en los costos logísticos de una cadena de suministros en particular debido a las ineficiencias que generan en los niveles de servicio del proceso logístico. Los costos estimados con respecto a estos

inconvenientes se acercan al 3,5%-5% del valor de los bienes o incluso en algunos casos al 10%-15% si ocurre algún error tipográfico o similar. El concepto de Ventanilla Única permite que los actores involucrados como empresas y transportistas (entre otros), presenten la información en un único punto de entrega y en un formato estándar. Cubriendo de esta manera todos los requisitos regulatorios de la operación involucrada (Importación o exportación). La situación óptima en el proceso es cuando dichas ventanillas son electrónicas debido a que eliminan el uso del papel y permiten un procesamiento mucho más eficiente de la información y por lo tanto un control más ágil e inteligente. Las ventanillas permiten el intercambio de documentación entre organismos, emisión de permisos y certificados. En el mundo son 70 países los que han implementado este tipo de soluciones. Sin embargo, el grado de implementación varía y también los actores que participan en cada uno de ellos. Este último factor depende de dos elementos principales: i) Flujo de los procesos administrativos y la normativa de cada país y ii) Complejidad técnica versus la capacidad de implementación.

**Imagen 1**  
**Esquema ampliado de una VUCE**



Fuente: ORACLE (2018).

En la región, según CEPAL, 2020, un número de 20 países cuentan con implementaciones de VUCE concluidas o en proceso. La siguiente tabla detalla la situación de cada país.

**Cuadro 7**  
**Situación VUCE en la región por país**

País	Año de Inicio	Alcance Interoperabilidad	
		Local/nacional	Regional
<b>Argentina</b>	2016 (Reevaluación)	A finales del 2019 se realizó un piloto operativo en Ezeiza, que esperaba alcanzar la interoperabilidad al término de la etapa 5 (2021). Actualmente en reestructuración, bajo el nombre de Ventanilla Única de Comercio Exterior (CiVUCE), la cual brinda información sobre las intervenciones que tiene la operación, impuestos y preferencias arancelarias. Próximamente podrá realizar despachos digitales desde el tablero de trámites a través de un sistema en la nube.	En desarrollo interoperabilidad con países del MERCOSUR.
<b>Bolivia (Estado Plurinacional de)</b>	En desarrollo	En desarrollo ventanilla física que será posteriormente migrada a una electrónica. La fase inicial será en La Paz, para luego extenderse a Cochabamba, Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija.	En desarrollo interoperabilidad con países del MERCOSUR. Proyectada su interoperabilidad con países de la Comunidad Andina.
<b>Brasil</b>	1993, 1997, y 2014	En 1993 inicia el Sistema Integrado de Comercio Exterior (SISCOMEX) como interfaz electrónica entre exportadores y organismos de gobierno. En 1997, se amplió para las operaciones de importación. En 2014 comenzó el Programa Portal Único de Comercio Exterior, para procesos más eficientes, armonizados e integrados tanto para importación, exportación y tránsito.	En desarrollo interoperabilidad con países del MERCOSUR.
<b>Chile</b>	2009	Pese a no ser obligatoria, concentra el 90% de las transacciones. En IMPO incluye Ministerio de Salud, Servicio Agrícola y Ganadero e Instituto de Salud Pública.	2009: Certificados de Origen con Colombia y México. En desarrollo interoperabilidad total con Alianza del Pacífico.
<b>Colombia</b>	2006	Su uso es obligatorio. Promueve la seguridad tecnológica y jurídica de los trámites al integrar la firma digital y el pago electrónico en línea. Elimina trámites físicos, generando menor tiempo y mayor agilidad en los procesos de comercio exterior.	2009: Certificados de Origen con México y Chile; 2014: con Ecuador; 2016: Holanda. En desarrollo interoperabilidad total con Alianza del Pacífico. Proyectada su interoperabilidad con países de la Comunidad Andina.
<b>Costa Rica</b>	2013	En operación VUCE 2.0, con interoperabilidad para 16 instituciones nacionales. Reduce el consumo de papel y brinda servicio 24/7, elimina las transmisiones de datos y no requiere licencias informáticas, con importantes ahorros en tiempo y dinero.	En desarrollo Plataforma Digital Comercio Centroamericana. Actualmente DUCA interoperable con resto países SIECA.
<b>Cuba</b>	En desarrollo	Proyectada	
<b>Ecuador</b>	2013	Funciona bajo el nombre de Ventanilla Única Ecuatoriana (VUE). Su uso es obligatorio para las 20 entidades públicas que la componen.	Proyectada interoperabilidad con países de la Comunidad Andina.

Cuadro 7 (continuación)

País	Año de Inicio	Alcance Interoperabilidad	
		Local/nacional	Regional
<b>El Salvador</b>	2019	Las exportaciones son gestionadas 100% en línea y autorizadas por Aduanas; emite el manifiesto de carga y la carta de porte a partir del Sistema Integrado de Comercio Exterior (SICEX) con lo cual transportistas solo completan el 5% de los datos.	En desarrollo Plataforma Digital Comercio Centroamericana. Actualmente DUCA interoperable con resto países SIECA.
<b>Guatemala</b>	1986	Funciona bajo los nombres de Ventanilla Única para las Exportaciones (VUPE) y en 2013 la Ventanilla Ágil para Importaciones (VAI). Se realiza el pago desde la ventanilla hacia la institución con transferencias en tiempo real. Factura y emite recibos electrónicos de las instituciones a los usuarios.	Se trabaja en formularios fito y zoonosanitarios EXPO con México; Certificado de Origen para el tratado entre México, Guatemala, El Salvador y Honduras. En desarrollo Plataforma Digital Comercio Centroamericana. Actualmente DUCA interoperable con resto de países SIECA.
<b>Honduras</b>	2013	Funciona bajo el nombre de Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCEH) permite presentar información estandarizada, realizar pagos en línea y hacer un seguimiento de las operaciones en tiempo real ya que esta interconectada con la Banca Nacional.	En desarrollo Plataforma Digital Comercio Centroamericana. Actualmente DUCA interoperable con resto de países SIECA.
<b>México</b>	2012, 2016 (relanzamiento), y 2018 (relanzamiento)	Funciona bajo el nombre de Ventanilla Única de Comercio Exterior Mexicano (VUCEM). Permite efectuar los trámites de las distintas regulaciones y restricciones no arancelarias de comercio exterior que emiten 10 dependencias gubernamentales. Ha permitido la reducción del 90% de trámites burocráticos y del 10% del tiempo para desaduanar los productos. En reingeniería para VUCE 2.0 orientada a las PYMES y servicios adicionales.	La actual versión es interoperable con otras VUCEs o dependencias de gobierno mediante el uso de estándares de intercambio electrónico de datos (OMA, EDIFACT, Cargo-xml, IATA). Desde 2009: Certificados de Origen con Chile y Colombia. 2016: Documentos fitosanitarios con países de la Alianza del Pacífico. En desarrollo interoperabilidad total con la Alianza del Pacífico.
<b>Nicaragua</b>	2018	En marcha el proyecto piloto que permitirá realizar trámites y pagos relacionados al proceso de exportación e importación a través de una plataforma digital.	En desarrollo Plataforma Digital Comercio Centroamericana. Actualmente DUCA interoperable con el resto de los países SIECA.
<b>Paraguay</b>	2003	Procesa casi la totalidad de las 120 mil operaciones de exportación mensuales. Los procesos de importación y exportación se encuentran separados entre Aduanas y el Ministerio de Industria y Comercio respectivamente. Todos los certificados sanitarios se emiten digitalmente.	Se encuentra en proceso de homologación el Certificado de Origen de ALADI, mientras que se están desarrollando procesos avanzados de gestión de riesgos. En desarrollo interoperabilidad con países del MERCOSUR.
<b>Panamá</b>	1985	Primer país de la región en implementar una VUCE. Cuenta con 6 ventanillas únicas por zonas aduaneras: Colón, Coclé, Chiriquí, Los Santos, Bocas del Toro y Panamá. Actualmente permite la tramitación de exportación, certificados de origen VICOMEX, Auto certificaciones para EEUU, Chile, Canadá y Singapur, Determinación de Origen, y la Declaración de Movimiento Comercial de Zonas Francas en menos de 2 horas.	En desarrollo Plataforma Digital Comercio Centroamericana. Actualmente DUCA interoperable con el resto de los países SIECA.

