



Raúl Katz

Oportunidades para la transformación digital productiva

Evidencia estadística sobre el nivel de digitalización sectorial en América Latina y el Caribe



NACIONES UNIDAS

CEPAL



DESARROLLO en transición



Instrumento regional
de la Unión Europea para
América Latina y el Caribe

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



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

Documentos de Proyectos

Oportunidades para la transformación digital productiva

Evidencia estadística sobre el nivel de digitalización sectorial en América Latina y el Caribe

Raúl Katz



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Instrumento regional
de la Unión Europea para
América Latina y el Caribe

Este documento fue preparado por Raúl Katz, Consultor de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), bajo la coordinación de Sebastián Rovira, Alejandro Patiño, Valeria Jordán y Fernando Rojas, funcionarios de dicha División. El trabajo se realizó en el marco del proyecto de la CEPAL y la Unión Europea del Instrumento Regional de la Unión Europea para América Latina y el Caribe para el Desarrollo en Transición.

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos en esta publicación.

No deberá entenderse que existe adhesión de las Naciones Unidas o los países que representan a empresas, productos o servicios comerciales mencionados en esta publicación.

Ni la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en esta publicación. Los puntos de vista expresados en este estudio son del autor y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de las Naciones Unidas o las de los países que representan.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2023/176
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2024
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.23-01016

Esta publicación debe citarse como: R. Katz, "Oportunidades para la transformación digital productiva: evidencia estadística sobre el nivel de digitalización sectorial en América Latina y el Caribe", *Documentos de Proyectos (LC/TS.2023/176)*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2024.

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

Introducción	5	
I. Análisis del estado de digitalización sectorial basado en matrices de insumo-producto	9	
A. Metodología.....	9	
B. Digitalización directa.....	12	
1. Resultados consolidados	12	
2. Resultados por sector y país	15	
C. Producción local e importación de insumos digitales intermedios	24	
D. Digitalización directa e indirecta	25	
II. Análisis de encuestas industriales	29	
A. Metodología.....	29	
B. Resultados comparados de adopción tecnológica	34	
C. Resultados comparados de digitalización por estadio de la cadena de valor	38	
III. Análisis integrado de resultados de las matrices de insumo producto y las encuestas industriales	43	
IV. Conclusiones	47	
Bibliografía.....	51	
Cuadros		
Cuadro 1	Insumos digitales intermedios	10
Cuadro 2	Agregación sectorial	12
Cuadro 3	Latam-6, digitalización sectorial directa	13
Cuadro 4	Países avanzados, digitalización sectorial directa	14
Cuadro 5	LAC-6, porcentaje de insumos digitales intermedios por país	15

Cuadro 6	Agricultura: porcentaje de insumos digitales indirectos, 2018.....	17
Cuadro 7	Minería: porcentaje de insumos digitales indirectos	18
Cuadro 8	Manufactura: porcentaje de insumos digitales indirectos	21
Cuadro 9	Transporte y logística: porcentaje de insumos digitales indirectos.....	22
Cuadro 10	Agua, saneamiento y energía eléctrica: porcentaje de insumos digitales indirectos.....	24
Cuadro 11	América Latina: desagregación sectorial de insumos digitales domésticos vs. importados.....	25
Cuadro 12	Latam-7. Digitalización sectorial.....	25
Cuadro 13	Encuestas consideradas en el análisis	29
Cuadro 14	Sectores analizados en las encuestas.....	30
Cuadro 15	Preguntas analizadas en las encuestas y estandarización	30
Cuadro 16	Categorización de preguntas de encuestas industriales	32
Cuadro 17	Resultados comparados	35
Cuadro 18	Brasil: análisis sectorial	35
Cuadro 19	Chile: análisis sectorial.....	36
Cuadro 20	Colombia: análisis sectorial.....	37
Cuadro 21	México: análisis sectorial	37
Cuadro 22	Brasil: índice sectorial de digitalización de la cadena de valor (1-100)	39
Cuadro 23	Chile: índice sectorial de digitalización de la cadena de valor (1-100)	40
Cuadro 24	Colombia: índice sectorial de digitalización de la cadena de valor (1-100)	40
Cuadro 25	México: índice sectorial de digitalización de la cadena de valor (1-100).....	41
Cuadro 26	Brasil: digitalización sectorial.....	44
Cuadro 27	México: digitalización sectorial	45
Cuadro 28	Chile: digitalización sectorial	45

Gráficos

Gráfico 1	LAC-6. Intensidad de insumos digitales intermedios vs. valor agregado	14
Gráfico 2	Países avanzados. Intensidad de insumos digitales intermedios vs. valor agregado.....	15
Gráfico 3	Nivel comparado de digitalización directa de la agricultura, 2018.....	16
Gráfico 4	Nivel comparado de digitalización directa de la minería, 2018.....	18
Gráfico 5	Nivel comparado de digitalización directa de la manufactura, 2018.....	19
Gráfico 6	Contribución de manufactura al PIB vs. porcentaje de insumos digitales intermedios.....	20
Gráfico 7	Brasil manufactura: porcentaje de insumos digitales intermedios vs. contribución al valor agregado	20
Gráfico 8	Nivel comparado de digitalización directa del transporte y logística, 2018.....	21
Gráfico 9	Nivel comparado de digitalización directa de los sectores de agua, saneamiento y energía eléctrica, 2018	23
Gráfico 10	Porcentaje de insumos digitales intermedios directos: América Latina vs. países avanzados	26
Gráfico 11	Porcentaje de insumos digitales intermedios totales: América Latina vs. países avanzados	27

Diagramas

Diagrama 1	Esquema de matriz de insumo producto.....	10
Diagrama 2	Digitalización por sector	11
Diagrama 3	Cadena de valor.....	32
Diagrama 4	Estructura del índice de adopción de tecnologías digitales maduras.....	34

Introducción

El impacto de la transformación digital en la innovación de sectores específicos todavía no se comprende completamente. Si bien el desarrollo de tecnologías digitales ha permitido la creación de nuevos productos y servicios digitales, así como la mejora de los existentes, es probable que el impacto de la digitalización en la innovación difiera entre las industrias debido a las características propias de productos, procesos y estructuras. Por ejemplo, mientras ciertas industrias como los medios y el entretenimiento se han digitalizado completamente, otros sectores y actividades primarias como la agricultura o la minería han permanecido en gran medida sin cambios. Asimismo, la automatización y el despliegue de la robotización han avanzado más en algunas industrias, como la automotriz. A pesar de estas diferencias, hay poca evidencia estadística sobre el impacto sectorial de la transformación digital, lo que es crucial para la política destinada a apoyar la innovación, especialmente considerando las diferentes composiciones industriales entre países. Comprender estas diferencias es clave para que los gobiernos y las empresas busquen estrategias para aprovechar todo el potencial de la transformación digital en sectores estratégicos y puedan alcanzar un salto de calidad en materia de productividad.

El objetivo de este estudio en particular es presentar resultados relativos a la medición de la digitalización de procesos productivos por sector industrial en un sub-conjunto de países de América Latina y el Caribe. El supuesto considerado como punto de partida es que la digitalización de la producción no es consistente en todos los países y sectores sino heterogénea. Como punto de partida, podemos considerar que existen ciertas variables estructurales que pueden afectar el grado desigual de digitalización de sectores en América Latina y el Caribe, y que incluyen:

- **La estructura productiva de cada sector:** como es de esperar, los componentes del sector servicios, con una estructura productiva basada en flujos de información (como ser los servicios profesionales) deberían presentar un mayor grado de digitalización de procesos.
- **La organización industrial de cada sector:** aquellos sectores con una fragmentación de empresas más elevada, combinada con una mayor dotación de Pymes presentan un nivel más bajo de digitalización de procesos productivos dado que estas últimas tienden a carecer

de recursos para adquirir tecnología y, en muchos casos, de capital intangible (capacitación gerencial y de la fuerza de trabajo, habilidad para encarar la reingeniería de procesos) necesario para llevar adelante la transformación digital. Un ejemplo claro es la industria de transporte terrestre conformada en base a un número elevado de jugadores con baja capacidad de inversión de capital.

- **Grado de inserción en cadenas productivas globales:** los sectores que forman parte de cadenas globales tienden a estar más avanzados en términos de su transformación digital, respecto a aquellos enfocados en mercados domésticos, en la medida que para competir en mercados mundiales o poder suministrar insumos a multinacionales, estos sectores deben acrecentar su nivel de digitalización. Por ejemplo, en la industria automotriz, las subsidiarias latinoamericanas tienden a beneficiarse del desarrollo tecnológico impulsado desde la casa matriz. De la misma manera, los proveedores de primer y segundo nivel de multinacionales demuestran un nivel más alto de adopción tecnológica, debido al efecto de derrame de estas últimas, y por las exigencias en cuanto visibilidad y sofisticación de sus clientes.
- **El nivel de intensidad competitiva del sector:** Los sectores bajo amenaza de disrupción por jugadores no tradicionales son más proclives a implementar nuevas tecnologías para responder a la competencia. Por ejemplo, las grandes empresas logísticas están incubando o adquiriendo plataformas digitales para proveer a sus clientes mayor visibilidad y, por lo tanto, mayor valor en procesos de la cadena de suministros como el almacenamiento, el transporte y la gestión de inventario. Ello se debe al ingreso en el mercado de plataformas digitales y multinacionales de comercio electrónico. Esto acentúa la presión competitiva en las empresas de la región para responder a la amenaza disruptiva.
- **Grado de alistamiento de firmas y su gerencia y personal para afrontar la transformación digital:** No todos los sectores presentan el mismo nivel de preparación, conocimiento, y calidad de recursos humanos para llevar adelante la transformación digital. Por ejemplo, en el sector de transporte, existen diferencias en el nivel de preparación entre empresas navieras y aeroportuarias en el grado de conocimiento de herramientas y tecnologías necesarias para implementar procesos de transformación digital.

A pesar de ciertos factores estructurales, la digitalización sectorial puede variar como resultado de políticas públicas enfocadas en ciertos sectores de la economía. Los gobiernos pueden implementar estrategias de desarrollo industrial orientadas en ciertos sectores considerados estratégicos, con lo cual focalizan recursos y promueven cambios en los niveles de digitalización sectorial.

Para validar la premisa de los diferentes niveles de digitalización sectorial, corresponde explorar metodologías que permitan encontrar evidencia estadística consistente con este argumento. En este sentido, el presente estudio propone dos instrumentos para el cálculo de la digitalización sectorial por país y realiza un análisis de resultados de dicha estimación para un conjunto de países de América Latina y el Caribe. El análisis tiene el objetivo de servir de base para desarrollar recomendaciones que orienten estrategias encaminadas a aprovechar las oportunidades de digitalización de aquellos sectores más rezagados.

Las metodologías utilizadas en el estudio son dos:

- i) Análisis de matrices de insumo producto de países para determinar el porcentaje de insumos indirectos adquiridos por cada sector que pueden relacionarse con el sector digital (por ejemplo, equipamiento para procesamiento de datos o servicios de telecomunicaciones). Esto que permite inferir el nivel sectorial comparado de digitalización. En otras palabras, a mayor porcentaje de insumos digitales intermedios en un sector, más elevado debe ser su nivel de digitalización.

- ii) Medición del nivel de adopción de tecnologías digitales a partir de encuestas industriales realizadas por las autoridades estadísticas de países de la región. La mayor parte de organismos nacionales de estadísticas realizan, como parte de sus encuestas industriales, investigaciones enfocadas en adopción de tecnologías digitales. Estas encuestas, cuando son analizadas a partir de una normalización de datos, pueden proveer una segunda perspectiva respecto del nivel de digitalización sectorial comparada.

Ambas metodologías, permiten un estudio comparativo de la digitalización de la producción entre países y sectores. El siguiente documento está estructurado en capítulos. El capítulo I presenta la metodología y resultados del análisis de matrices de insumo-producto. El segundo capítulo presenta estadísticas normalizadas de encuestas industriales. El capítulo III presenta una comparación entre los resultados de ambas metodologías. Finalmente, el capítulo IV desarrolla las implicancias de los resultados obtenidos en la investigación.

I. Análisis del estado de digitalización sectorial basado en matrices de insumo-producto

A. Metodología

Las matrices de insumo-producto son una herramienta estadística de análisis que permite medir y describir las interrelaciones entre sectores en una economía. La metodología de insumo-producto genera tablas simétricas (de doble entrada) que calculan los sectores de producción de manera homogénea, relacionando N sectores, en filas y columnas. De esta manera, cada fila presenta un sector que produce y requiere de insumos intermedios para producir. Cada columna representa los insumos provistos por cada sector (estos últimos basados en transacciones intersectoriales) para generar su producto (ver diagrama 1).

Por definición, dichas matrices presentan un nivel desagregado de los insumos intermedios adquiridos por cada sector industrial para la generación de producto. En particular, en una economía de N sectores, los insumos intermedios totales utilizados por el sector "i", se componen de la sumatoria de los productos adquiridos por el sector "i" a los N sectores de la economía:

$$\begin{aligned} \text{Insumos intermedios totales}_i & \\ &= \text{Producto proveniente del Sector } 1_i + \text{Producto proveniente del Sector } 2_i \\ &+ \dots + \text{Producto proveniente del Sector } N_i \end{aligned}$$

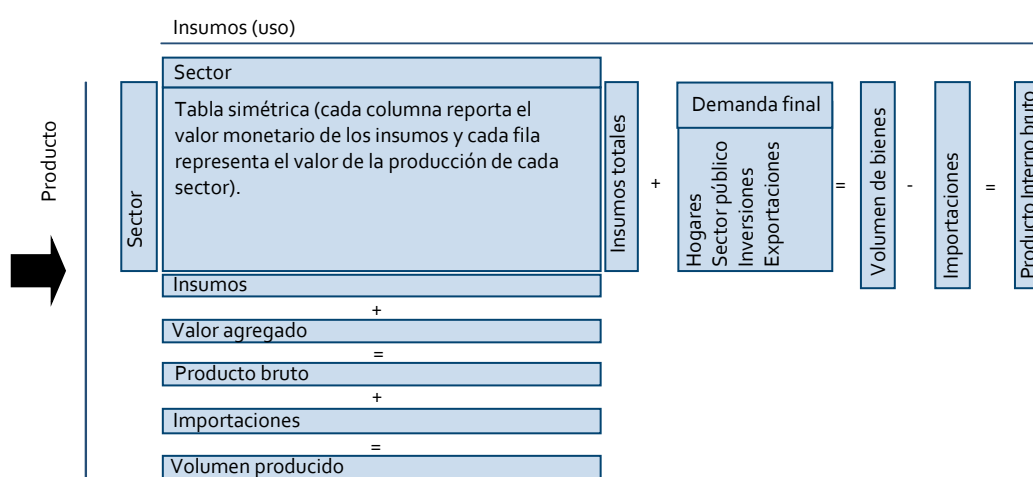
La metodología propuesta para el análisis de digitalización sectorial está estructurada en dos pasos. En primer lugar, se consideran todos los sectores cuya producción puede ser catalogada como un **insumo digital intermedio** y se calcula el monto total de estos como porcentaje de todos los insumos intermedios de cada sector (*Efecto directo*). En particular el efecto directo de digitalización sectorial del sector i queda compuesto del siguiente modo, asumiendo que los sectores cuya producción puede ser catalogada como insumo digital intermedio van del sector N-x al sector N.

$$\begin{aligned} \text{Nivel de digitalización sectorial}_i & \\ = & \frac{\text{Producto proveniente del sector } N - x_i + \dots + \text{Producto proveniente del sector } N_i}{\text{Insumos Intermedios totales}_i} \end{aligned}$$

De acuerdo con esta fórmula, se asume que, a mayor porcentaje de insumos digitales intermedios adquiridos por un sector, más elevada es la digitalización directa del sector. Como se menciona arriba, en ciertos casos, el porcentaje de insumos digitales intermedios responde a las características intrínsecas del sector. Por ejemplo, los servicios profesionales deben presentar un porcentaje elevado de insumos digitales intermedios no sólo por avances que puedan realizarse en términos de su transformación digital (como ser la automatización de procesos) sino también porque las actividades involucradas están basadas en el uso, procesamiento y transferencia de información.