Cuadro 7 (conclusión)

País	Año de Inicio	Alcance Interoperabilidad	
		Local/nacional	Regional
<b>Perú</b>	2008	El proyecto entró en producción en 2010. Participan 27 instituciones, 17 del sector público, 9 gremios empresariales y 1 administrador portuario. Ha permitido la reducción del 25% del tiempo en trámites y del 5% de los costos de comercio exterior.	2016: Documentos fitosanitarios con países de la Alianza del Pacífico. En desarrollo interoperabilidad total con la Alianza del Pacífico. Proyectada su interoperabilidad con países de la Comunidad Andina.
<b>República Dominicana</b>	2014	Funciona bajo el nombre de Ventanilla Única de Comercio Exterior de la República Dominicana (VUCERD). Contempla 234 servicios e integra 10 instituciones del Estado.	
<b>Trinidad y Tobago</b>	2010	Funciona bajo el nombre de TTBizLink. Actualmente consta de 47 servicios con 10 ministerios.	En desarrollo interoperabilidad con procesos portuarios y con socios comerciales a nivel mundial.
<b>Uruguay</b>	2007	El 73% de Operaciones de Comex e integra al 90% Agencias de Gobierno.	En desarrollo interoperabilidad con países del MERCOSUR.
<b>Venezuela (República Bolivariana de)</b>	En desarrollo	Forma parte del Plan de la Patria 2013-2019, así como en la Agenda Económica Bolivariana.	

Fuente: CEPAL (2020).

Las dos tablas presentadas a continuación detallan algunas variables relevantes para conocer la situación de cada implementación de VUCE en América Latina y el Caribe. Mientras la primera de ellas indica la cantidad de organismos involucrados en cada país y los incluidos en su respectiva VUCE, la segunda analiza la cobertura de trámites y la integración o no entre aduanas y ventanillas únicas.

**Cuadro 8**  
Cantidad de organismos incluidos por VUCE y país, 2015

País	Cantidad organismos	Cantidad organismos incluidos en Ventanilla Única	Porcentaje de organismos incluidos
Argentina	40	12	30
Brasil	n.d.	n.d.	n.d.
Chile	21	11	52,4
Colombia	21	21	n.d.
Costa Rica	16	16	100
Ecuador	24	20	83,3
El Salvador	9	9	100
Honduras	11	9	81,8
México	n.d.	10	n.d.
Paraguay	15	13	86,7
Perú	n.d.	21	n.d.
Trinidad y Tobago	18	16	88,9
Uruguay	24	9	37,5

Fuente: Martincus (2017).

**Cuadro 9**  
**Procedimientos incluidos por VUCE y país, 2015**

País	Cantidad procedimientos	Cantidad de procedimientos a través de Ventanilla Única	Cantidad procedimientos (en porcentaje)	Transacciones sujetas a permisos procesadas a través de VUCE (en porcentaje)	Integración entre aduanas y Ventanillas Únicas
Argentina	245	12	4,9	n.d.	Sí
Brasil	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	Sí
Chile	50	43	86	70	Sí
Colombia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	No
Costa Rica	105	105	100	100	Sí
Ecuador	142	138	97,2	97	Sí
El Salvador	54	42	77,8	X: 100/M:90	X: Sí/M: Parcial
Honduras	n.d.	8	n.d.	70	X: Sí
México	n.d.	n.d.	n.d.	87	Sí
Paraguay	46	44	95,7	67	Sí
Perú	n.d.	260	n.d.	21	No
Trinidad y Tobago	n.d.	38	n.d.	70	No
Uruguay	100	36	36	10	Sí

Fuente: Martincus (2017).

En los países de la región las instituciones que forman parte de los procesos de frontera varían entre 9 y 40. Sin embargo, aquellos países donde se implementaron VUCE no siempre involucran a dichos actores. En este sentido, las disparidades presentan rangos desde el 30%, en el caso Argentina, por ejemplo, hasta el 100% en situaciones como la de Costa Rica, Colombia y El Salvador. Aquellos procesos que se encuentran cubiertos por las VUCE implementadas parten desde un 5%, Argentina, hasta 100% en Costa Rica, por ejemplo. Es posible determinar, en base a la variabilidad de los diferentes países, que la evidencia relacionada con la implementación de una VUCE es un proyecto complejo debido a las diversas partes que interactúan y a los desafíos de interoperabilidad que la misma pretende solucionar. Por este motivo la implementación de una VUCE es un proceso gradual que evoluciona en base a etapas las cuales deben ir incorporando nuevos organismos y sus respectivas actuaciones, siempre con la aspiración de lograr una simplificación y por lo tanto estandarización de los procesos de frontera.

**Imagen 2**  
**Participantes en un Sistema de Comunidad Portuaria (PCS)**

Contexto del Negocio – Control y Gobernanza



Fuente: ORACLE (2018).

Con la intención de sintetizar los beneficios asociados, es posible determinar que las VUCE permiten alcanzar un mayor grado de interoperabilidad en los nodos fronterizos, estandarizan trámites y sus respectivos requisitos a los actores que transitan de un país a otro. Debido a esto, se pueden trasladar eficiencias al sistema y sus asociadas reducciones de costo. Las VUCE constituyen una iniciativa para simplificar las operaciones en las fronteras y mejorar las transacciones comerciales entre operadores de distintos países, disminuyendo costos, burocracia, y posiblemente mejorando frecuencias y tiempos de entrega.

## B. Sistemas de Comunidad Portuaria (PCS) para continuar fortaleciendo la interoperabilidad en las cadenas de suministro

Como fueron comentados los beneficios e implicancias de los sistemas interoperables, también se explicó que la implementación de Ventanilla Única de Comercio Exterior significa una herramienta de gran eficacia para resolver procedimientos ineficientes en los nodos fronterizos. Analizando los componentes del sistema logístico, los nodos que también presentan gran relevancia son los puertos. Los puertos de la región movilizan gran parte de las cargas exportadas e importadas. De esta forma, los puertos articulan en gran medida los flujos internos y externos de un país y, por dicho motivo deben alcanzar altos niveles de eficiencia para impactar positivamente en las cadenas de suministro a las cuales están vinculadas.

Una solución posible para resolver problemas de interoperabilidad y de este modo fortalecer el sistema logístico de un país o región, es el de los Sistemas de Comunidad Portuaria (PCS). Estos sistemas son una herramienta utilizada para integrar diversos actores relevantes en la interfaz portuaria en una misma plataforma de interacción. A continuación, se sintetiza mediante un esquema a modo de ejemplo, los actores que pueden participar en un sistema de comunidad portuaria.



Según Mendes Constante (2019), es posible comprender que dichos PCS son plataformas digitales que gestionan, optimizan y automatizan procesos en diferentes sectores de la actividad portuaria y logística, por lo tanto, significan la solución más avanzada para la facilitación de interacciones comerciales dentro de un puerto y con el ecosistema logístico relacionado a la terminal portuaria. Estos sistemas (PCS) a su vez podrían estar implementados en aeropuertos, sin embargo, los nodos que suelen requerir mayores mejoras de eficiencia son los puertos. La idea es que se pueda integrar en una misma plataforma toda la información involucrada en las transacciones realizadas por los actores intervinientes y de esta manera poder incluir las diversas etapas de los procesos logísticos que ocurren en los puertos. Para su integración es habitual que dichos PCS tomen datos o flujos de información ya existentes en sistemas propios de distintos actores y solo constituyan un punto de unificación. Es decir, podría ocurrir que un PCS adquiera datos de un organismo de control, provenientes del sistema de dicha institución y solo integre dicha información con las transacciones a desarrollar en el PCS.

De esta forma se podría alcanzar una interacción centralizada en lugar que un mismo cargador o transportista deba interactuar con numerosos actores presentes en los nodos portuarios (organismos gubernamentales de control, aduanas, autoridades marítimas, portuarias, entre otros).

Los PCS no son solo herramientas para mejorar las operaciones de un puerto, sino que abarcan mejoras en el resto de la cadena mediante la distribución de información. Aumentan la visibilidad y asocian la trazabilidad en las diferentes operaciones, de esta manera favorecen la optimización de la red logística en su conjunto. La implementación de un PCS al mismo tiempo resulta en una mejora para el sistema logístico en su conjunto debido a que muchas empresas Pymes quizás no cuentan con recursos suficientes para avanzar en la digitalización de sus procesos y mediante esta solución es posible que alcancen la transformación digital de parte sus procesos y estos ya queden comprendidos en una solución provista de forma externa.

Revisando los distintos tipos de ventanilla única, según Mendes Constante, 2019 pueden definirse las siguientes:

**Cuadro 10**  
**Tipos de Ventanillas Únicas**

Tipo ventanilla	Función
Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE)	Gestiona las licencias y los permisos para importar y exportar bienes. Una ventanilla única de comercio exterior actúa bajo la autoridad del Gobierno de un país.
Ventanilla Única Marítima	Gestiona las formalidades que deben informar los buques, como el arribo, la permanencia y la partida; la información electrónica previa sobre la carga; las instalaciones portuarias receptoras; y los permisos para desembarcar a la tripulación.
Sistema de Comunidad Portuaria (PCS)	El PCS es la ventanilla única logística y se ocupa de los conocimientos electrónicos de embarque, los servicios portuarios, los servicios de transporte, entre otras funciones, que se trata de sistemas escalables.

Fuente: Mendes Constante (2019).

Es posible notar las diferencias de alcance entre la VUCE, analizadas en la sección precedente, y los Sistemas de Comunidad Portuaria. Los PCS están adaptados principalmente al ámbito portuario y a las transacciones que tienen lugar en las terminales portuarias, estas operaciones difieren de las que ocurren en un nodo fronterizo terrestre.

Suelen existir dos activadores clave para la implementación de los PCS (íntimamente relacionados entre sí):

- i) Necesidad de unificar y estandarizar los flujos de comunicación para mejorar la confiabilidad, rapidez y reducción de costos.
- ii) Necesidad de mejorar la competitividad de un puerto.

Es fundamental que al momento de su implementación se logre un acuerdo entre los diferentes actores involucrados para lograr la mejor solución posible.

Entre los beneficios esperados de la implementación de un PCS, se encuentran los siguientes:

- Reduce los costos administrativos de la documentación, la comunicación y el flujo de información.
- Permite disponer de la información utilizable en forma oportuna y precisa las 24 horas del día los 7 días de la semana.
- Impulsa aumentos de eficiencia y de productividad de las operaciones portuarias.
- Mejora la competitividad de los puertos a nivel nacional, regional y mundial.
- Fomenta la competitividad intermodal, que conduce a una asignación modal más equilibrada.
- Atiende a las demandas de los clientes y del resto de los participantes en el proceso (lo cual, eventualmente, mejora los niveles de satisfacción).
- Cumple con las exigencias de la política portuaria.
- Permite un uso óptimo de la infraestructura portuaria, que es costosa y con frecuencia físicamente limitada.
- Intensifica la seguridad y el control de los flujos de buques y cargas por parte de los organismos públicos responsables.
- Aumenta la satisfacción de los clientes a través del seguimiento y la localización de los flujos de contenedores.

Como ejemplo, para dimensionar los ahorros generados al implementar un sistema de estas características, se estima que el sistema Valenciaport PCS (Valencia, España) genera un ahorro anual de aproximadamente EUR 23 millones y Portnet de Singapur se aproxima a los U\$D 80 millones anuales.