De esta manera, el primer paso es sumar el monto total de insumos digitales intermedios, lo cual requiere identificarlos y determinar si el monto total de cada categoría puede ser asignada a la categoría de insumos digitales. El cuadro 1 presenta los supuestos usados en este análisis.

Diagrama 1
Esquema de matriz de insumo producto



Fuente: Análisis del autor.

La identificación de estos cinco sectores es conservadora en la medida que existen otros sectores que, al menos de manera parcial, pueden ser considerados como proveedores de insumos digitales intermedios. Sin embargo, se prefiere asumir una definición más restrictiva.

La estimación requiere sumar el monto de cada columna correspondiente a los cinco sectores, y calcular el porcentaje que este valor representa del total de insumos. Así, los valores para cada fila proveen una visión del nivel de digitalización para cada sector. Como es de esperar, la aplicación de esta metodología requiere de matrices de insumo producto con un grado de desagregación sectorial suficiente para identificar los insumos intermedios mencionados en el cuadro 1.

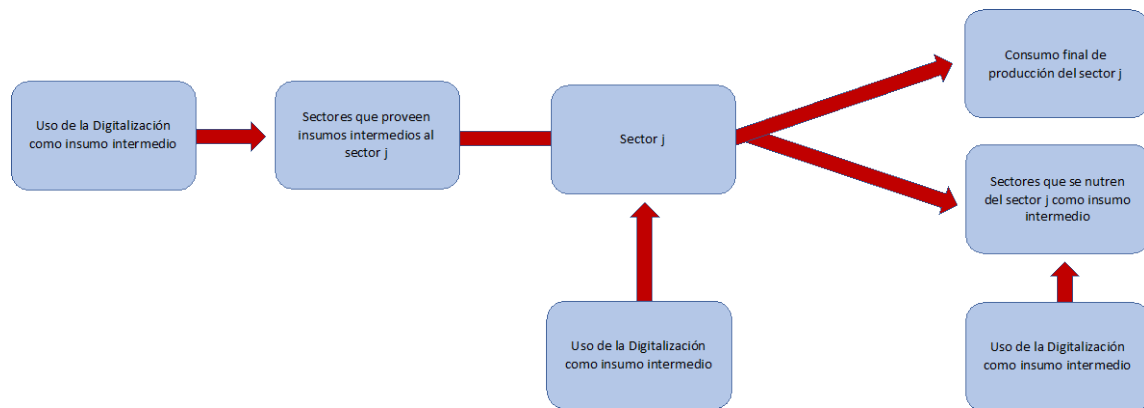
Cuadro 1
Insumos digitales intermedios
(En porcentajes)

Sector	Porcentaje asumido
Computadoras, equipamiento electrónico y óptico	100
Actividades postales y de mensajería	100
Actividades audiovisuales y de radiodifusión	100
Telecomunicaciones	100
Servicios de información y de tecnologías de la información	100

Fuente: Análisis del autor.

El segundo paso es determinar el componente digital de los insumos digitales intermedios (*Efecto indirecto*). En este sentido, el efecto indirecto de la digitalización sectorial no se limita a un sector industrial específico, sino que requiere expandir el estudio a las cadenas productivas de las que éstos forman parte. Por tal motivo, es necesario ampliar el análisis considerando para cada sector de actividad i , los encadenamientos hacia atrás (sectores que proveen insumos a i), y el impacto de la digitalización en cada eslabón de la cadena, tal como se ilustra en el diagrama 2. Con este análisis se cuantifica el nivel de insumos digitales que adquiere el sector i a partir de la compra de insumos de sectores no digitales, pero que tienen componentes digitales a través de la cadena productiva.

Diagrama 2
Digitalización por sector



Fuente: Análisis del autor.

De esta manera, el impacto por encadenamiento hacia atrás ($DIGIT_DBL_i$) se calcula como:

$$DIGIT_DBL_i = \sum_{j=1}^{j=n} VAB_DIGIT_j * w_{ji} \quad \forall i \neq j$$

Siendo w_{ji} el peso de la provisión del insumo de la industria j a la industria i sobre el total de la producción de j , ponderado por el nivel de insumos digitales de la industria j . Esta estimación se hace para la totalidad de los sectores que no son considerados en el análisis directo (enumerados en el cuadro 1).

La aplicación de esta metodología de cálculo de efectos directos e indirectos de digitalización requiere de matrices que hayan sido construidas para diferentes países siguiendo métricas y clasificaciones homogéneas para poder comparar resultados. Para el siguiente análisis se utilizan las matrices construidas para 2018 provenientes de la base de la OCDE¹. Si bien las mismas presentan información desagregada para cuarenta y cinco sectores (las filas), para calcular la digitalización sectorial se han consolidado las filas en catorce sectores (ver cuadro 2 para la metodología propuesta de consolidación).

¹ Fuente: OECD, Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables, 2021 edition.

Cuadro 2
Agregación sectorial

Agregación sectorial	Sectores incluidos
Agricultura	Agricultura, silvicultura, pesca Procesamiento de alimentos y bebidas
Minería	Minería, productos energéticos Minería productos no energéticos Servicios de apoyo
Manufactura	Manufactura de productos textiles, cuero, lana, papel, petróleo refinado, químicos, farmacéuticos, goma y plásticos, y metálicos Equipamiento eléctrico, maquinaria y equipamiento, motores, vehículos, equipamiento de transporte y reparación
Electricidad, gas, agua y saneamiento	Distribución de agua y saneamiento Distribución de electricidad y gas
Construcción	Construcción
Comercio	Comercio minorista y mayorista
Transporte y logística	Transporte terrestre, acuático y aéreo Almacenamiento y actividades conexas
Alojamiento y restaurantes	Alojamiento, restaurantes y actividades de servicios conexos
Servicios financieros	Banca y seguros
Bienes raíces	Bienes raíces
Servicios profesionales	Servicios profesionales, científicos y técnicos
Sector público	Administración pública, Defensa, Salud, y Educación
Otros	Actividades artísticas, culturales, recreación, servicio doméstico

Fuente: Análisis del autor.

Por otro lado, en lo referente a los insumos intermedios se mantienen las columnas correspondientes a los insumos detallados en el cuadro 1, así como la columna que suma el total de insumos intermedios. Para los efectos indirectos se consideran a todos los sectores del cuadro 2, salvo aquellos que ya han sido considerados en los efectos directos.

La base de la OCDE posee matrices para Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú². Los resultados por nación latinoamericana, así como la consolidación regional son comparados con un agregado ponderado de economías avanzadas, incluyendo a Estados Unidos, Alemania, el Reino Unido, Japón, Francia, Australia y Corea del Sur. El objetivo en este caso es identificar diferencias y posibles espacios de mejor sobre los niveles de digitalización sectorial para América Latina.

B. Digitalización directa

1. Resultados consolidados

El primer análisis consolida los insumos digitales intermedios y los insumos intermedios totales para cada país y calcula el porcentaje para determinar el nivel de digitalización por sector. Al realizar este cálculo, el sector de comunicaciones es excluido dado que el mismo representa un gasto directo del sector (en otras palabras, es natural que el sector sea de uso intensivo de comunicaciones dado que este es su principal producto). Al agregar los resultados de los seis países analizados, se observa que, como es mencionado arriba, el sector servicios presenta un nivel de digitalización más elevado que el resto de los sectores (ver cuadro 3).

² La base de la OCDE también incluye matrices para Costa Rica pero los resultados podrían indicar cierto sesgo estadístico que puede estar causado por el uso de una metodología de construcción diferente de los otros países. Por ello, se decidió excluir el caso costarricense.

Cuadro 3
Latam-6^a, digitalización sectorial directa
(En porcentajes)

Ranking	Sector	Promedio	Máximo	Mínimo	Rango
1	Servicios profesionales	9,22	11,35	6,39	4,96
2	Bienes raíces	7,11	9,68	2,98	6,70
3	Comercio	5,09	7,01	1,19	5,82
4	Alojamiento y restaurantes	4,67	9,03	2,30	6,73
5	Servicios financieros	3,80	5,36	2,09	3,27
6	Transporte y logística	3,26	5,18	1,40	3,78
7	Construcción	2,67	7,05	0,13	6,92
8	Administración pública, Defensa, Salud, y Educación	2,71	5,92	0,55	5,37
9	Manufactura	2,39	4,54	1,36	3,18
10	Agua y energía	1,88	6,13	0,52	5,61
11	Minería	0,45	0,80	0,07	0,73
12	Agricultura	0,30	0,50	0,10	0,40

Fuente: Análisis del autor.

Nota: El sector "otros" es excluido por falta de definición en lo que este incluye.

^a Resultados consolidados para los seis países analizados.

En términos generales, tal y como fuera anticipado en la introducción, los sectores más intensos en procesamiento de información como factor de producción (servicios profesionales, bienes raíces, comercio y servicios financieros) tienden naturalmente a adquirir una porción más alta de insumos digitales intermedios. Asimismo, se puede apreciar que la agricultura, minería, y manufactura, tres sectores prioritarios en términos de contribución al producto bruto latinoamericano, presentan también un nivel de digitalización directa inferior.

Asimismo, es importante observar que el rango de varianza entre los promedios por sector es relativamente bajo lo que indica una consistencia entre naciones en niveles de digitalización directa. Por ejemplo, la agricultura, con un promedio de 0.30% de insumos digitales intermedios presenta el rango más reducido entre valores máximos y mínimos. En otras palabras, el grado reducido de digitalización directa de la agricultura es consistente en los siete países analizados. Un caso similar es el de la minería e industrias extractivas. Al otro extremo, se observan sectores con un alto grado de variabilidad, como ser los bienes raíces, la hotelaría y los restaurantes, y la construcción. Esto podría indicar diferentes esfuerzos de digitalización directa sectorial por país (como ser el valor más alto de hotelaría y y los restaurantes en México), aunque no podemos descartar problemas en la base estadística (como puede ser el valor de 7.05% de digitalización directa de la construcción en Argentina).

Estos resultados son comparados con el promedio de seis economías avanzadas (Estados Unidos, Alemania, el Reino Unido, Japón, Francia, Australia y Corea del Sur) (ver cuadro 4).

En primer lugar, el análisis de digitalización sectorial directa para el promedio ponderado de naciones avanzadas ofrece un posicionamiento similar para servicios profesionales (el primero), comercio (el tercero), y minería y agricultura (los últimos). Sin embargo, manufactura, transporte y logística presentan un nivel de digitalización más elevado en las naciones avanzadas que en el caso latinoamericano. En otras palabras, si bien la digitalización sectorial varía de manera consistente en función de consideraciones estructurales, las naciones avanzadas presentan un nivel de digitalización directa más elevada en sectores clave para la competitividad.

Cuadro 4
Países avanzados, digitalización sectorial directa
(En porcentajes)

Ranking	Sector	Promedio	Máximo	Mínimo	Rango
1	Servicios profesionales	10,55	18,57	6,44	12,13
2	Alojamiento y restaurantes	6,90	7,87	3,75	4,12
3	Comercio	6,12	12,35	4,86	7,49
4	Transporte y logística	5,44	8,77	3,57	5,19
5	Bienes raíces	5,21	11,95	4,18	7,77
6	Administración pública, Defensa, Salud, y Educación	5,02	16,62	3,20	13,43
7	Manufactura	4,42	6,29	3,43	2,87
8	Agua y energía	2,88	6,42	1,79	4,64
9	Servicios financieros	2,65	5,35	1,93	3,42
10	Construcción	1,54	7,19	0,30	6,88
11	Minería	0,49	1,01	0,30	0,71
12	Agricultura	0,47	1,83	0,12	1,71

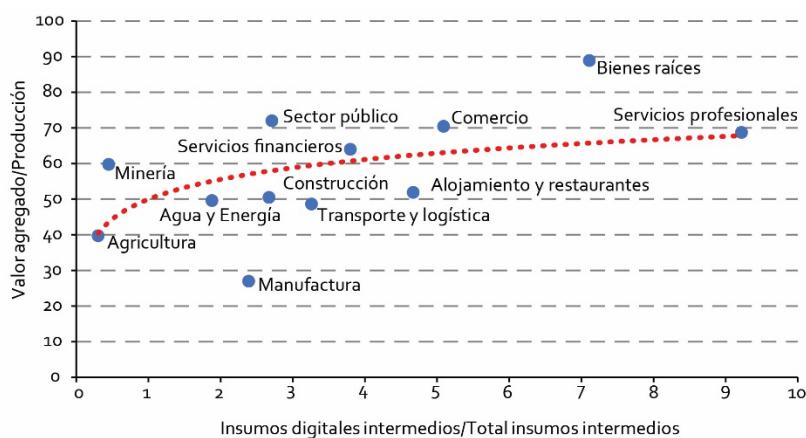
Fuente: Análisis del autor.

Nota: El sector "otros" es excluido por falta de definición en lo que este incluye.

En segundo lugar, contrariamente al caso latinoamericano, el rango entre valores máximos y mínimos es más amplio en los países avanzados, denotando heterogeneidad en los niveles de digitalización sectorial. Sin embargo, como se detallará abajo, dos países de la muestra estudiada presentan un nivel de digitalización directa más alto que el resto: Corea en minería, manufactura, agua y energía, comercio, transporte y logística y servicios financieros; Japón en construcción, alojamiento y restaurantes, bienes raíces, servicios profesionales y el sector público.

El hecho de que la agricultura, manufactura y el sector público en ambas muestras presenten un bajo nivel de digitalización directa es una barrera fundamental para el incremento de valor agregado en la medida de que la intensidad de insumos digitales intermedios está directamente relacionada con el porcentaje del producto bruto representado por el valor agregado (ver gráfico 1).

Gráfico 1
LAC-6. Intensidad de insumos digitales intermedios vs. valor agregado
(En porcentajes)

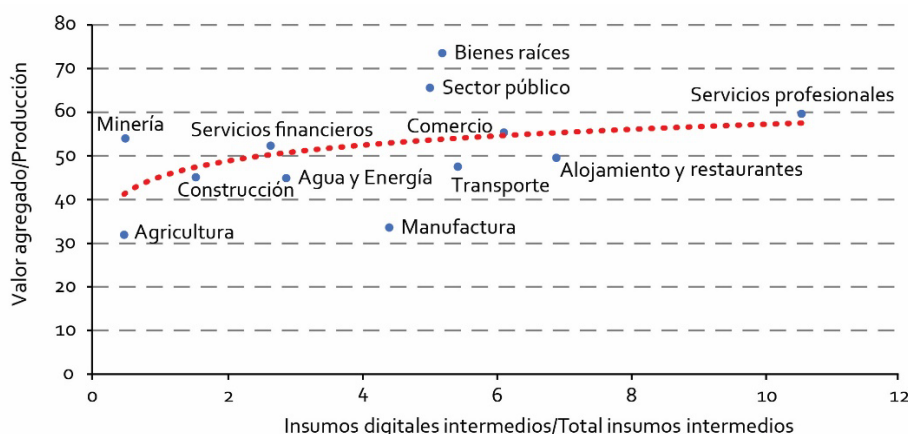


Fuente: Análisis del autor.