Finalmente, en base a CEPAL 2020 se detalla la situación de las incorporaciones de PCS en la región:

**Cuadro 11**  
**Situación de las implementaciones PCS en la región**

País	Plataforma	Año de inicio	Alcance interoperabilidad	
			Local/nacional	Regional
Argentina	VUMA	2020 (reevaluación)	En Puerto de Buenos Aires y Dock Sud, vinculada con Agentes marítimos, otros organismos del Estado y PCS del puerto.	-
Argentina	PCS	2020 (reevaluación)	Puerto de Buenos Aires e interoperable con su Comunidad Logística Portuaria. En evaluación extensión al resto del país.	-
Bahamas	PCS	Implementada	Nassau Port	-

Cuadro 11 (conclusión)

País	Plataforma	Año de inicio	Alcance interoperabilidad	
			Local/nacional	Regional
Barbados	PCS	2016	Bridgetown Port	-
Brasil	PCS	En desarrollo	Puerto de Santos, luego Rio de Janeiro, Suape y Paranaguá en primeras fases. Luego se proyecta a nivel nacional	-
Chile	PCS	2015	Puerto de Valparaíso y Puerto de San Antonio. En implementación resto de los puertos.	-
			Local / Nacional	Regional
Jamaica	PCS	2016	Terminal de Contenedores de Kingston	-
Santa Lucía	PCS	Implementada	Port Castries	-
Surinam	PCS	En Diseño	Paramaribo Port	-
Trinidad y Tobago	PCS	En Diseño	Se implementará para el Puerto de Point Lisas y Puerto de Puerto España.	Será interoperable con VUCE (TTBizlink), ASYCUDA, TTConnect ID y sistemas de puertos (NAVIS).

Fuente: Adaptación en base a CEPAL (2020).

## C. Potencialidad del uso de blockchain en Ventanillas Únicas

Si bien las ventajas de implementar sistemas unificados como las VUCE o los PCS se mencionaron y son notables para mejorar la eficiencia de los respectivos nodos logísticos involucrados, cabe mencionar que dichos sistemas pueden potenciarse aún más a medida que se incorporen determinadas tecnologías a sus procesos. En particular, en este apartado se analizan algunos puntos vinculados con la implementación de la tecnología de Blockchain. Según Fan y García (2019), es posible observar un análisis preciso sobre la implementación de la tecnología Blockchain a los procesos involucrados en las Ventanillas Únicas.

A pesar de las ventajas en la implementación de Ventanillas Únicas, los principales desafíos que suelen enfrentarse para los diferentes países en el desarrollo de dichas soluciones suelen asociarse con los siguientes aspectos:

### 1. Interoperabilidad limitada

Las agencias en varios países no están vinculadas entre sí y al mismo tiempo operan con datos aislados unas de otras. Por lo tanto, se genera una duplicación de esfuerzos, demoras y falta de visibilidad sobre el origen-destino de las cargas con sus respectivas ineficiencias y costos asociados.

### 2. Persistencia del papel y falta de automatización

Persisten las ineficiencias en la carga y procesamiento de los datos, es normal que aún se solicite la carga de formularios en papel y que se requieran visitas a oficinas en forma presencial, al mismo tiempo las empresas no se adaptan a las tecnologías digitales y por ende no suelen adecuarse de forma sencilla a los procedimientos digitales. Por estos motivos se generan problemas de consolidación de bases de datos, derechos de aduana y tarifas. También esto implica que no es posible aprovechar el potencial de análisis de los datos integrales para obtener mejoras en el sistema en su conjunto.

### 3. Trazabilidad limitada de los bienes de las cadenas de valor

Las agencias de control no logran alcanzar elevados niveles de trazabilidad por falta de intercambio de información con el sector privado y por lo tanto no cuentan con la posibilidad de rastrear el origen de las mercancías y controlar posibles anomalías o situaciones fraudulentas. A su vez, esto pone en riesgo a los destinatarios de las mercaderías por potenciales deficiencias en los controles.

### 4. Preocupación sobre la confiabilidad de los datos

Existe cierta preocupación sobre la confiabilidad y seguridad relacionada con el tratamiento de los datos comerciales y financieros de las empresas, por este motivo las mismas son reticentes a utilizar las ventanillas únicas.

También fueron consideradas las ventajas que existirían si se utilizarán tecnologías Blockchain en las VUCE de la región. Podrían enumerarse las siguientes.

- Aumento de la interoperabilidad

Se podría mejorar la visibilidad de todas las ventanillas únicas nacionales, mejorando el control de las cadenas de suministro, logrando una mejor gestión de riesgos, mejorando la detección de fraudes y facilitando el procesamiento de la información previo a la llegada de los transportistas a la ventanilla única. Las agencias podrían compartir datos, acciones e integrar diferentes transacciones. Sería importante analizar la posible elaboración de análisis Big Data con los datos provenientes de los procesos de control, y contar con la disponibilidad de APIs para el intercambio de datos entre los diferentes organismos.

- Mejora de la trazabilidad

Se habilitarían datos más completos sobre las cadenas de suministro facilitando una visibilidad punta a punta y permitiría un flujo de datos inmutable. Como implementaciones complementarias podrían explorarse aplicaciones de IoT, el desarrollo de acuerdos para compartir datos con el sector privado y el uso de modelos de IA para detectar prácticas anómalas.

- Automatización de procesos

Sería posible automatizar el procesamiento de pagos y la recaudación de tasas. Se podrían explorar como complementos, la implementación de soluciones de automatización robótica de procesos y el establecimiento de pagos de derechos diferidos.

- Aumento en la confiabilidad de los datos

Se podría crear una inmutabilidad en los datos ingresados y a su vez, detectar modificaciones no autorizadas. También se proveería a los usuarios una identidad única, estos podrían distribuir partes relevantes de dicha identidad y datos transaccionales a proveedores de servicios externos. Los complementos posibles serían la adopción de estándares sobre los datos y utilización de IA para determinar información falsa o errores de ingreso de datos.

## D. Principales resultados

El informe realizado analizó un conjunto de cuestiones que permiten comprender con cierta aproximación la situación de la región en términos de transformación de sus cadenas de suministro tradicionales hacia unas de tipo inteligente. A partir de los factores estudiados en la primera parte del estudio, fue posible determinar que, para un desarrollo adecuado de las soluciones tecnológicas en las diferentes cadenas de suministro de la región, es fundamental un rol activo y facilitador de los diferentes organismos públicos de cada país, así como también es clave que exista un área dedicada a la

organización y coordinación de este tipo de políticas, no solo para la transformación digital de las cadenas de suministro, sino a nivel general.

Al analizar las cadenas de suministro, es necesario considerar que la región muestra ciertas brechas en los niveles de adopción de tecnologías en las diferentes compañías, dependiendo de diferentes aspectos tales como: tamaño de las empresas, grado de internacionalización y nivel de competitividad del sector en que se encuentran involucradas. A su vez, deben contemplarse ciertas barreras que impiden el adecuado desarrollo de las soluciones tecnológicas como el nivel de inestabilidad política y económica de un país, la competencia de las empresas basadas en bajos costos laborales (lo cual desalienta beneficios de reducción de costos por uso de tecnologías), aprensión a la pérdida de puestos de trabajo, desconocimiento en el personal de las organizaciones sobre las tecnologías que podrían utilizar y la falta de oferta de soluciones tecnológicas adecuadas a las necesidades locales. Estas barreras son desafíos claros que todas las administraciones públicas deberían considerar en sus respectivas agendas para evaluar líneas de acción que permitan posicionar a los diferentes países en una situación ventajosa a través de su resolución.

En términos de conectividad, se ha revisado la situación de los diferentes modos de transporte y su sistema logístico asociado, y también se analizó la conectividad de internet en la región. Respecto a los modos de transporte terrestre, se detallaron brechas de infraestructura vial que deberían ser resueltas y la necesidad de potenciar el modo ferroviario mediante una constante reasignación modal. En cuanto al transporte marítimo se pudo determinar que hay ciertos factores que merecen especial atención como la baja participación de la región a nivel mundial, la necesidad de mantener una perspectiva global que busque hacer eficientes los diferentes puertos de la región considerando la necesidad de ofrecer a los servicios marítimos niveles de eficiencia aceptables y la importancia de prestar especial atención a los procesos de concentración de las compañías navieras. Respecto a este último punto se considera importante una buena comunicación entre los diferentes países para lograr un control eficaz y en todo caso determinar que regulaciones permitirían lograr un nivel de competitividad armónico con los diferentes actores de las respectivas cadenas de suministro de la región (dadores de carga, transportistas, entre otros).

El informe refiere a la importancia del transporte fluvial, indicando que este modo actúa en forma complementaria con el transporte marítimo e incluso en el caso de Bolivia (Estado Plurinacional de) y Paraguay, representan la totalidad del comercio exterior debido a su condición mediterránea y por lo tanto su falta de puertos marítimos de acceso directo.

En términos de transporte aéreo se determinó que tres países lideran la región: Brasil, México y Colombia. Ellos reúnen el 65% de las cargas totales. Este modo es óptimo para aquellas cargas de bajo volumen, pero alto de valor y requieren velocidad. Se considera clave continuar facilitando este modo de transporte, especialmente en nichos de negocio donde sea viable su utilización.

El informe cita un estudio en el que se realizó una encuesta que permitió entender la situación de los distintos aeropuertos en cuanto a su eficiencia operativa y a la calidad de sus infraestructuras. Este tipo de investigaciones se consideran de gran relevancia para poder establecer una línea de base sobre la cual poder planificar intervenciones y mejoras a lo largo de los diferentes nodos aeroportuarios de la región.

También fue posible explicar la estructura del sistema logístico de la región, bajo un enfoque que detalla sus respectivos elementos: los nodos, ámbitos y corredores logísticos. Los distintos elementos fueron detallados en la sección correspondiente y también en el anexo 1. Esto resulta esencial para poder poseer una visión clara de la configuración del sistema logístico en la región.

En cuanto a la conectividad de internet, el análisis facilitó la comprensión de diferentes indicadores que explican la performance y el uso de internet en la región. Entre los principales aprendizajes se pudo determinar que existe una notable brecha respecto al conjunto de países

miembros de la OCDE en cuanto a la proporción de usuarios de internet, lo cual permite establecer una primera aproximación sobre la situación general. También, al analizar la situación de cada país respecto a diferentes indicadores se ha observado una notable divergencia en cuanto a usuarios con conexión de redes 3G, 4G, en la proporción de usuarios de internet y en la penetración de banda ancha fija y móvil.

En general, la región presenta falencias en cuanto a las velocidades de internet ya que en varios casos las mismas se encuentran muy ajustadas, respecto a un rango de referencia de 25 Mbps que sería una velocidad adecuada para un uso simultáneo de diferentes aplicaciones. A su vez, se detalló el nivel de dispersión entre la performance en los ámbitos rural y urbano, otra brecha a solucionar si se pretende avanzar en el concepto de cadenas de suministro inteligentes. Como una posible conclusión en cuanto a los niveles de retraso en performance de la región, se pudo determinar la diferencia en cuanto a cobertura de red 4G y a la inversión por habitante respecto a países miembros de la OCDE, comprendiendo que es necesario potenciar la inversión para lograr resultados más ambiciosos.

En cuanto a la infraestructura de internet fue posible definir la composición para cada uno de los elementos que la conforman, y luego se hizo especial énfasis en las antenas, explicando algunas líneas de acción relevantes para su difusión debido a que ciertas ciudades de la región se encuentran lejos de la situación deseable al compararlas con ciudades de países más desarrollados.

Por otra parte, se analizaron tres cadenas de valor: automotriz, soya-maíz y mineral de hierro. Para cada cadena se pudo comprender de manera general: su funcionamiento, impactos a nivel espacial y su relación con los modos de transporte. También se pudieron determinar incorporaciones tecnológicas significativas para su desarrollo.

Se realizó un análisis de dos soluciones clave para la interoperabilidad en nodos logísticos de gran relevancia a nivel regional: Ventanillas Únicas Electrónicas y Sistemas de Comunidad Portuaria. Se estudiaron los beneficios de cada una de las soluciones, también fue detallado el nivel de desarrollo de dichos instrumentos en cada país donde fueron implementadas.

A su vez, desde la perspectiva de la optimización resultante por la incorporación de las tecnologías señaladas, se realizó un análisis sobre la posible adopción de tecnologías blockchain en base a su potencial, relacionado directamente con la mejora de los procesos que la mencionada solución facilita. Esta tecnología permitiría aumentar la interoperabilidad, mejorar la trazabilidad, lograr automatizar diferentes procesos y aumentar la confiabilidad de los datos.

El estudio también planteó la necesidad del desarrollo de las redes 5G, se detallaron las redes comerciales en la región y se describieron los aspectos que se necesitaran contemplar para su implementación.

El presente documento ha intentado profundizar en cada uno de los temas que se consideran determinantes para el desarrollo de las cadenas de suministro inteligentes en la región. Para esto, se trató de examinar la situación de cada uno de los temas destacados y hacer un análisis crítico que permita entender posibles requisitos para implementar o lograr mejoras sobre diferentes aspectos tecnológicos. A su vez que buscó definir los beneficios asociados en cada componente del sistema del sistema logístico.



## V. Conclusiones

Es posible afirmar que las cadenas de suministro inteligentes se basan en un ambiente de colaboración activa, esta condición presenta una necesidad esencial, contar con buenas soluciones de interoperabilidad y lograr una adecuada integración entre distintas organizaciones.

El horizonte que presentan las cadenas de suministro inteligentes es complejo y desigual debido a la evolución tecnológica veloz y constante registrada en los últimos años, la brecha que esta situación plantea, las necesidades generadas por la incorporación de herramientas informáticas necesarias, las nuevas tecnologías digitales y TI en los procesos de gestión logística de las organizaciones, serán un importante desafío para la región.