Nota: Promedios ponderados de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú.

Esta tendencia que se observa en América Latina también es clara en los países avanzados (ver gráfico 2).

Gráfico 2
Países avanzados. Intensidad de insumos digitales intermedios vs. valor agregado
(En porcentajes)



Fuente: Análisis del autor.

Nota: Promedios ponderados de Francia, Alemania, Japón, EE.UU., Corea del Sur, Reino Unido y Australia.

2. Resultados por sector y país

Al realizar un análisis por país es importante remarcar que el nivel digitalización sectorial de los seis países latinoamericanos no es homogéneo. El siguiente cuadro 5 presenta los rankings comparados del grado de digitalización sectorial para cada uno de los siete países.

Cuadro 5
LAC-6. Porcentaje de insumos digitales intermedios por país

Sector	LATAM-6		Argentina		Brasil		Chile		Colombia		México		Perú	
	Ranking	Digitalización	Ranking	Digitalización	Ranking	Digitalización	Ranking	Digitalización	Ranking	Digitalización	Ranking	Digitalización	Ranking	Digitalización
Servicios profesionales	1	9,22	1	11,35	1	10,54	2	6,51	1	9,14	4	6,39	1	9,94
Bienes raíces	2	7,11	8	2,98	2	5,29	1	9,07	3	4,89	1	9,68	2	9,02
Comercio	3	5,09	5	4,36	4	4,36	6	3,23	4	3,62	3	7,01	10	1,19
Alojamiento y restaurantes	4	4,67	2	8,14	8	2,30	3	5,26	2	5,16	2	9,03	4	3,83
Servicios financieros	5	3,80	4	5,32	5	3,75	8	2,09	5	2,24	6	4,87	3	3,92
Transporte y logística	6	3,26	6	3,17	7	2,76	7	2,89	6	1,40	5	5,18	8	2,11
Sector público	7	2,71	9	2,45	6	3,47	4	4,45	8	1,22	10	0,55	5	3,07
Construcción	8	2,67	3	7,05	3	4,54	11	0,78	11	0,13	9	0,80	6	2,99
Manufactura	9	2,39	7	3,16	9	1,55	5	3,96	7	1,36	8	3,26	7	2,39
Agua y energía	10	1,88	10	1,75	10	1,50	10	1,42	9	0,52	7	3,75	9	1,60
Minería	11	0,45	11	0,25	12	0,42	9	1,58	10	0,15	11	0,14	11	0,80
Agricultura	12	0,30	12	0,17	11	0,46	12	0,21	12	0,10	12	0,14	12	0,25

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color señala países donde el ranking de digitalización difiere del resto de la muestra.

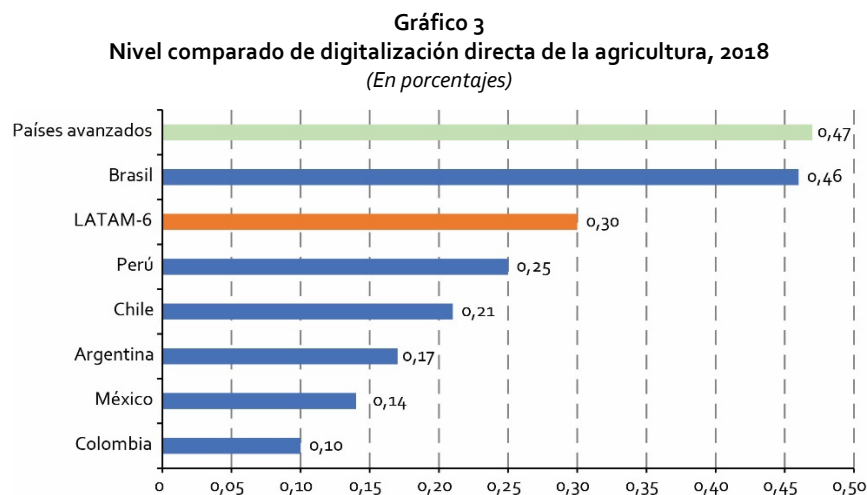
Las diferencias en el grado de digitalización sectorial entre países de América Latina indica que el proceso de transformación digital no está evolucionando de manera uniforme en la región. El análisis comparado permite generar algunas conclusiones preliminares que permiten validar la metodología de matrices de insumo producto:

- Con excepción de México, todos los países presentan el sector de servicios profesionales como aquel que adquiere el más alto porcentaje de insumos digitales intermedios.
- El sector de agricultura es aquel que presenta de manera consistente el más bajo porcentaje de adquisición de insumos digitales intermedios.
- La misma conclusión puede ser formulada para el sector de minería, con la única excepción de Chile donde el sector presenta un nivel relativamente más elevado de digitalización; esto es confirmado con la información cualitativa y estudios de caso de la transformación digital en curso de la minería en este país.
- El sector de bienes raíces presenta en todos los países de la muestra, con la notable excepción de la Argentina, un segundo lugar en términos del porcentaje de insumos digitales intermedios.
- El sector comercio presenta una varianza que puede ser validada con información anecdótica. Un país ubicado en una posición rezagada es Perú, cuyo desarrollo de comercio electrónico es inferior al de las otras naciones.
- En el caso de transporte y logística, México presenta una posición más avanzada que el resto de los países, lo que es consistente con el indicador LPI del Banco Mundial.

Las diferencias entre países requieren examinar cada uno de los sectores de manera independiente, adentrándonos en el análisis por sub-sectores.

Agricultura

De manera consistente, la agricultura latinoamericana es el sector con el más bajo nivel de digitalización directa (ver gráfico 3).



Fuente: Análisis del autor.

Reconociendo, como se menciona arriba, que el sector de agricultura presenta el porcentaje de insumos digitales intermedios más bajo, existen diferencias que deben ser analizadas para explicar la variabilidad entre países. Desagregando los valores en los tres subsegmentos que componen el sector de la agricultura, se puede comparar también con el equivalente calculado en base a economías avanzadas, para resaltar el rezago latinoamericano (ver cuadro 6).

Cuadro 6
Agricultura: porcentaje de insumos digitales indirectos, 2018
(En porcentajes)

	Agricultura y forestación	Piscicultura y pesca	Procesamiento de alimentos	Total sector agricultura
Argentina	0,02	0,11	0,55	0,17
Brasil	0,28	0,23	0,78	0,46
Chile	0,04	0,00	0,48	0,21
Colombia	0,08	0,02	0,13	0,10
México	0,05	0,03	0,31	0,14
Perú	0,03	0,05	0,58	0,25
LAC-6	0,15	0,06	0,58	0,30
Economías avanzadas	0,13	0,28	0,79	0,47

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color señala subsector más alto en cada país o agregado de países.

En primer lugar, la diferencia en el valor total para el sector entre países latinoamericanos puede ser explicado por el avance en el subsector de procesamiento de alimentos: el país que presenta el porcentaje de insumos digitales intermedios más avanzado para el sector es Brasil, con el porcentaje más alto en el subsector de procesamiento de alimentos, lo que condice con información cualitativa sobre la digitalización del sector en ambos países, reflejando en el caso de Brasil el esfuerzo tecnológico del gobierno brasileño³ y del sector privado especialmente en el sector de agricultura⁴.

La diferencia entre el agregado de los seis países latinoamericanos (LAC) y el agregado de las economías avanzadas es ilustrativa en términos del rezago latinoamericano en la digitalización de la cadena productiva agropecuaria, con un rezago de 0.17 puntos porcentuales.

Minería

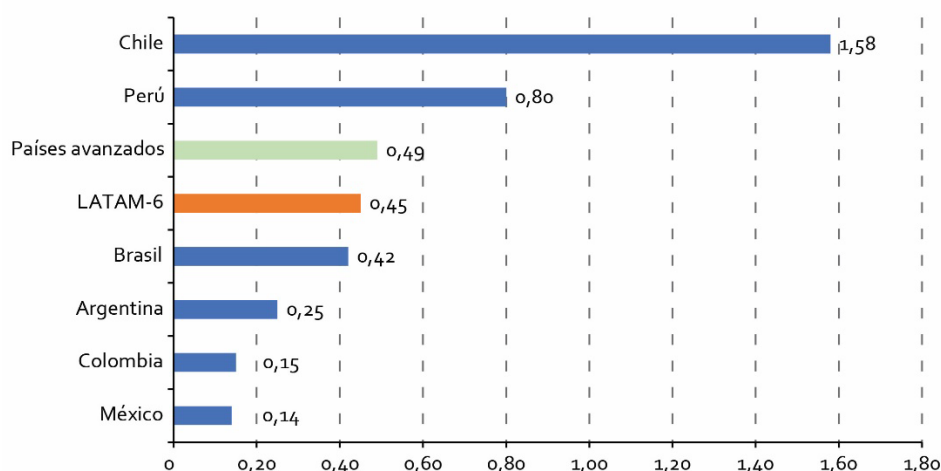
El sector de minería demuestra un nivel relativamente más elevado de digitalización que la agricultura, cuando es medido por el porcentaje de insumos digitales intermedios (ver gráfico 4).

De manera agregada, los insumos digitales intermedios representan 0.44% del total de insumos intermedios. La varianza por país es en este caso más acentuada que en el caso de la agricultura: Chile presenta un nivel significativamente más alto que en los otros países de la región. La posición de Chile puede ser explicada a partir de la desagregación por subsector (ver cuadro 7).

³ En el 2019, el Ministerio de Agricultura invirtió 13.1% del presupuesto público de I+D de USD 796 mil millones. En términos de recursos humanos, en el 2020 el Sistema Universitario graduó 2,341 PhD y 4,787 MS en ciencias de la agricultura, y 1,535 PhD y 3,161 MS en biología.

⁴ En el 2019, Brasil incubó 328 startups enfocados en la cadena productiva de la agricultura.

Gráfico 4
Nivel comparado de digitalización directa de la minería, 2018
(En porcentajes)



Fuente: Análisis del autor.

Cuadro 7
Minería: porcentaje de insumos digitales indirectos
(En porcentajes)

	Productos energéticos	Productos no energéticos	Servicios de apoyo	Total sector minería
Argentina	0,27	0,28	0,00	0,25
Brasil	0,06	0,93	0,01	0,42
Chile	0,13	1,59	3,55	1,58
Colombia	0,15	0,07	0,33	0,15
México	0,00	0,40	1,09	0,14
Perú	0,07	1,19	0,01	0,80
LAC-6	0,09	0,98	0,24	0,45
Economías avanzadas	0,26	1,12	0,54	0,49

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color señala subsector más alto en cada país o agregado de países.

La minería de productos no energéticos en Chile demuestra un avance relativo explicado a partir de la digitalización de la minería del cobre.

Aun así, los países avanzados muestran un nivel significativamente más alto de digitalización de la minería en todos los subsectores comparados con los países latinoamericanos, sin embargo la brecha es de sólo 0.05 puntos porcentuales en el agregado debido a un mayor peso de productos no energéticos en las economías avanzadas. En la industria minera latinoamericana, los mayores desafíos son: i) la gestión de las habilidades de la fuerza laboral para la adopción de nuevas tecnologías; ii) la adaptación de distintos sistemas /arquitecturas para que se ajusten al entorno digital; iii) los altos costos en el corto plazo debido a que la industria lleva operando muchos años con procesos antiguos; y iv) la falta de comprensión y/o conocimiento adecuado sobre el tema y su valor agregado para la industria⁵.

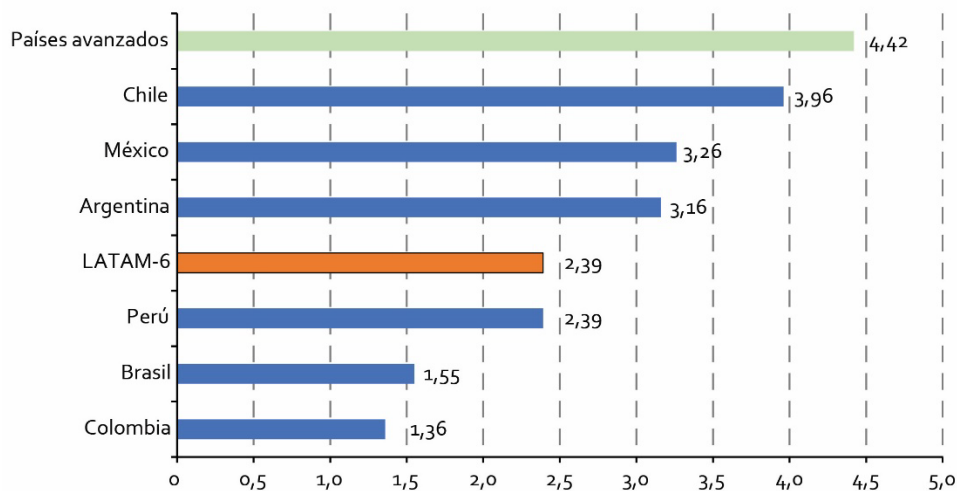
⁵ Ver Calatayud, A., Riobo, A., Katz, R., Basani, M., Irigoyen, J., Unzueta, A. (2021). *Estrategia de Transformación Digital para el sector de infraestructura y energía*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

Manufactura

En el caso del sector manufacturero, la diferencia entre países no es tan significativa como en el caso de la minería, aunque es difícil validar los resultados en base a información cualitativa (ver gráfico 5). En particular, el bajo porcentaje de insumos digitales intermedios de Brasil y Colombia no se condice con los estudios de avance del sector manufacturero en términos de industria 4.0⁶.

Una posible explicación del rezago relativo de Brasil y Colombia es meramente el hecho de que la contribución del sector manufacturero al producto bruto es inferior en estos dos países en comparación con las otras naciones analizadas. Esto implicaría que la digitalización sectorial se orienta a aquellos sectores de mayor peso económico (ver gráfico 6).

Gráfico 5
Nivel comparado de digitalización directa de la manufactura, 2018
(En porcentajes)



Fuente: Análisis del autor.

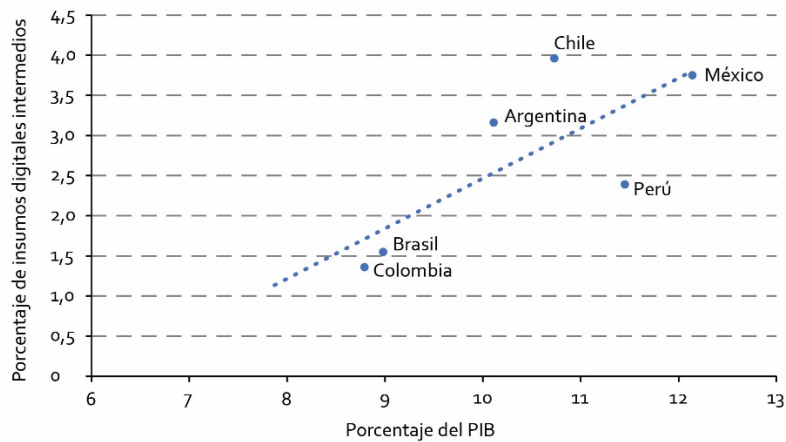
Una interpretación alternativa es que la digitalización sectorial en cada país está naturalmente asociada con aquellos subsectores de la manufactura con mayor contribución al valor agregado (ver gráfico 7).

La organización industrial también podría estar afectando el grado de digitalización sectorial: como se menciona arriba, a mayor fragmentación del sector, mayor presencia de Pymes con menor capacidad de inversión en insumos digitales. En resumen, existen numerosas explicaciones posibles para justificar la menor digitalización de la manufactura brasilera y colombiana.

De todas maneras, la comparación de la digitalización de la manufactura a nivel de subsectores provee una visión de aquellos sectores más avanzados en la región y una medida de la brecha que separa la región de las economías avanzadas (ver cuadro 8).

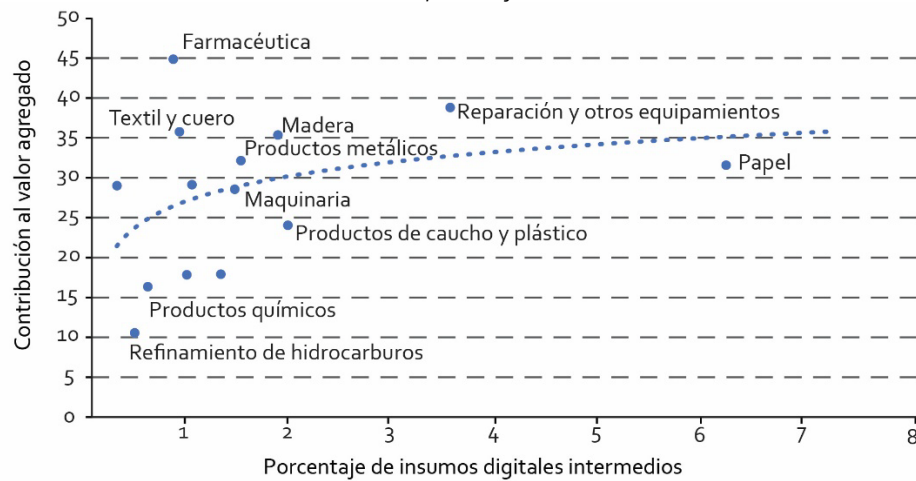
⁶ Ver Calatayud, A. y Katz, R. (2019). Cadena de suministro 4.0 – Mejores Prácticas Internacionales y Hoja de Ruta para América Latina, Banco Interamericano de Desarrollo, Octubre, y Katz, R., Duarte, M., Callorda, F., Duran, D. Y Meisl, C. (2018). Observatorio de la Economía Digital de Colombia. Bogotá: MINTIC y Cámara de Comercio de Bogotá.

Gráfico 6
Contribución de manufactura al PIB vs. porcentaje de insumos digitales intermedios
(En porcentajes)



Fuente: Análisis del autor.

Gráfico 7
Brasil manufactura: porcentaje de insumos digitales intermedios vs. contribución al valor agregado
(En porcentajes)



Fuente: Análisis del autor.

De manera consistente, dos sectores manufactureros demuestran el más alto porcentaje de insumos digitales intermedios: la industria de pulpa de celulosa, y papel, y la fabricación de equipamiento eléctrico. La industria de pulpa de celulosa en América Latina se caracteriza por un alto nivel de innovación, ampliando su capacidad productiva e integrándose verticalmente en otros estadios de la cadena de suministro⁷. Por ejemplo, Arauco, la segunda empresa forestal y de celulosa más importante del mundo invierte más de USD 30 millones en iniciativas de transformación digital enfocadas en el mantenimiento predictivo, seguridad y visibilidad en línea, para aumentar en competitividad, eficiencia y desarrollo de nuevos productos⁸.

⁷ Forest2market (2021). La evolución de la industria de P&P en América Latina. Tissue online (Agosto 13).

⁸ América Economía (2019). Cómo se transforma digitalmente Arauco, la segunda forestal más importante del mundo. (Mayo 17).

Cuadro 8
Manufactura: porcentaje de insumos digitales indirectos
(En porcentajes)

	Textil y cuero	Productos de madera	Productos de papel	Refinamiento de hidrocarburos	Productos químicos	Productos farmacéuticos	Productos de caucho y plástico	Otros productos no metálicos	Metales básicos	Fabricación de productos metálicos	Equipamiento eléctrico	Equipamiento y maquinaria	Vehículos automotrices	Otros vehículos
Argentina	1,90	1,72	12,74	1,11	1,86	1,22	2,52	1,88	2,43	2,05	12,89	1,86	1,60	2,90
Brasil	0,85	1,80	6,15	0,41	0,54	0,79	1,90	0,24	1,25	1,45	7,13	1,39	0,92	0,97
Chile	2,90	0,76	7,32	0,45	1,81	1,01	1,51	1,19	4,86	2,44	7,19	5,11		3,29
Colombia	1,75	0,34	5,47	0,80	0,80	1,43	0,73	0,12	1,07	1,06	4,13	3,80	1,50	1,25
México	1,30	2,67	4,81	1,22	1,78	0,48	5,06	1,17	2,79	4,42	10,64	4,57	2,25	1,25
Perú	1,06	0,98	7,07	1,09	0,94	0,65	1,03	0,28	4,27	0,62	6,25	2,36	1,19	0,84
LAC-6	1,21	1,62	6,82	0,69	1,07	0,84	2,70	0,72	2,71	2,63	9,12	2,70	1,81	1,42
Economías avanzadas	3,40	1,85	10,27	3,26	3,18	1,91	5,71	3,14	3,43	3,86	14,41	4,42	2,06	1,72

Fuente: Análisis del autor.

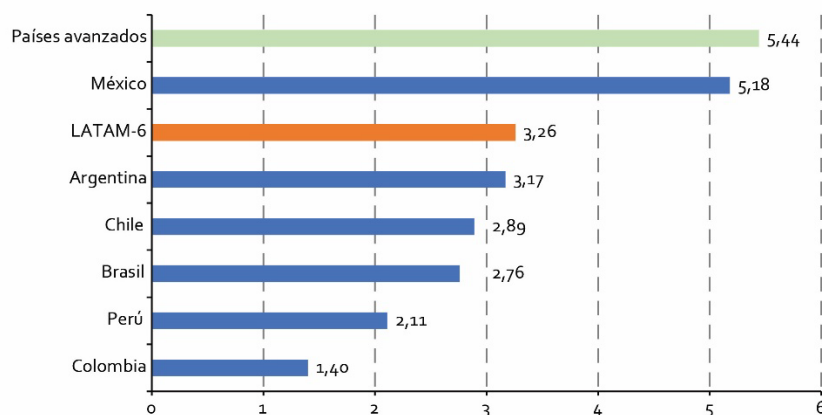
Nota: Color señala subsector más alto en cada país o agregado de países.

El agregado de los seis países latinoamericanos en todos los sub-sectores de manufactura presenta un rezago significativo en relación con el agregado de las economías avanzadas. Así también, existe una coincidencia en los sectores manufactureros de más alto porcentaje de insumos digitales intermedios, lo que muestra que esos resultados de la región siguen una tendencia internacional.

Transporte y logística

El sector de transporte y logística presenta un porcentaje más elevado de adquisición de insumos digitales intermedios en comparación con los sectores primarios y secundarios detallados arriba. Aun así, México presenta un nivel más alto que las otras naciones bajo estudio (ver gráfico 8).

Gráfico 8
Nivel comparado de digitalización directa del transporte y logística, 2018
(En porcentajes)



Fuente: Análisis del autor.

La evidencia más interesante se presenta al comparar los tres subsectores que componen el sector de transporte y logística (ver cuadro 9).

Cuadro 9
Transporte y logística: porcentaje de insumos digitales indirectos
(En porcentajes)

	Transporte terrestre	Transporte acuático	Transporte aéreo	Almacenamiento	Total sector transporte y logística
Argentina	2,66	2,39	5,43	4,18	3,17
Brasil	2,63	1,00	4,84	2,81	2,76
Chile	2,31	2,45	8,06	1,37	2,89
Colombia	0,95	0,82	3,95	1,07	1,40
México	5,50	5,85	10,37	2,89	5,18
Perú	1,86	1,95	5,66	1,58	2,11
LAC-6	3,25	1,86	5,82	2,58	3,26
Economías avanzadas	4,79	3,10	9,26	5,61	5,44

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color señala subsector más alto en cada país o agregado de países.

El transporte aéreo es el subsector con mayor intensidad de adquisición de insumos digitales intermedios. Al igual que a nivel internacional, el subsector aéreo está liderando la transformación, con empresas que están avanzando en el concepto más profundo de la transformación digital, avanzando más allá de la mera adopción de tecnología para automatizar procesos y reducir costos, y produciendo, en cambio, una verdadera transformación de la organización, para ofrecer un servicio acorde con las necesidades específicas de cada cliente. De acuerdo con una encuesta realizada por el BID⁹, la totalidad de las empresas privadas de transporte aéreo manifiestan estar implementando su estrategia de transformación digital, con una de cada cuatro encontrándose en un estado avanzado de la implementación. En términos de uso de las tecnologías, la mayor parte de los encuestados expresaron como objetivos la automatización de procesos (91%), el incremento de la seguridad de sus actividades (74%), la reducción de costos y el aumento de la presencia en línea (65%). Esto es consistente con las tendencias a nivel mundial (ver capítulo I) sobre la búsqueda de reducción de costos mediante la automatización, así como el incremento de la cuota de mercado a través de brindar más servicios virtualmente y mejorar la experiencia del cliente, siempre velando por la seguridad en el sector.

Al mismo tiempo, como lo señala el estudio del BID de 2019, el subsector de transporte terrestre de mercancías es el más rezagado en términos de transformación digital del transporte y de las principales cadenas de suministro de América Latina. Según lo relevado en estudios precedentes, la digitalización de este subsector en la región se encontraba mayormente restringida a las grandes empresas, mientras que las PyMEs enfrentaban principalmente tres barreras para una mayor adopción de tecnología: i) falta de recursos; ii) resistencia de la gerencia, basada en la dificultad para justificar el retorno de la inversión tecnológica; y iii) baja rentabilidad del negocio central, lo que limitaba la capacidad para invertir (Calatayud y Katz, 2019). La literatura académica documenta la realidad de la gerencia de la PyME, que suele no disponer de los recursos humanos y financieros necesarios para dedicar a actividades relacionadas con la innovación¹⁰.

⁹ Calatayud, A., Katz, R., & Riobó, A. (2022). *Impulsando la transformación digital del transporte en América Latina y el Caribe*. Washington, DC. Banco Interamericano de Desarrollo.

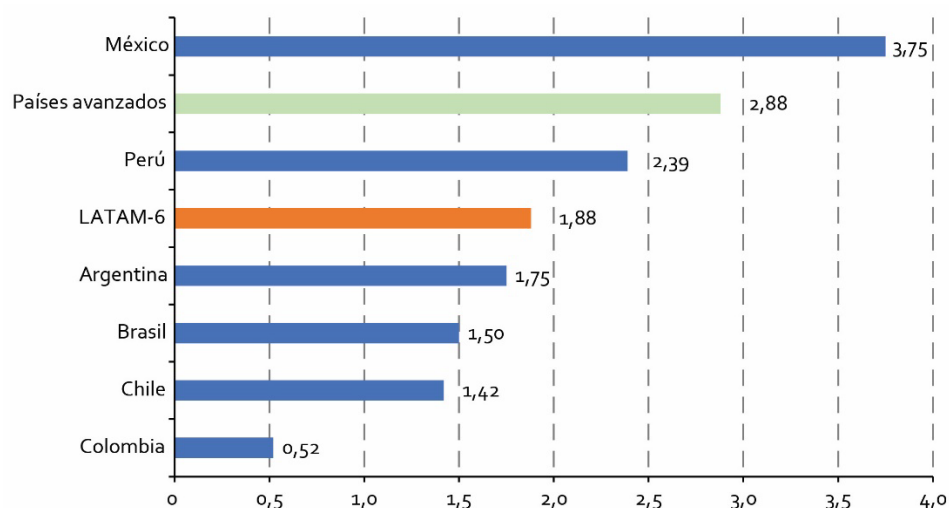
¹⁰ De Massis, A., Koltar, J., Mazzola, P., Minola, T., & Sciascia, S. (2018). "Conflicting Selves: Family Owners' Multiple Goals and Self-Control Agency Problems in Private Firms." *Entrepreneurship Theory and Practice*, 42(3). <https://doi.org/10.1111/etap.12257>.

En el sector transporte, los desafíos incluyen: i) la falta de conocimiento y/o desconfianza de los beneficios derivados de la transformación digital por parte del estrato gerencial; ii) el alto costo de la tecnología y la falta de proveedores de tecnologías y/o la adecuación de las mismas a las características regionales; iii) barreras financieras y de recurso humano, así como resistencia del sector por efectos en el mercado laboral; iv) el bajo nivel de colaboración con el sector público y la academia para compartir información y desarrollar iniciativas conjuntas. Cabe mencionar que, mientras algunas empresas globales que operan en la región están avanzando en la transformación digital, existe una multiplicidad de micro y pequeñas empresas cuyo grado de avance es prácticamente nulo¹¹. Esta diferencia en el grado de avance también se evidencia al comparar los subsectores de logística y transporte de pasajeros, donde el primero se encuentra más avanzado al menos en términos de adopción de tecnologías de trazabilidad, especialmente a raíz del incremento del comercio electrónico.

Agua, saneamiento y energía eléctrica

El sector de Agua, Saneamiento y Energía depende de la provisión de una variedad de insumos digitales intermedios: telecomunicaciones, software y aplicaciones de diferentes tipos, equipamiento electrónico y servicios de integración de sistemas, entre otros. El consumo de insumos tecnológicos intermedios por parte de cada sector varía en función del grado de transformación digital por sector y país. Por ejemplo, con base en el análisis de matrices de insumo producto se determina que 1,92% de los insumos intermedios del sector bajo consideración en América Latina es destinado a gastos de tecnologías y servicios digitales (ver gráfico 9).

Gráfico 9
Nivel comparado de digitalización directa de los sectores de agua, saneamiento y energía eléctrica, 2018
(En porcentajes)



Fuente: Análisis del autor.

Con la excepción de México que presenta un nivel muy elevado de adquisición de insumos digitales intermedios, el sector de agua, saneamiento y de energía eléctrica muestra un cierto rezago en términos de digitalización.

¹¹ Calatayud, A., & Katz, R. (2019). *Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0001956>.

En términos de comparación de subsectores, el sector energético presenta un mayor nivel de digitalización que el de agua y saneamiento en la región. Esta situación es diferente en las economías avanzadas (ver cuadro 10).

Cuadro 10
Agua, saneamiento y energía eléctrica: porcentaje de insumos digitales indirectos
(En porcentajes)

	Energía eléctrica y gas	Agua y saneamiento	Total sector agua y energía
Argentina	2,12	0,27	1,75
Brasil	1,64	0,82	1,50
Chile	1,44	1,20	1,42
Colombia	0,44	0,92	0,52
México	3,98	2,27	3,75
Perú	1,64	1,36	2,39
LAC-6	2,04	1,02	1,88
Economías avanzadas	2,81	3,11	2,88

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color señala subsector más alto en cada país o agregado de países.

La transformación digital ya facilitó en gran medida la optimización del sector energético¹². La digitalización de la información generada por una multitud de equipos, sensores y sistemas inteligentes autónomos que responden a determinadas condiciones predefinidas hace posible automatizar respuestas a cambios en la oferta y demanda, aumentando significativamente la velocidad de respuesta a los cambios. Más aún, el Internet de las cosas y la inteligencia artificial prometen automatizar todavía más las operaciones de empresas proveedoras de energía.