Otra cuestión relevante implica la modificación de los procesos que diferentes organizaciones y empresas deberán implementar, resultando en el desarrollo de nuevos modelos de negocio y gestión, que consolidarán en el transcurso del tiempo debido a los cambios en la demanda y las posibles transformaciones tecnológicas de los distintos sectores y sus cadenas de valor. Será necesario evaluar en profundidad las decisiones considerando las principales tendencias.

A partir de identificar las actividades que involucran un grupo de cadenas de valor en la región y examinando las diferentes tecnologías que evolucionaron con mayor intensidad en los últimos años, la evidencia muestra diferencias por tipos de productos y ámbitos territoriales, debido a su participación en la actividad económica, ya sea, por sus características específicas vinculadas a la industria o los recursos naturales. Actividades que se estructuran en cada caso, con diferentes niveles de integración territorial y desarrollo tecnológico, entre otros factores.

Las tendencias que podrán verificarse en forma visible y frecuente son las relacionadas con la incorporación de tecnología en la logística, que reflejarán sus impactos en numerosas cadenas de suministro a escala regional como resultado de la necesidad de integrar sus procesos, incorporando soluciones para diferentes operaciones que necesariamente deberán ser cada vez más eficientes e inteligentes. Esta situación posibilitará tomar decisiones apropiadas, en base a la utilización de instrumentos informáticos más difundidos y masificados.



## Bibliografía

- Abad Julieta y Kohon Jorge. (2021). *25 años de concesiones ferroviarias de cargas en América Latina ¿Qué anduvo bien? ¿Qué anduvo mal?* Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Agudelo Mauricio. (2018). *¿Cómo América Latina puede acelerar el desarrollo de la digitalización y desplegar una infraestructura digital de clase mundial?* CAF – Banco de Desarrollo de América Latina.
- Aguilar Soriano Cinthya del Carmen, Barrón Bastida Marisol, González Guzmán Humberto, Romero Elizabeth de la Torre. (2016). *El Sector Automotriz en la Frontera Norte, Características y Áreas de Oportunidad en la Cadena de Suministro*. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica Número 480.
- Arvind Kumar S., Gunasekaran Angappa, Kalpana P., Raja Sreedharan V. y Raj Kumar Reddy Kotha. (2021). *Developing a blockchain framework for the automotive supply chain: A systematic review*. Elsevier.
- Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). (2020). *La instalación de redes 5G como área de desarrollo para avanzar a la Cuarta Revolución Industrial en América Latina*.
- \_\_\_\_\_. (2017). *Perfil Logístico de América Latina*.
- Calatayud Agustina y Katz Raúl. (2019). *Cadena de suministro 4.0: mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Calatayud Agustina y Montes Laureen. (2021). *Logística en América Latina y el Caribe: Oportunidades, desafíos y líneas de acción*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Echeberría Raúl. (2020). *Infraestructura de Internet en América Latina Puntos de intercambio de tráfico, redes de distribución de contenido, cables submarinos y centros de datos*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas.
- Ericsson, 2020. *Port of the future: addressing efficiency and sustainability at the Port of Livorno with 5G, Horizon 2020 report*, available from <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/7/the-5g-port-of-the-future>.
- Fan Ziyang y Garcia Pablo M. (2019). *Windows of Opportunity: Facilitating Trade with Blockchain Technology*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y World Economic Forum (WEF).
- Gartner, 2020. *Gartner Top 8 Supply Chain Technology Trends for 2020*, available from <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-8-supply-chain-technology-trends-for-2020>.
- Generalitat de Catalunya. (2015). *México: Oportunidades en Sector Automoción*. XXII Semana de la Internacionalización Empresarial.

- Gill, B. and Smith D., 2018, *The Edge Completes the Cloud: A Gartner Trend Insight Report*, available from <https://www.gartner.com/document/3889058?>
- GSM Association (GSMA). (2020). *5G y el Rango 3,3-3,8 GHz en América Latina*.
- Han, J.H., Wang, Y., Naim, M., 2017. *Reconceptualization of information technology flexibility for supply chain management: An empirical study*. Int. J. Prod. Econ. 187, 196–215.
- Hoffmann Teixeira Pinto Bianca. (2013). *La Dinámica del Mercado Mundial de Minerales el Hierro y la Importancia de la Logística en Cadena de Valor*. Universidad Federal del Rio de Janeiro-Instituto de Economía.
- IBM News, 2019, *Trade Lens: Blockchain-Enabled Digital Shipping Platform Continues Expansion with Addition of Major Ocean Carriers Hapag-Lloyd and Ocean Network Express*, available from <https://newsroom.ibm.com/2019-07-02-TradeLens-Blockchain-Enabled-Digital-Shipping-Platform-Continues-Expansion-With-Addition-of-Major-Ocean-Carriers-Hapag-Lloyd-and-Ocean-Network-Express>.
- Ivanov, D., Dolgui, A., 2020. *A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0*. Production Planning & Control 1–14.
- Katz Raúl. (2015). *El ecosistema y la economía digital en América Latina*. Banco de desarrollo de América Latina (CAF), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina (cet.la), y Fundación Telefónica.
- Mendes Constante Jonas. (2019). *Casos de estudio internacional y buenas prácticas para la implementación de Sistemas de Comunidad Portuaria*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Muynck, B. AND Duran, O. 2019. *Market Guide for Transportation Mobility Technology*, available from <https://www.gartner.com/en/documents/3969570/market-guide-for-transportation-mobility-technology>
- Okeleke Kenechi y Stryjak Jan. (2016). *Cerrar la brecha de cobertura-Inclusión digital en América Latina*. GSM Association (GSMA).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). *Perspectivas económicas de América Latina 2020: Transformación digital para una mejor reconstrucción*.
- Porter, M.E. and Heppelmann, J.E., 2017. *Why every organization needs an augmented reality strategy*. HBR'S 10 MUST, p.85.
- Poveda Laura y Rojas Edwin Fernando. (2017). *Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2017*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas.
- Secretaría de Economía – México. (2017). *Impacto del Sector de Electrónica para el Desarrollo de la Industria Automotriz*.
- Storti Luciana. (2019). *Informes de Cadena de Valor: Cereales – Maíz*. Ministerio de Hacienda (Argentina) – Secretaría de Política Económica.
- \_\_\_\_\_. (2019). *Informes de Cadena de Valor: Oleaginosas – Soja*. Ministerio de Hacienda (Argentina) – Secretaría de Política Económica.
- Volpe Martincus Christian. (2017). *Cómo salir del laberinto fronterizo: una evaluación de las iniciativas de facilitación del comercio en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Wang, Y., Skeete, J., Owusu, G., 2021. *Understanding the implications of artificial intelligence on field service operations: a case study of BT*. Production Planning Control. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882694>.