En el sector de agua y saneamiento, existen ciertas barreras al avance de la digitalización: i) la gestión de innovación y la transformación digital no se encuentran incorporadas en los operadores; ii) existe una escasez de cultura innovadora y de talento humano especializado en la temática; iii) se percibe que el costo de la tecnología es elevado debido a la reducida economía de escala como consecuencia de la fragmentación de la demanda, compleja interoperabilidad de los sistemas y la falta de proveedores; iv) reducida asociatividad entre prestadores así como limitada colaboración público- privada y con la academia, v) recursos insuficientes para innovar (por ejemplo, equipamiento, insumos, etc.)¹³.

C. Producción local e importación de insumos digitales intermedios

Las matrices de insumo producto también tienen la capacidad para estimar el valor relativo de insumos intermedios importados y domésticos utilizados en la producción de un país. Esto ayuda a entender el grado de dependencia externa de un sector industrial que debe avanzar en términos de su digitalización. El siguiente cuadro presenta la desagregación de insumos domésticos e importados en el porcentaje de insumos digitales intermedios (ver cuadro 11).

¹² Banco Interamericano de Desarrollo (2018). *Documento de Marco Sectorial de Agua y Saneamiento*, Washington, DC, Diciembre, página 20.

¹³ Banco Interamericano de Desarrollo. *Innovación en agua, saneamiento y residuos sólidos: Diagnóstico, perspectivas y oportunidades para América Latina y el Caribe*. IDB-TN-01974.

Cuadro 11
América Latina: desagregación sectorial de insumos digitales domésticos vs. importados
(En porcentajes)

Sector	Porcentaje de insumos digitales intermedios	Porcentaje de insumos digitales intermedios nacionales	Porcentaje de insumos digitales intermedios importados
Agricultura	0,30	0,24	0,07
Minería	0,44	0,07	0,38
Manufactura	2,41	1,22	1,19
Agua, saneamiento y energía	1,92	1,61	0,31
Construcción	2,76	2,72	0,03
Comercio	5,08	3,40	1,67
Transporte y logística	3,28	2,21	1,07
Alojamiento y restaurantes	4,71	4,47	0,24
Servicios financieros	3,83	3,66	0,18
Bienes raíces	7,12	6,83	0,29
Servicios profesionales	9,24	8,45	0,79
Sector público	2,75	2,55	0,20

Fuente: Análisis del autor.

En términos generales, los insumos domésticos representan, con excepción del sector minero, la mayor parte de insumos digitales intermedios, aunque en el caso de la manufactura, la distinción es cercana a partes iguales entre insumos domésticos e importados.

D. Digitalización directa e indirecta

Este análisis consolida el uso de insumos digitales de modo intermedio a través de la cadena de valor (Efecto indirecto) para cada país y calcula el porcentaje para determinar el nivel de digitalización total por sector, sumando a estos el uso de insumos digitales intermedios de modo directo como proporción del total de insumos (Efecto directo). En este sentido, al incluir los encadenamientos hacia atrás, se presenta una visión más ajustada de la digitalización de procesos productivos.

Al realizar este cálculo, el sector de comunicaciones es excluido dado que el mismo representa un gasto directo del sector (en otras palabras, es natural que el sector sea de uso intensivo de comunicaciones dado que este es su principal producto). Al agregar los resultados de los seis países latinoamericanos analizados, se observa que, como es mencionado arriba, el sector servicios presenta un nivel de digitalización más elevado que el resto de los sectores (ver cuadro 12).

Cuadro 12
Latam-7^a. Digitalización sectorial
(En porcentajes)

Ranking	Sector	Efecto directo	Efecto indirecto	Efecto total
1	Servicios profesionales	9,24	4,12	13,36
2	Bienes raíces	7,12	5,33	12,44
3	Alojamiento y restaurantes	4,71	7,18	11,89
4	Servicios financieros	3,83	3,95	7,79
5	Comercio	5,08	2,62	7,70
6	Transporte y logística	3,28	2,93	6,21
7	Construcción	2,76	3,45	6,21
8	Administración pública, Defensa, Salud, y Educación	2,75	3,07	5,82
9	Electricidad y agua	1,92	3,35	5,27
10	Manufactura	2,41	2,66	5,07
11	Minería	0,44	1,65	2,09
12	Agricultura	0,30	1,35	1,65

Fuente: Análisis del autor.

Nota: El sector "otros" es excluido por falta de definición en lo que este incluye.

^a Resultados consolidados para los siete países analizados.

Los sectores de servicios profesionales, bienes raíces y hotelería son intensos en el uso directo e indirecto de insumos digitales. Por otro lado, el efecto indirecto es menor en los sectores menos digitalizados.

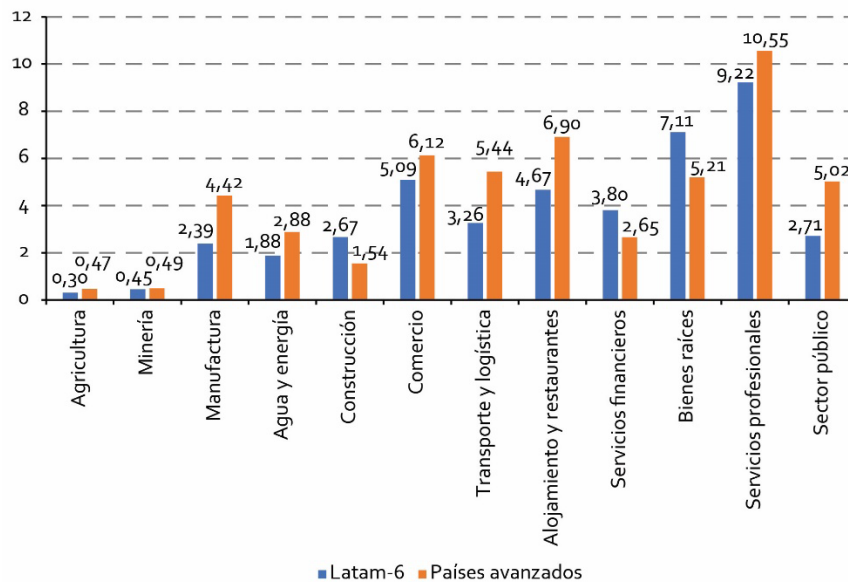
Por el otro lado, de acuerdo con los resultados del cuadro 12, también se puede apreciar que la agricultura, minería, y manufactura, tres sectores prioritarios en términos de contribución al producto bruto latinoamericano, presentan también un nivel de digitalización inferior (tanto considerando el uso directo e indirecto de insumos digitales).

La comparación de la intensidad de insumos digitales intermedios de países latinoamericanos con el de economías avanzadas provee una perspectiva de un posible avance en la capacidad de agregar valor a la producción doméstica si se progresa en términos de digitalización de la producción (ver gráfico 10).

La comparación entre América Latina y las economías avanzadas en casi todos los casos demuestra el rezago de la región en términos de transformación digital a nivel sectorial. Sin embargo, corresponde resaltar tres sectores donde el porcentaje de insumos digitales intermedios es mayor en América Latina que en los países avanzados: construcción, servicios financieros, y bienes raíces. Hay tres hipótesis posibles que explicarían este resultado:

- i) El análisis desagregado incluido en las secciones siguientes demuestra que, si bien el porcentaje de insumos digitales intermedios es más alto a nivel del sector, la comparación a nivel de subsector revela resultados mayores para las economías avanzadas.
- ii) La estructura sectorial podría ser más concentrada en América Latina que en las economías avanzadas, con lo cual el nivel de digitalización es más alto.
- iii) La presencia de corporaciones multinacionales en la región puede estar determinando niveles más elevados de digitalización.

Gráfico 10
Porcentaje de insumos digitales intermedios directos: América Latina vs. países avanzados



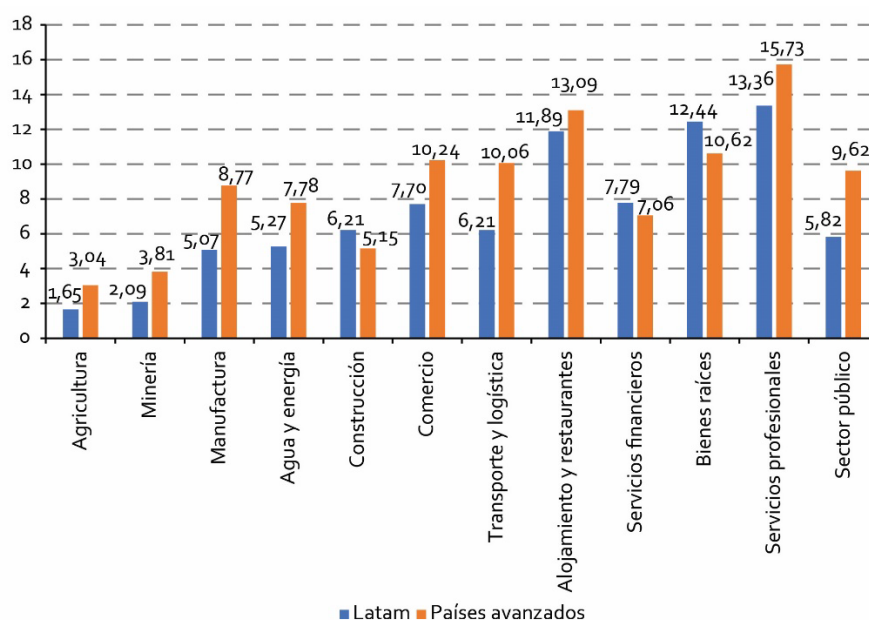
Fuente: Análisis del autor.

Independientemente de los resultados contraintuitivos en estos tres sectores, los resultados del análisis agregado de digitalización directa para los seis países latinoamericanos proveen una primera visión del desafío regional:

- Tres sectores fundamentales en términos de su contribución al producto bruto denotan un bajo nivel de digitalización (medida esta como porcentaje de insumos digitales intermedios).
- Tres sectores relacionados con la infraestructura también presentan un bajo nivel de digitalización.
- Los servicios profesionales y el sector de bienes raíces presentan un elevado nivel relativo de digitalización, aunque su contribución al PIB no es comparativamente elevada en relación con la manufactura y el sector público.

La comparación entre América Latina y las economías avanzadas en casi todos los casos se demuestra el rezago de la región en términos de transformación digital a nivel sectorial (ver gráfico 11).

Gráfico 11
Porcentaje de insumos digitales intermedios totales: América Latina vs. países avanzados



Fuente: Análisis del autor.

En resumen, la metodología de análisis del nivel de digitalización sectorial basado en las matrices de insumo producto ha demostrado ser útil en la confirmación de evidencia cualitativa (encuestas industriales, casos de estudio), así como en la posibilidad de identificar resultados contraintuitivos que deben ser investigados con mayor profundidad. Parte de ello será el objeto del análisis de encuestas industriales que será el objeto del capítulo siguiente.

II. Análisis de encuestas industriales

A. Metodología

El análisis de digitalización sectorial a partir de encuestas industriales ha sido basado en los siguientes insumos (ver cuadro 13).

Cuadro 13
Encuestas consideradas en el análisis

País	Encuestas	Organismo	Años analizados
Argentina	Encuesta Nacional sobre Innovación y Conducta Tecnológica (ENIT)	INDEC	2006, 2008
Brasil	TIC Empresas	CETIC	2014, 2019
Chile	Encuesta Longitudinal de Empresas (ELE)	INE	2013, 2014, 2018
Colombia	Indicadores básicos de TIC en empresas	DANE	2014, 2015, 2018
México	Censo Industrial	INEGI	2019

Fuente: Análisis del autor.

Nota: La encuesta de Argentina no se considera para el análisis dado que no existen datos recientes. Para el resto de los países, se considera la última encuesta disponible.

Las encuestas no son completamente consistentes en términos de las preguntas consideradas o los sectores analizados, con lo cual el análisis comparativo intersectorial debe ser realizado con cautela (cuadro 14).

Cuadro 14
Sectores analizados en las encuestas

País	Sectores analizados
Argentina (2008)	Industria manufacturera
Brasil (2019)	Industrias Manufactureras; Construcción; Transporte, Correo y Almacenamiento; Comunicaciones; Hoteles y restaurantes; Comercio; Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler; Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales
Chile (2018)	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; Explotación de minas y canteras; Industrias Manufactureras; Construcción; Comercio al por mayor y al por menor; Transporte y almacenamiento; Actividades de alojamiento y de servicio de comidas; Información y comunicaciones; Actividades financieras y de seguros; Actividades profesionales; científicas y técnicas; Suministro de electricidad, gas y agua; Actividades de servicios (Actividades inmobiliarias -Actividades de servicios administrativos y de apoyo); Otros servicios (Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas-Otras actividades de servicios)
Colombia (2018)	Industria Manufacturera Comercio; Correo y almacenamiento; Alojamiento; Restaurantes, catering y bares; Actividades de edición; Producción de películas y programación de TV y agencias de noticias; Telecomunicaciones; Sistemas informáticos y procesamiento de datos; Actividades inmobiliarias y de alquiler; Profesionales, científicas y técnicas; Agencias de viaje; Empleo, seguridad y aseo de edificios; Administrativas y de apoyo a oficina; Educación superior privada; Salud humana privada; Juegos de azar, actividades deportivas, recreativas y de esparcimiento; Otras actividades de servicios
México (2019)	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (solo Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales); Minería; Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final; Construcción; Industrias manufactureras; Comercio al por mayor; Comercio al por menor; Transportes, correos y almacenamiento; Información en medios masivos; Servicios financieros y de seguros; Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles; Servicios profesionales, científicos y técnicos; Corporativos; Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación; Servicios educativos; Servicios de salud y de asistencia social; Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos; Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas; Otros servicios excepto actividades gubernamentales

Fuente: ENIT (2008); Encuesta TIC Empresas de Cetic.br (2019), Encuesta Longitudinal de Empresas (ELE) (2018); Indicadores básicos de TIC en empresas del DANE (2018) y Censo Industrial del INEGI (2019).

De la misma manera, las preguntas de cada encuesta no son totalmente consistentes, lo que requirió cierta normalización con fines comparativos (cuadro 15).

Cuadro 15
Preguntas analizadas en las encuestas y estandarización

Pregunta en el índice	Pregunta original	Normalización
Porcentaje de empresas que poseen computador	Ch: Posee computador (Fijo o portátil)	Se considera para computador ambos tipos (fijo y portátil)
	Col: Uso de computador	Se considera el uso de computador, ante falta de información sobre tenencia
Porcentaje de empresas que poseen Internet	Col: Usan Internet	Se considera el uso, ante falta de información sobre tenencia
Porcentaje de empleados usando internet	Br: Proporción de empleados usando rutinariamente internet, sobre empresas con computador	Se vuelve a ponderar para considerar el porcentaje sobre el total de empresas
Uso de Internet para Contratación interna o externa	Ch: Uso de redes sociales para Reclutamiento de trabajadores	Se considera en ese caso el reclutamiento por redes sociales, antes la falta de una pregunta más específica
Uso de Internet para interactuar con sus proveedores	Mx: Internet para Realizar la gestión del negocio	Se considera en este caso esta pregunta similar, ante la falta de una pregunta más específica
Uso de plataforma para comprar insumos	Ch: Compras por internet (página web o aplicaciones móviles)	Se considera en este caso esta pregunta similar, ante la falta de una pregunta más específica
Tenencia de Página Web	Br: Porcentaje de empresas con presencia en la web, sobre % de empresas con internet	Se vuelve a ponderar para considerar el porcentaje sobre el total de empresas
Tenencia de Paquete informático ERP (Enterprise Resource Planning)	Br: Uso de software ERP	Se considera uso, dado que no se posee información sobre tenencia

Fuente: Encuesta TIC Empresas de Cetic.br (2019), Encuesta Longitudinal de Empresas (ELE) (2018); Indicadores básicos de TIC en empresas del DANE (2018) y Censo Industrial del INEGI (2019).

El análisis fue realizado en dos etapas. En primer lugar, se analizaron respuestas individuales normalizadas (por ejemplo, porcentaje de uso de Internet por sector y dimensión de empresa). En segundo lugar, se categorizaron las respuestas individuales en términos de los tres estadios clásicos de la cadena de valor:

- i) **Insumos:** este conjunto de procesos incluye la adquisición de materias primas y componentes a partir de procesos de compra y gestión de cadenas de aprovisionamiento y logística. El grado de digitalización de insumos estudia la asimilación de plataformas y sistemas de transmisión y procesamiento de información para reducir los costos de transacción incurridos en la compra, gestión de inventario, y logística;
- ii) **Procesamiento:** procesos internos utilizados por sectores industriales dentro de su propio ecosistema para transformar los insumos en productos a ser ofrecidos en el mercado. En este caso, se estudia el nivel de automatización de procesos internos así también como la interacción con firmas que proveen servicios y/o componentes al proceso de transformación de la materia prima. En este caso, la digitalización incluye la asimilación de plataformas *business to business*, así como la adopción de sistemas de planificación de producción interna, como el denominado *Enterprise Resource Planning*;
- iii) **Distribución:** venta y entrega (incluyendo logística) de productos al mercado. La digitalización ejerce en este caso un impacto positivo resultando de la adopción de nuevas plataformas de señalización de precios (publicidad digital), costos de distribución, y logística (transporte, almacenamiento, etc.). Por un lado, el precio del producto a ser ofrecido en el mercado puede incrementarse como resultado de una mejor señalización al mercado potencial. Por el otro, los costos de distribución pueden reducirse como resultado de una optimización de los canales de venta.

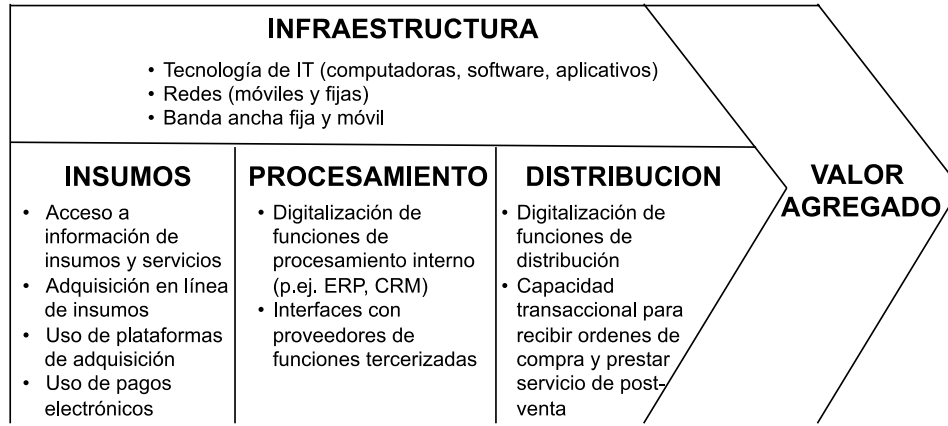
A estos tres procesos verticales de la cadena de valor, se agrega un proceso horizontal que incluye la adquisición de tecnología por la empresa. Basada en los componentes esenciales de computación, banda ancha fija de alta velocidad y comunicaciones móviles de voz y datos, la digitalización de infraestructura incluye servicios en la nube (*Cloud-based infrastructure*), aplicaciones para el análisis de comportamiento del cliente, el despliegue de sensores en los procesos de producción (*Internet of Things*), y el monitoreo de operaciones.

La combinación de los procesos de la cadena de valor permite reducir los costos de producción y aumentar la voluntad de pago del consumidor, con lo que se incrementa la creación de valor económico. Estos cuatro procesos pueden ser conceptualizados de acuerdo con una cadena de valor estilizada (ver diagrama 3). A estos cuatro procesos luego se les añade las tecnologías más avanzadas clasificadas en “avanzadas”, “funciones del sitio web”, “instalaciones o procedimientos internos de seguridad” y “teletrabajo”.

La diferenciación entre “infraestructura” (proceso horizontal) y los tres procesos verticales permite distinguir la adquisición de tecnología digital de su asimilación en el proceso productivo. En otras palabras, esta distinción da una idea de la necesidad de acumular capital intangible para incorporar la tecnología adquirida en cada uno de los procesos productivos. Al mismo tiempo, el análisis de digitalización por proceso productivo (primer nivel) nos permite extraer conclusiones a partir del estudio comparado por sector industrial.

Posteriormente, también se añade información sobre cuatro niveles avanzados en cuanto a utilización de tecnología por las empresas que afecta a todos los estadios de la cadena de valor planteada previamente: tecnologías avanzadas, funciones del sitio web, instalaciones o procedimientos internos de seguridad y teletrabajo.

Diagrama 3
Cadena de valor



Fuente: Análisis del autor.

El análisis de la cadena de valor permite organizar en un índice la información básica de dichas encuestas (ver cuadro 16).

Cuadro 16
Categorización de preguntas de encuestas industriales

Estadio	Preguntas
Infraestructura	Porcentaje de empresas que poseen computador Porcentaje de empresas que poseen Internet
Procesamiento	Porcentaje de empleados usando computador Porcentaje de empleados usando internet Uso de Internet para Enviar y recibir correos electrónicos y mensajería instantánea Uso de internet para VoIP o videoconferencias Uso de Internet para para monitoreo del mercado Uso de Internet para Interactuar con organizaciones gubernamentales Uso de Internet para Capacitación de personal Uso de Internet para Contratación interna o externa
Insumos	Uso de Internet para Obtener información de bienes y servicios Uso de Internet para Obtener información de organismos del Estado Uso de Internet para Realizar trámites en bancos u otras instituciones financieras Uso de Internet para Interactuar con sus proveedores Porcentaje de compras a través de comercio electrónico Uso de plataforma para comprar insumos
Distribución	Uso de Internet para ofrecer servicios al cliente Tenencia de Página Web Uso de redes sociales Uso de Internet para entregar productos o servicios en formato digital Uso de Internet para Interactuar con sus clientes Porcentaje de la facturación que viene de internet Uso de plataforma para vender productos
Avanzadas	Tenencia de Paquete informático ERP (Enterprise Resource Planning) Tenencia de Software de ventas, marketing y gestión de clientes Tenencia de Software de cloud computing Empresas que pagaron por servicios en la nube, email en la nube Empresas que pagaron por servicios en la nube, Almacenamiento de archivos o banco de datos en la nube Empresas que pagaron por servicios en la nube, Capacidad de computación en la nube Empresas que realizan análisis de Big Data Empresas con uso de robots industriales Empresas que realizan impresiones 3D Porcentaje de Empresas con área o departamento de TI Tenencia de Software de seguridad informática

Estadio	Preguntas
Funciones del sitio web	Catálogo de producto en web Lista de precios en web Ofrecer servicio de postventa Personalización o customización de productos o servicios para clientes Seguimiento o estatus de pedidos realizados Contenido personalizado para visitantes habituales
Instalaciones o procedimientos internos de seguridad	Autenticación de contraseña segura Identificación y autenticación de usuarios a través de token o dispositivo electrónico Identificación y autenticación de usuarios a través de métodos biométricos Copia de seguridad de datos (Disco duro externo, cloud computing) Sistema de detección de intrusos (incluye spam)
Teletrabajo	Empresas con programa de teletrabajo Empresas con teletrabajo total o autónomo Empresas con teletrabajo parcial o suplementario Empresas con teletrabajo móvil

Fuente: Análisis del autor.

Una vez recopilada la información de los censos industriales por categoría, se calcula el índice de digitalización de procesos productivos por sector industrial y país (ver diagrama 4).

Para la construcción de un índice, es necesario poder contar con información completa de todos los componentes que forman parte de este. En caso de que no se cumpla este requisito, los resultados pueden estar sesgados hacia la baja en los países/sectores donde se cuenta con valores omitidos en caso de que estos se consideren con un valor de 0. Por otro lado, en el potencial caso de que las observaciones con valores omitidos no se consideren para la construcción del índice, se genera la problemática de que el mismo estará conformado por diferentes componentes entre países/sectores, lo que puede sesgar a la baja los resultados en caso de que el dato omitido tenga un promedio alto en los países/sectores con información, o lo puede sobreestimar en caso de que el dato omitido tenga un promedio bajo en los países/sectores con información.

Para evitar la problemática mencionada en relación con los valores omitidos, los mismos son estimados para cada país y sector en base a los datos disponibles. Para el país *i* y el sector *j*, en caso de que sea un dato omitido es estimado considerando:

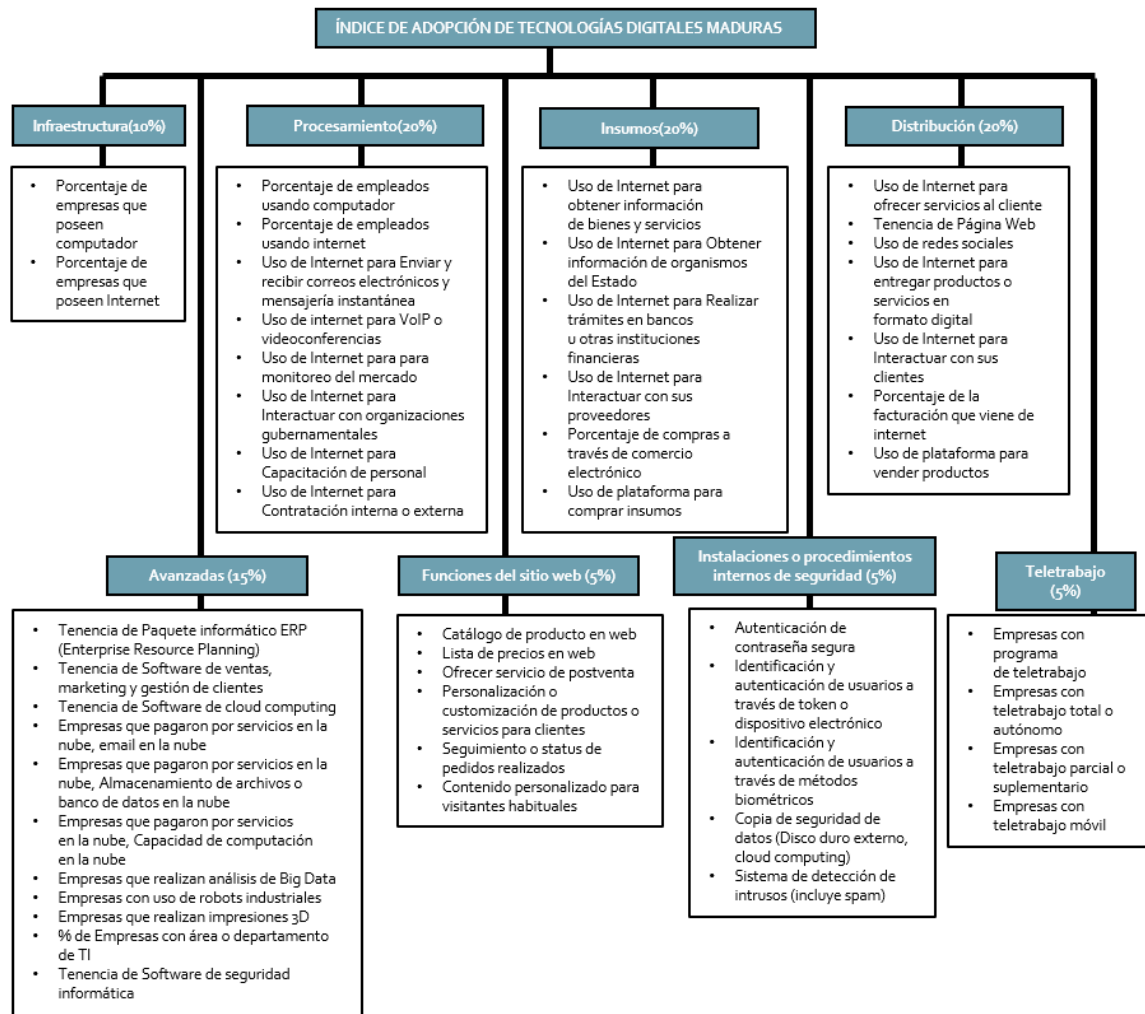
- la brecha existente entre el promedio de todos los sectores entre el país *i* y los países que poseen información para el sector *j*
- la brecha existente entre el promedio del sector *j* (para los países con información del sector *j*) y el promedio de todos los sectores para esos mismos países

De este modo se considera para la estimación de esos valores omitidos las dos posibles fuentes de información para la misma pregunta: la brecha intersectorial y la brecha entre países, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Estimación} = \frac{\text{Promedio intersectorial para el país } i * \text{Promedio de todos los países para el sector } j}{\text{Promedio intersectorial de todos los países con información para el sector } j}$$

En los casos de que el cálculo mencionado no sea factible de realizar dado que no se posee ninguna respuesta para esa pregunta y sector en ninguno de los 4 países, en lugar de considerarse la brecha intersectorial para esa pregunta, se toma la brecha intersectorial para el promedio de preguntas dentro del mismo pilar.

Diagrama 4
Estructura del índice de adopción de tecnologías digitales maduras



Fuente: Análisis del autor.

B. Resultados comparados de adopción tecnológica

La siguiente comparación debe ser interpretada con cautela por los siguientes temas metodológicos:

- Los valores de México están basados en un censo industrial y no en una encuesta con lo cual la fiabilidad estadística es más ajustada que en el resto de los países: sistemáticamente, los datos de adopción de México van a ser más bajos que en los otros países.
- La encuesta industrial de Chile es más profunda en lo que se refiere a las macroempresas, considerando como valor de discriminación por categoría la facturación. Si bien se ha hecho un esfuerzo particular en excluir las empresas más pequeñas de la muestra chilena, cierto sesgo estadístico puede seguir existiendo, reduciendo los valores agregados.

En este sentido, la interpretación más valiosa es aquella que presenta la adopción de tecnologías digitales comparada entre sectores industriales por país. De todas maneras, el siguiente cuadro presenta una primera aproximación de adopción comparada para agricultura, manufactura y transporte en ciertas áreas de digitalización (ver cuadro 17).

El análisis comparado por países no es necesariamente el más preciso debido a las dificultades de normalización. Sin embargo, se puede determinar que, en términos de adopción de tecnologías digitales, el sector manufacturero está en una posición más avanzada en relación con la agricultura y el transporte y almacenamiento. En el terreno de tecnologías digitales avanzadas, las encuestas de Brasil y Chile (las únicas que analizan estos datos) demuestran una situación menos consistente: el sector de transporte y almacenamiento presenta una penetración más elevada que la agricultura y manufactura, mientras que la manufactura revela una mayor penetración de sistemas robóticos.

Cuadro 17
Resultados comparados
(Porcentaje de empresas)

Adopción	Agricultura				Manufactura				Transporte y almacenamiento			
	Brasil	Chile	Colombia	México	Brasil	Chile	Colombia	México	Brasil	Chile	Colombia	México
Computador	--	87,40	--	--	98,00	96,46	99,59	84,44	95,00	89,62	98,25	75,34
Internet	--	61,00	--	--	99,00	84,11	99,56	82,44	98,00	74,62	99,22	72,89
Banca	--	70,30	--	--	93,06	75,25	96,18	71,78	92,12	67,44	98,25	63,84
Digitalización de compras de	--	18,03	--	--	69,30	24,42	76,47	69,30	64,68	15,72	72,51	--
Venta de	--	4,34	--	--	67,32	9,81	75,07	--	44,10	4,38	61,99	--
Software ERP	--	12,56	--	--	33,32	16,20	--	--	30,40	14,40	--	--
Computación	--	4,34	--	--	24,75	8,43	--	--	28,42	5,47	--	--
Big data	--	--	--	--	3,90	--	--	--	4,92	--	--	--
Robótica	--	--	--	--	4,68	--	--	--	0,82	--	--	--
Teletrabajo	--	--	--	--	--	--	7,77	--	--	--	10,53	--

Fuente: Encuestas Industriales; Análisis del autor.