## Anexo

## Anexo 1

### Nodos y ámbitos logísticos del comercio exterior

En este anexo se presentan los complementos de los distintos componentes del sistema logístico detallados en el documento.

En este sentido la información que se expone es la siguiente:

- Nodos logísticos: nodos de Comercio Exterior e Intermedios de distribución.
- Ámbitos Logísticos: ámbitos logísticos Secundarios.
- Corredores Logísticos: corredores logísticos domésticos.

**Cuadro A1**  
**Nodos de Comercio Exterior e intermedios de distribución**

Comercio Exterior	<p>Principales nodos portuarios: 10 en México; 11 en América Central; 4 en las islas del Caribe (excluido CARICOM); 8 en las costas atlánticas de Colombia y Venezuela (República Bolivariana de); 18 en la costa pacífica de Colombia, Ecuador, Chile y Perú. 12 puertos en la fachada atlántica de Mercosur.</p> <p>Principales nodos aeroportuarios: Ciudad de México, Guadalajara, Panamá, San Juan de Puerto Rico, Bogotá, Lima, Quito, Medellín, São Paulo (Guarulhos y Viracopos), Manaus, Río de Janeiro, Santiago de Chile y Buenos Aires.</p> <p>Principales centros fronterizos: los de México con Estados Unidos; Tecún Umán, Corozal-Chetumal y David Golfito en América Central; Cúcuta- San Cristóbal, Ipiales-Ibarra, Machala-Tumbes y Tacna-Arica, en la región andina. Puerto Suárez- Corumbá y Ciudad del Este-Iguazú.</p>
Intermedios- de Distribución	<p>Centro densamente poblado o con una importante capacidad de producción industrial: ciudades del norte y centro de México (Torreón, Hermosillo, Puebla, San Luis Potosí); Valencia y Ciudad Guayana en Venezuela (República Bolivariana de); Porto Alegre y Curitiba (Brasil).</p> <p>Centros agroindustriales: Tacuarembó (Uruguay), Mendoza y Tucumán (Argentina); Cuiabá, Porto Velho, Río Branco, Goiânia, Campo Grande, Uberlândia y Ribeirão Preto (Brasil); Quezaltenango, Matagalpa, Liberia y David, en América Central.</p> <p>Centro portuario o aeroportuario que atiende a un hinterland regional: Cartagena (Colombia) y Antofagasta (Chile); puertos del Nordeste brasileño (Belém, Recife, Fortaleza y Natal).</p> <p>Capital regional situada estratégicamente en un cruce de caminos nacionales: Villahermosa, Mérida y Oaxaca (México). San Pedro Sula (Honduras), Liberia (Costa Rica), Santa Clara (Cuba) y Santiago (República Dominicana). Barquisimeto y Puerto La Cruz (Venezuela (República Bolivariana de)). Bucaramanga y Pereira (Colombia). Cuenca (Ecuador), Chiclayo, Cuzco, Juliaca y Trujillo (Perú). Brasilia (Brasil), Cochabamba y Sucre (Bolivia (Estado Plurinacional de)). Concepción (Chile), Santa Fe, Mar del Plata y Salta (Argentina).</p> <p>Núcleos regionales de relativo aislamiento: Flores (Guatemala), Puerto Cabezas (Nicaragua), Pucallpa y Tarapoto (Perú). Riberalta y Trinidad (Bolivia (Estado Plurinacional de)). Mariscal Estigarribia (Paraguay), Neuquén y Río Gallegos (Argentina). Manaus (Brasil), así como Punta Arenas y Puerto Montt (Chile).</p> <p>Punto de frontera de alta densidad: Tijuana (México), San Cristóbal (Venezuela (República Bolivariana de)) y Tarija (Bolivia (Estado Plurinacional de)).</p>

Fuente: Adaptado en base a CAF (2017).

**Cuadro A2**  
**Ámbitos logísticos Secundarios**

País	Nodo central	Nodos secundarios
México	Guadalajara	Tepic, Puerto Vallarta, Manzanillo.
	Monterrey	Monclova, Saltillo, Matamoros, Nuevo Progreso, Reynosa, Nuevo Laredo, Piedras Negras.
	Tijuana	Mexicali, Ensenada.
	Hermosillo	Navojoa, Nogales.
	Juárez	Chihuahua.
	Mazatlán	Los Mochis.
	Torreón-Gómez Palacio	Durango.
	San Luis Potosí	Zacatecas, Aguascalientes.
	Tampico	Altamira, Ciudad Victoria.
	Guanajuato	León, Querétaro, Silao.
	Valle de México	Toluca, Morelia, Iguala.
	Veracruz	Tuxpan, Poza Rica, Xalapa, Córdoba, Coatzacoalcos.
	Puebla	Tlaxcala, Cholula.
	Oaxaca	
	Villahermosa	Tuxtla Gutiérrez.
Mérida	Progreso, Cancún, Campeche.	
Nicaragua	Managua	León, Corinto, Granada, Masaya.
Panamá	Panamá	Colón.
	David	Bocas del Toro, Golfito.
Colombia	Cartagena	Barranquilla, Santa Marta, Maicao, Valledupar, Sincelejo, Montería.
	Bucaramanga	Cúcuta, Barrancabermeja.
	Medellín	-
	Pereira	Manizales, Armenia, Ibagué.
	Cali	Popayán, Buga, Buenaventura.
	Pasto	Ipiales.
Venezuela (República Bolivariana de)	Caracas	La Guaira, Maracay, Puerto Cabello, Barquisimeto, Trujillo, Valencia, Acarigua.
	San Cristóbal	Mérida.
	Maracaibo	-
	Puerto La Cruz	Cumaná, Carúpano, Guanta, Maturín, El Tigre.
	Ciudad Guayana	Ciudad Bolívar.
Ecuador	Quito	Ibarra, Santo Domingo, Latacunga, Ambato.
	Guayaquil	Manta, Machala.
	Cuenca	Loja.
Perú	Piura	Paita.
	Tarapoto	Moyobamba, Yurimaguas.
	Trujillo	Cajamarca, Chiclayo, Chimbote.
	Cerro de Pasco	Junín, Huánuco, Tingo María.
	Huancayo	Huancavelica.
	Cusco	Abancay.
	Juliaca	Puno, Desaguadero.
	Arequipa	Matarani, Ilo, Moquegua.
	Tarapoto	Yurimaguas, Iquitos.
Bolivia (Estado Plurinacional de)	La Paz	Oruro.
	Santa Cruz de la Sierra	-
	Sucre	Potosí.
	Tarija	Yacuiba, Villazón.
	Cochabamba	-

Cuadro A2 (conclusión)