Nota: Color señala subsector más alto en cada país.

El análisis sectorial comparado para cada país provee más información sobre las diferencias relevantes (ver cuadro 18).

Cuadro 18
Brasil: análisis sectorial
(Porcentaje de empresas)

	Agricultura	Minería	Electricidad	Manufactura	Construcción	Transporte	Comunicaciones	Hotelería	Salud	Educación	Otros
Computador	N/D	N/D	N/D	98	94	95	94	97	N/D	N/D	95
Internet	N/D	N/D	N/D	99	96	98	100	91	N/D	N/D	98
Banca electrónica	N/D	N/D	N/D	93	90	92	93	77	N/D	N/D	86
Internet para comprar insumos	N/D	N/D	N/D	69	66	65	84	59	N/D	N/D	75
Proveer servicios a clientes	N/D	N/D	N/D	70	60	62	85	61	N/D	N/D	75
Canal de distribución electrónico	N/D	N/D	N/D	43	47	40	80	37	N/D	N/D	48

	Agricultura	Minería	Electricidad	Manufactura	Construcción	Transporte	Comunicaciones	Hotelería	Salud	Educación	Otros
Software ERP	N/D	N/D	N/D	33	24	30	52	13	N/D	N/D	24
Computación en la nube	N/D	N/D	N/D	25	26	28	44	19	N/D	N/D	25
Big data	N/D	N/D	N/D	4	3	5	18	2	N/D	N/D	6
Robótica	N/D	N/D	N/D	5	1	1	2	0	N/D	N/D	1
Impresión 3D	N/D	N/D	N/D	4	2	1	5	2	N/D	N/D	2
Personalización de servicios a clientes	N/D	N/D	N/D	24	15	16	39	22	N/D	N/D	24
Identificación y autenticación de usuarios a través de token o dispositivo electrónico	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Programa de teletrabajo	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color naranja representa primer sector más alto, color lila, segundo sector más alto.

Como es de esperar, el sector de comunicaciones brasilero es el que demuestra de manera consistente un más alto nivel de adopción de tecnologías digitales. Sin embargo, la manufactura presenta el segundo nivel más alto, y aun en algunos casos es el sector líder (como es lógico en robótica industrial, pero también computación). A nivel de tecnologías específicas, el uso de computación excede el 94% de empresas en todos los sectores, mientras que el acceso a Internet es siempre más alto que el 91%. El porcentaje de adopción disminuye en las otras tecnologías.

Las estadísticas para Chile presentan un mayor nivel de desagregación sectorial pero menos discriminación por tecnología (ver cuadro 19).

Cuadro 19
Chile: análisis sectorial
(Porcentaje de empresas)

	Agricultura	Minería	Electricidad	Manufactura	Construcción	Transporte	Comunicaciones	Hotelería	Salud	Educación	Otros
Computador	87	91	88	96	97	90	96	92	N/D	N/D	95
Internet	61	68	92	84	84	75	92	73	N/D	N/D	84
Banca electrónica	70	64	81	75	78	67	85	56	N/D	N/D	67
Internet para comprar insumos	18	18	19	24	31	16	43	25	N/D	N/D	21
Proveer servicios a clientes	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Canal de distribución electrónico	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Software ERP	13	19	61	16	18	14	32	4	N/D	N/D	16
Computación en la nube	4	10	29	8	9	5	36	9	N/D	N/D	7
Big data	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Robótica	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Impresión 3D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Personalización de servicios a clientes	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Identificación y autenticación de usuarios a través de token o dispositivo electrónico	6	10	29	7	7	7	13	9	N/D	N/D	9
Programa de teletrabajo	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color naranja representa primer sector más alto, color lila, segundo sector más alto.

	Agricultura	Minería	Electricidad	Manufactura	Construcción	Transporte	Comunicaciones	Hotelería	Salud	Educación	Otros
Impresión 3D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Personalización de servicios a clientes	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Identificación y autenticación de usuarios a través de token o dispositivo electrónico	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Programa de teletrabajo	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color naranja representa primer sector más alto, color lila, segundo sector mas alto.

En resumen, las estadísticas industriales permiten extraer las siguientes conclusiones:

- En términos de adopción de tecnologías digitales maduras, el sector manufacturero presenta un porcentaje de penetración más elevado que el transporte & almacenamiento y la agricultura; esto ocurre en las estadísticas industriales de Brasil, Chile, Colombia y México.
- En el terreno de tecnologías digitales avanzadas, las encuestas de Brasil y Chile (las únicas que analizan estos datos) demuestran una situación menos consistente: el sector de transporte & almacenamiento presenta una penetración más elevada que la agricultura y manufactura en el porcentaje de empresas brasileñas adoptantes de computación en la nube y *big data*, aunque esta situación se revierte hacia la manufactura en el caso de la robótica. Esto es consistente con la manufactura chilena.
- La situación en empresas brasileñas indica que el uso de computación excede el 94% de empresas en todos los sectores, mientras que el acceso a Internet es siempre superior al 91%. El porcentaje de adopción disminuye para las tecnologías avanzadas como robótica (menos del 5% en manufactura), e impresión tri-dimensional (menos del 3% en comunicaciones).
- En el caso de Chile, más allá del sector de Comunicaciones los sectores de Agua, Electricidad y Saneamiento y Manufactura demuestran un elevado nivel relativo de adopción tecnológica, especialmente en uso de Internet, software ERP y computación en la nube.
- En Colombia, se registra un nivel homogéneo de adopción de computadoras (superior al 99%) y uso de internet (100%), aunque la digitalización de la cadena de suministros es más reducida (76% en el caso de manufactura).
- Las estadísticas limitadas para México confirman el elevado nivel de adopción tecnológica del sector de comunicaciones aunque proveen un alto valor para la industria de la construcción (penetración más alta en el uso de computadores, internet y banca electrónica).

C. Resultados comparados de digitalización por estadio de la cadena de valor

A partir de la metodología especificada en el apartado II-A, la información presentada para cada país fue usada para analizar el nivel de digitalización por estadio de la cadena de valor. Los resultados de este análisis demuestran la diferencia entre adopción tecnológica y digitalización de procesos productivos. De manera sistemática, en todos los países el índice de digitalización de infraestructura (el cual incluye la adquisición de tecnología por las empresas) es siempre más elevado que el de los otros estadios de la cadena de valor que formalizan procesos de negocio como la cadena de suministros, las operaciones internas o la distribución de productos al mercado.

Por ejemplo, en el caso de Brasil, reflejando la elevada adopción de tecnologías digitales ya demostrada en el apartado anterior, el índice de digitalización de infraestructura excede el valor de 80. Sin embargo, la agricultura presenta el índice más bajo comparado con todos los otros sectores (81). Asimismo, el sector de agricultura registra los índices más bajos en la digitalización de procesos productivos (ver cuadro 22).

En lo referido al índice de digitalización por tipo de tecnología y casos de uso, es importante remarcar los bajos niveles de preparación para el apoyo de teletrabajo a lo largo de todo el aparato productivo brasilero, así como el bajo índice de instalaciones y procedimientos de ciberseguridad en el sector de transporte.

Cuadro 22
Brasil: índice sectorial de digitalización de la cadena de valor (1-100)

	Agricultura	Minería	Electricidad	Manufactura	Construcción	Transporte	Comunicaciones	Hotelería	Salud	Educación	Otros	
Digitalización por estadio de la cadena de valor												
Infraestructura	81	92	98	99	95	97	97	94	86	98	97	
Procesamiento		45	48	68	55	56	57	76	48	65	71	62
Insumos		58	60	73	69	70	66	76	59	60	70	66
Distribución		40	43	57	63	53	50	77	53	61	75	61
Digitalización por tipo de tecnología y casos de uso												
Adopción de tecnologías digitales avanzadas		18	23	39	24	21	23	44	15	21	24	25
Funciones del sitio web		15	18	26	26	18	20	42	25	20	23	28
Instalaciones o procedimientos internos de ciberseguridad		32	41	82	39	36	26	64	30	33	37	36
Teletrabajo		5	5	6	5	5	6	17	5	6	7	6
Índice total		42	46	61	54	52	50	68	47	52	60	54

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color naranja representa primer sector más alto, color rojo, sector más bajo.

Pasando al caso chileno, el nivel de digitalización por estadio de la cadena de valor es similar al brasilero, excepto que el sector de electricidad presenta el valor más elevado en el caso de la cadena suministros, y el de hotelería el más bajo. En lo referido a la digitalización tecnología, nuevamente llama la atención el bajo índice de digitalización en ciberseguridad para el sector de transporte y el bajo nivel de tecnología adecuadas para apoyar el teletrabajo (ver cuadro 23).

El caso de Colombia presenta una consistencia con Brasil y Chile, excepto que la agricultura es el sector con un nivel de digitalización más bajo en relación con el resto de la economía, mientras que el sector de la construcción registra valores elevados más allá del de las comunicaciones. Nuevamente, el sector del transporte presenta el índice más bajo de instalaciones o procedimientos internos de ciberseguridad, mientras que el conjunto del sistema productivo no demuestra un nivel elevado de preparación para apoyar el teletrabajo (ver cuadro 24).

Cuadro 23
Chile: índice sectorial de digitalización de la cadena de valor (1-100)

	Agricultura	Minería	Electricidad	Manufactura	Construcción	Transporte	Comunicaciones	Hotelería	Salud	Educación	Otros
Digitalización por estadio de la cadena de valor											
Infraestructura	74	80	90	90	91	82	94	82	76	86	90
Procesamiento	40	40	50	44	46	45	59	45	51	56	47
Insumos	44	41	60	50	54	40	60	39	41	48	43
Distribución	25	28	38	36	32	29	49	37	37	44	39
Digitalización por tipo de tecnología y casos de uso											
Tecnologías digitales avanzadas	9	12	21	12	11	11	25	9	11	12	13
Funciones del sitio web	14	17	25	24	17	17	39	23	18	21	26
Instalaciones o procedimientos internos de ciberseguridad	17	21	53	20	19	14	35	16	17	19	19
Teletrabajo	3	3	3	2	3	3	9	2	3	4	3
Índice total	32	33	46	39	39	34	51	36	37	42	39

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color naranja representa primer sector más alto, color rojo, sector más bajo.

Cuadro 24
Colombia: índice sectorial de digitalización de la cadena de valor (1-100)

	Agricultura	Minería	Electricidad	Manufactura	Construcción	Transporte	Comunicaciones	Hotelería	Salud	Educación	Otros
Digitalización por estadio de la cadena de valor											
Infraestructura	83	93	99	100	100	99	99	100	100	100	99
Procesamiento	55	60	79	63	69	74	88	69	82	89	74
Insumos	66	67	79	75	80	72	82	73	72	79	72
Distribución	36	40	53	58	49	56	74	66	60	72	60
Digitalización por tipo de tecnología y casos de uso											
Tecnologías digitales avanzadas	18	23	39	23	21	22	45	16	24	24	25
Funciones del sitio web	20	26	36	36	25	27	58	35	32	32	39
Instalaciones o procedimientos internos de ciberseguridad	31	41	82	39	36	26	63	30	37	37	36
Teletrabajo	5	5	5	5	6	6	17	5	6	7	6
Índice total	45	50	64	57	56	57	72	57	60	65	59

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color naranja representa primer sector más alto, color rojo, sector más bajo.

Finalmente, como se nota en el caso colombiano, el sector de la construcción en México registra el más alto nivel de digitalización de infraestructura y de procesos relacionados con la cadena de suministros, mientras que el sector salud presenta el más bajo nivel de digitalización de infraestructura y compra de insumos. En la digitalización de procesamiento (o sea operaciones) y distribución, la agricultura demuestra el índice más bajo.

De manera consistente con los otros países, el sector transporte registra el nivel más bajo del índice de instalaciones y procedimientos internos de ciberseguridad, mientras que el sector de manufactura presenta el índice más alto. Finalmente, se observan los bajos índices de tecnologías dedicadas a apoyar el teletrabajo (ver cuadro 25).

Cuadro 25
México: índice sectorial de digitalización de la cadena de valor (1-100)

	Agricultura	Minería	Electricidad	Manufactura	Construcción	Transporte	Comunicaciones	Hotelería	Salud	Educación	Otros
Digitalización por estadio de la cadena de valor											
Infraestructura	69	81	84	83	96	74	93	81	64	85	69
Procesamiento	32	37	48	40	45	42	55	39	46	52	43
Insumos	42	48	54	53	63	48	58	48	41	54	43
Distribución	27	31	41	43	37	37	55	43	41	54	44
Digitalización por tipo de tecnología y casos de uso											
Tecnologías digitales avanzadas	11	15	26	16	14	15	30	11	12	16	16
Funciones del sitio web	13	17	24	24	17	17	38	23	15	21	26
Instalaciones o procedimientos internos de ciberseguridad	21	27	67	26	24	17	44	20	18	24	24
Teletrabajo	3	4	4	3	4	4	11	3	4	5	4
Índice total	31	36	46	40	43	37	52	38	36	45	38

Fuente: Análisis del autor.

Nota: Color naranja representa primer sector más alto, color rojo, sector más bajo.

En resumen, el análisis de digitalización por estadio de la cadena de valor y casos de uso permite extraer las siguientes conclusiones:

- En todos los países analizados el índice de digitalización de infraestructura (el cual incluye la adquisición de tecnología por las empresas) es siempre más elevado que el de los otros estadios de la cadena de valor que representan procesos de negocio como la cadena de suministros, las operaciones internas o la distribución de productos al mercado. Esta diferencia es explicada por rezagos en la acumulación de capital intangible. Este es definido como los activos desarrollados o gestionados internamente por una empresa y que, por lo tanto, no son adquiridos en el mercado (diferencia entre un programa de software desarrollado internamente y una computadora). Bajo esta definición, el capital intangible está compuesto por cinco elementos: i) Capital organizacional (combinación de procesos de negocio, estructura organizativa, y métodos de gerenciamiento de la firma que permite la asimilación productiva de la inversión en tecnologías digitales); ii) Investigación y Desarrollo; iii) Capacitación de la fuerza de trabajo; iv) capacidad de innovación y v) desarrollo de capital humano. De esta manera, el capital intangible representa la capacidad de una empresa para implementar tecnología de manera productiva, por ejemplo, reorganizando sus procesos de negocio, reestructurando su organización, y capacitando la fuerza de trabajo.
- En la mayoría de los países analizados, el sector de agricultura registra los índices más bajos de digitalización de procesos productivos.
- En lo referido al índice de digitalización por tipo de tecnología y casos de uso, es importante remarcar los bajos niveles de preparación para el apoyo de teletrabajo en todos los sectores de los países estudiados, lo que denota una falta de preparación de la economía para apoyar situaciones de emergencia sanitaria como lo es el caso de la pandemia.
- El bajo índice de instalaciones y procedimientos de ciberseguridad en el sector de transporte, registrado en todos los países estudiados, indica un área de vulnerabilidad de sistemas económicos que debe ser abordada para aumentar la resiliencia de los aparatos productivos.