País	Nodo central	Nodos secundarios
Chile	Iquique	Arica.
	Antofagasta	Mejillones, Calama.
	La Serena	Coquimbo.
	Santiago	San Antonio, Valparaíso, Los Andes, Rancagua.
	Concepción	Talcahuano, Chillán, Temuco, Valdivia.
	Puerto Montt	-
Argentina	Neuquén	-
	Mar del Plata	-
	Mendoza	San Juan.
	Córdoba	-
	Santa Fe	Paraná, Rosario.
	San Miguel de Tucumán	Santiago del Estero, Catamarca, La Rioja.
	Salta	Jujuy.
Resistencia-Corrientes	Formosa	
Paraguay	Mariscal Estigarribia	-
Brasil	Porto Alegre	Río Grande, Pelotas, Caxias.
	Curitiba	Paranaguá, Grossa.
	Río de Janeiro	Sao José dos Campos, Santos, Riberão Preto, Campinas.
	Belo Horizonte	Divinópolis.
	Uberlândia	Uberaba.
	Brasilia	Anápolis, Goiânia.
	Cuiabá	Rondonópolis.
	Salvador	Aracaju, Feira de Santana.
	Porto Velho	-
	Manaos	-
	Belém	Marabá, Araguaína.
Recife	Mossoró, Natal, João Pessoa, Fortaleza.	

Fuente: Adaptado en base a CAF (2017).

**Cuadro A3**  
**Corredores logísticos domésticos**

País	Nodos Vinculados
México	México DF–Guadalajara.
	México DF–Torreón.
	México DF–Manzanillo.
	México DF–Monterrey.
	México DF–Oaxaca.
	México DF–Tuxpan.
	México DF–Acapulco.
	México DF–Lázaro Cárdenas.
	México DF–Tuxtla Gutiérrez.
	México DF–Cancún.
	Guadalajara–Monterrey.
Guadalajara–La Paz.	
Monterrey–Altamira.	
Guatemala	Ciudad de Guatemala–Tecún Umán.
	Ciudad de Guatemala–Santo Tomás de Castilla.
Honduras	San Pedro Sula–Tegucigalpa.
Panamá	Panamá–Paso Canoas.

Cuadro A3 (conclusión)

País	Nodos Vinculados
Colombia	Medellín–Buenaventura. Medellín–Bogotá. Medellín–Cartagena. Cartagena–Paraguachón. Bogotá–Santa Marta. Bogotá–Cúcuta. Bogotá–Buenaventura. Bogotá–Ipiales.
Venezuela (República Bolivariana de)	Caracas–Maturín. Caracas–Ciudad Guayana. Caracas–San Cristóbal. Caracas–Maracaibo.
Ecuador	Quito–Esmeraldas. Quito–Manta. Quito–Guayaquil. Loja–Tulcán. Guayaquil–Loja. Guayaquil–Huaquillas.
Perú	Lima–Piura. Lima–Pucallpa. Lima–Cusco. Lima–Arequipa. Iquitos–Chiclayo. Cusco–Arequipa. Matarani-La Paz (Bolivia (Estado Plurinacional de)). Piura–Tumbes. Paita–Piura.
Bolivia (Estado Plurinacional de)	La Paz–Santa Cruz de la Sierra. La Paz–Tarija. La Paz–Iquique (Chile). Tarija–La Plata (Argentina). Santa Cruz de la Sierra–Corumbá. La Paz–Arica.
Chile	Santiago–Arica. San Antonio–Mendoza (Argentina). Santiago–Puerto Montt.
Argentina	Mendoza–San Miguel de Tucumán. Mendoza–La Plata.
Paraguay	Asunción–Encarnación. Asunción–Ciudad del Este.
Brasil	São Paulo–Corumbá. São Paulo–Brasilia. São Paulo–Porto Velho. São Paulo–Río de Janeiro. São Paulo–Salvador. Salvador–Belém. Belém–Manaos. São Paulo–Goiânia. Uberaba–Vitoria.
República Dominicana	Santo Domingo–Santiago de los Caballeros. Santo Domingo–La Romana.
Cuba	La Habana–Santiago.

Fuente: Adaptado en base a CAF (2017).



NACIONES UNIDAS

Serie

CEPAL

Comercio Internacional

## Números publicados

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en  
[www.cepal.org/publicaciones](http://www.cepal.org/publicaciones)

171. Sistemas logísticos flexibles: cadenas de suministro inteligentes en América Latina, D. Álvarez y R. J. Sánchez, (LC/TS.2022/168), 2022.
170. La industria de los dirigibles y su potencial para la logística, el comercio y la atención humanitaria en América Latina y el Caribe, M. A. Gómez Paz y R. J. Sánchez (LC/TS.2022/162), 2022.
169. Brecha salarial de género en Costa Rica: una desigualdad persistente, Rebeca Torres y Dayna Zaclicever, (LC/TS.2022/93), 2022.
168. Economic and social effects of a possible trade agreement between Latin America and the Asian-Pacific Region, José Durán Lima, Angel Aguiar and Ira Ronzheimer, (LC/TS.2021/199), 2021.
167. Marco para una clasificación de vías navegables interiores en América del sur, P. Rigo, R. J. Sánchez y F. Weikert (LC/TS.2021/187), 2021.
166. Políticas anticíclicas y propuesta para el cálculo de la recuperación fiscal de la inversión en infraestructura, A. Coremberg, J. Lardé, R. Sánchez, J. Sanguinetti, (LC/TS.2021/178), 2021.
165. Impactos sociales de los caminos rurales en Mesoamérica, Gabriel Pérez, (LC/TS.2021/171), 2021.
164. La Zona de Libre Comercio Continental Africana: ¿un modelo para América Latina y el Caribe?, Sebastián Herreros, (LC/TS.2021/97), 2021.
163. Análisis comparativo de los regímenes de origen de la Alianza del Pacífico y el Tratado Integral y Progresista de Asociación Transpacífico, Rodrigo Contreras, (LC/TS.2021/53), 2021.
162. Logística internacional pospandemia: análisis de las industrias aérea y de transporte marítimo de contenedores, Ricardo J. Sánchez y Fabio Weikert, (LC/TS.2020/190), 2020.

## COMERCIO INTERNACIONAL

### Números publicados:

- 171 **Sistemas logísticos flexibles**  
Cadenas de suministro inteligentes  
en América Latina  
*Daniel Álvarez y Ricardo J. Sánchez*
- 170 **La industria de los dirigibles**  
y su potencial para la logística,  
el comercio y la atención humanitaria  
en América Latina y el Caribe  
*María Alejandra Gómez Paz y Ricardo J. Sánchez*
- 169 **Brecha salarial de género**  
en Costa Rica  
Una desigualdad persistente  
*Rebeca Torres y Dayna Zaclicever*
- 168 **Economic and social effects of  
a possible trade agreement  
between Latin America and  
the Asia-Pacific region**  
*José Durán Lima, Angel Aguiar  
and Ira Nadine Ronzheimer*