Habiendo completado el análisis de digitalización sectorial a partir de encuestas industriales, pasaremos ahora a estudiar la relación entre ambos cuerpos de evidencia empírica.

III. Análisis integrado de resultados de las matrices de insumo producto y las encuestas industriales

Las metodologías presentadas en los capítulos I y II miden dimensiones distintas de la digitalización sectorial. La primera, basada en las matrices de insumo producto, analiza la digitalización a partir del porcentaje de insumos intermedios directos e indirectos que son categorizados como digitales (es decir provenientes de sectores digitales, como las telecomunicaciones). La segunda dimensión mide la digitalización sectorial a partir de un índice de digitalización por estadio de la cadena de valor sectorial construido a partir de la adopción de tecnologías digitales. En teoría, ambas dimensiones deben presentar cierta correlación: a mayor intensidad en el uso de tecnologías digitales, más alto debería ser el porcentaje de insumos digitales indirectos. Sin embargo, esta correlación puede no ser absoluta. Como se indica en el capítulo II, todos los sectores económicos registran un alto nivel de digitalización de infraestructura, mientras que la digitalización de procesos productivos (adquisición de insumos o cadena de suministros, procesamiento u operaciones, y distribución al mercado) presenta cierta varianza.

Examinemos el caso de Brasil. El cuadro 26 ubica a cada sector industrial a partir de las dos dimensiones (nota: los sectores de Comercio, Bienes raíces, Servicios financieros y Sector público no pueden ser categorizados por falta de información en una de las dos dimensiones). El valor de este cuadro permite profundizar en los aspectos más importantes que determinan el nivel de digitalización bajo o alto de un sector económico particular. Por ejemplo, la baja digitalización de la agricultura brasilera estaría basada principalmente en dos estadios de la cadena de valor con más baja digitalización: operaciones (es decir, siembra, irrigación, y cosecha) y distribución (es decir el despliegue de canales de acceso al mercado). Por otro lado, la digitalización de la cadena de suministros (insumos), si bien presenta oportunidades de avance, no sería uno de los estadios más críticos en la determinación de la digitalización de la agricultura. La misma conclusión podría aplicarse al sector minero. Por otra parte, el sector manufacturero presenta un nivel de digitalización cercano al de la agricultura, aunque el énfasis de una agenda a nivel de la cadena de valor es en todos los estadios: insumos, procesamiento y distribución.

Como es obvio, este tipo de conclusiones debe ser validada con investigaciones rigurosas enfocadas en el sector. La metodología provee un marco de análisis que permite generar hipótesis de partida en el diagnóstico de digitalización de la producción.

Cuadro 26
Brasil: digitalización sectorial

		Digitalización sectorial (medida por insumos digitales como porcentaje de insumos intermedios totales)				
		-2%	2%-4%	4%-6%	6%-8%	8%-10%
Digitalización de la cadena de valor (medida por índice de adopción de tecnologías digitales)	0-25					
	25-50	Agricultura (procesamiento)	Alojamiento y restaurantes (procesamiento)			
		Agricultura (distribución)				
	50-75	Minería (procesamiento)				
		Minería (distribución)				
		Agricultura (insumos)	Alojamiento y restaurantes (insumos)	Construcción (procesamiento)	Servicios profesionales (procesamiento)	
		Minería (insumos)	Transporte y logística (procesamiento)	Construcción (insumos)	Servicios profesionales (insumos)	
		Manufactura (procesamiento)	Transporte y logística (insumos)	Construcción (distribución)	Servicios profesionales (distribución)	
	75-100	Manufactura (distribución)	Transporte y logística (distribución)			
		Manufactura (insumos)				
		Manufactura (infraestructura)	Alojamiento y restaurantes (infraestructura)	Construcción (infraestructura)	Servicios profesionales (infraestructura)	
		Agricultura (infraestructura)	Alojamiento y restaurantes (distribución)			
	Minería (infraestructura)	Transporte y logística (infraestructura)				
		Construcción (Infraestructura)				

Fuente: Análisis del autor.

Una segunda aplicación de este tipo de análisis es la posibilidad de comparar dos economías, identificando diferencias en la formulación de metas y planes en una agenda de digitalización de la producción. Por ejemplo, comparemos el cuadro 26 para Brasil con el 27 construido para México. En este caso, más allá del sector servicios, es evidente que la agenda de digitalización de la producción en este país debe abarcar el conjunto de estadios de la cadena de valor en los sectores de agricultura, minería, transporte y logística, construcción y manufactura.

El caso chileno presenta también ciertas especificidades: todos los sectores analizados han alcanzado altos niveles de desarrollo en el estadio de infraestructura (con excepción de agricultura que sin embargo tiene un nivel elevado también). Es así como el punto central de la agenda debería plantearse alrededor de la digitalización de procesos productivos, con la salvedad posible de la cadena de suministros de la agricultura (ver cuadro 28).

Cuadro 27
México: digitalización sectorial

		Digitalización sectorial (medida por insumos digitales como porcentaje de insumos intermedios totales)				
		-2%	2%-4%	4%-6%	6%-8%	8%-10%
Digitalización de la cadena de valor (medida por índice de adopción de tecnologías digitales)	0-25	Agricultura (procesamiento)			Alojamiento y restaurantes (procesamiento)	Servicios profesionales (procesamiento)
		Agricultura (insumos)			Alojamiento y restaurantes (Insumos)	Servicios profesionales (Insumos)
	Agricultura (Distribución)			Alojamiento y restaurantes (distribución)	Servicios profesionales (distribución)	
	25-50	Minería (procesamiento)				
		Minería (distribución)				
	50-75	Transporte y logística (Procesamiento)				
		Transporte y logística (insumos)				
		Transporte y logística (distribución)				
		Construcción (procesamiento)				
		Construcción (distribución)				
		Manufactura (Procesamiento)				
	75-100	Manufactura (Distribución)				
		Agricultura (infraestructura)				Servicios profesionales (infraestructura)
75-100	Transporte y logística (infraestructura)					
	Construcción (Insumos)					
	Manufactura (insumos)					
75-100	Minería (infraestructura)			Alojamiento y restaurantes (infraestructura)		
	Construcción (Infraestructura)					
	Manufactura (infraestructura)					

Fuente: Análisis del autor.

Cuadro 28
Chile: digitalización sectorial

		Digitalización sectorial (medida por insumos digitales como porcentaje de insumos intermedios totales)				
		-2%	2%-4%	4%-6%	6%-8%	8%-10%
Digitalización de la cadena de valor (medida por índice de adopción de tecnologías digitales)	0-25	Construcción (procesamiento)	Transporte y logística (Procesamiento)		Alojamiento y restaurantes (procesamiento)	
		Construcción (Distribución)	Transporte y logística (insumos)		Alojamiento y restaurantes (insumos)	
	25-50	Minería (procesamiento)	Transporte y logística (Distribución)		Alojamiento y restaurantes (Distribución)	
		Minería (Distribución)	Manufactura (Procesamiento)		Servicios profesionales (Insumos)	
	50-75	Agricultura (Procesamiento)	Manufactura (Distribución)		Servicios profesionales (procesamiento)	
		Agricultura (insumos)	Manufactura (Distribución)		Servicios profesionales (distribución)	
		Agricultura (distribución)				
	75-100	Construcción (insumos)	Manufactura (insumos)			
		Agricultura (Infraestructura)				
	75-100	Construcción (infraestructura)	Transporte y logística (infraestructura)		Alojamiento y restaurantes (infraestructura)	
		Minería (infraestructura)	Manufactura (infraestructura)		Servicios profesionales (infraestructura)	

Fuente: Análisis del autor.

IV. Conclusiones

El objetivo de este estudio ha sido detallar metodologías y presentar resultados relativos a la medición de la digitalización de procesos productivos por sector industrial en un sub-conjunto de países de América Latina y el Caribe (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú), y compararlos con una muestra de países avanzados (Estados Unidos, Alemania, el Reino Unido, Japón, Francia, Australia y Corea del Sur). Las metodologías usadas fueron dos: i) análisis de matrices de insumo producto de países para determinar el porcentaje de insumos indirectos adquiridos por cada sector que pueden relacionarse con el sector digital lo que permite inferir el nivel sectorial comparado de digitalización, y ii) medición del nivel de adopción de tecnologías digitales a partir de encuestas industriales realizadas por las autoridades estadísticas de países de la región. El análisis de matrices de insumo/producto consideró no solo los insumos digitales directos (es decir aquellos directamente provenientes de sectores digitales), sino también los indirectos (es decir, los insumos digitales de sectores que apoyan transversalmente el resto de la economía, como por ejemplo, la logística y el transporte).

En términos generales, el análisis de matrices de insumo/producto de América Latina confirma la hipótesis inicial que los sectores más intensos de procesamiento de información en tanto factor de producción (servicios profesionales, bienes raíces, comercio y servicios financieros) tienden naturalmente a adquirir una porción más alta de insumos digitales intermedios. Asimismo, se puede apreciar que la agricultura, minería, y manufactura, tres sectores prioritarios en términos de contribución al producto bruto latinoamericano, presentan un nivel de digitalización directa inferior. En contrapartida, el análisis de digitalización sectorial directa para el promedio ponderado de naciones avanzadas ofrece un posicionamiento similar para servicios profesionales (el primero), comercio (el tercero), y minería y agricultura (los últimos). Sin embargo, manufactura, transporte y logística presentan un nivel de digitalización más elevado en las naciones avanzadas que en el caso latinoamericano. En otras palabras, si bien la digitalización sectorial varía de manera consistente en función de consideraciones estructurales, las naciones avanzadas presentan un nivel de digitalización directa más elevada en sectores clave para la competitividad.

Las diferencias en el grado de digitalización sectorial entre países de América Latina indica que el proceso de transformación digital no está evolucionando de manera uniforme en la región. El análisis comparado permite generar algunas conclusiones preliminares que permiten validar la metodología de matrices de insumo producto:

- Con excepción de México, todos los países presentan el sector de servicios profesionales como aquel que adquiere el más alto porcentaje de insumos digitales intermedios.
- El sector de agricultura es aquel que presenta de manera consistente el más bajo porcentaje de adquisición de insumos digitales intermedios.
- La misma conclusión puede ser formulada para el sector de minería, con la única excepción de Chile donde el sector presenta un nivel relativamente más elevado de digitalización; esto es confirmado con la información cualitativa y estudios de caso de la transformación digital en curso de la minería en este país.
- El sector de bienes raíces presenta en todos los países de la muestra, con la notable excepción de la Argentina, un segundo lugar en términos del porcentaje de insumos digitales intermedios.
- El sector comercio presenta una varianza que puede ser validada con información anecdótica. Un país ubicado en una posición rezagada es Perú, cuyo desarrollo de comercio electrónico es inferior al de las otras naciones.
- En el caso de transporte y logística, México presenta una posición más avanzada que el resto de los países, lo que es consistente con los estudios de entes multilaterales.

La comparación entre América Latina y las economías avanzadas en términos de digitalización directa e indirecta también demuestra el rezago de la región en términos de transformación digital a nivel sectorial. Sin embargo, corresponde resaltar tres sectores donde el porcentaje de insumos digitales intermedios totales es mayor en América Latina que en los países avanzados: construcción, servicios financieros, y bienes raíces. Hay tres hipótesis posibles que explicarían este resultado:

- i) El análisis desagregado incluido en las secciones siguientes demuestra que si bien el porcentaje de insumos digitales intermedios es más alto a nivel del sector, la comparación a nivel de sub-sector revela resultados superiores para las economías avanzadas.
- ii) La estructura sectorial es más concentrada en América Latina que en las economías avanzadas, con lo cual el nivel de digitalización es más alto.
- iii) La presencia de corporaciones multinacionales en la región puede estar determinando niveles más elevados de digitalización.

Independientemente de los resultados contraintuitivos en estos tres sectores, el análisis agregado de digitalización directa para los seis países latinoamericanos provee una primera visión del desafío regional:

- Tres sectores fundamentales (agricultura, minería y manufactura) en términos de su contribución al producto bruto denotan un bajo nivel de digitalización.
- Tres sectores relacionados con la infraestructura (transporte y agua y energía) también presentan un bajo nivel comparado de digitalización. En el caso del transporte terrestre, este resultado confirma la hipótesis que aquellos sectores con una fragmentación de jugadores más elevada, combinada con una mayor dotación de Pymes presentan un nivel más bajo de digitalización de procesos productivos dado que estas últimas tienden a carecer de recursos para adquirir tecnología y, en muchos casos, de capital intangible (capacitación gerencial y de la fuerza de trabajo, habilidad para encarar la reingeniería de procesos) necesario para llevar adelante la transformación digital.

- Los servicios profesionales y el sector de bienes raíces presentan un elevado nivel relativo de digitalización, aunque su contribución al PIB no es comparativamente elevada en relación con la manufactura y el sector público.

El análisis de encuestas industriales fue realizado en dos etapas. En primer lugar, se analizaron respuestas individuales normalizadas (por ejemplo, porcentaje de uso de Internet por sector y dimensión de empresa). En segundo lugar, se categorizaron las respuestas individuales en términos de los tres estadios clásicos de la cadena de valor (aprovisionamiento de insumos o cadena de suministros, procesamiento u operaciones, y distribución al mercado).

En relación con la primera etapa de análisis, las estadísticas industriales han permitido extraer las siguientes conclusiones:

- En términos de tecnologías digitales maduras (informática de gestión, banda ancha, etc.) en Brasil, Chile, Colombia y México, el sector manufacturero presenta un porcentaje de penetración más elevado que el transporte & almacenamiento y la agricultura, lo que confirma las conclusiones del análisis de matrices de insumo producto.
- En el terreno de tecnologías digitales avanzadas (computación en la nube, sistemas robóticos), las encuestas de Brasil y Chile (las únicas que analizan estos datos) demuestran una situación menos consistente: el sector de transporte & almacenamiento presenta una penetración más elevada que la agricultura y manufactura en el porcentaje de empresas brasileñas adoptantes de computación en la nube y *big data*, aunque esta situación se revierte hacia la manufactura en el caso de la robótica. Esto es consistente con la manufactura chilena.
- La situación en empresas brasileñas indica que el uso de computación excede el 94% de empresas en todos los sectores, mientras que el acceso a Internet es siempre superior al 91%. El porcentaje de adopción disminuye para las tecnologías avanzadas como robótica (menos del 5% en manufactura), e impresión tri-dimensional (menos del 3% en comunicaciones).
- En el caso de Chile, más allá del sector de Comunicaciones los sectores de Agua, Electricidad y Saneamiento y Manufactura demuestran un elevado nivel relativo de adopción tecnológica, especialmente en uso de Internet, software ERP y computación en la nube.
- En Colombia, se registra un nivel homogéneo de adopción de computadoras (superior al 99%) y uso de internet (100%), aunque la digitalización de la cadena de suministros es más reducida (76% en el caso de manufactura).
- Las estadísticas limitadas para México confirman el elevado nivel de adopción tecnológica del sector de comunicaciones aunque proveen un alto valor para la industria de la construcción (penetración más alta en el uso de computadores, internet y banca electrónica).

El análisis de digitalización por estadio de la cadena de valor y casos de uso permite extraer las siguientes conclusiones:

- En todos los países analizados el índice de digitalización de infraestructura (el cual mide la adquisición de tecnología por las empresas) es siempre más elevado que el de los otros estadios de la cadena de valor que representan procesos de negocio como la cadena de suministros, las operaciones internas o la distribución de productos al mercado. Esta diferencia es explicada por rezagos en la acumulación de capital intangible. Este es definido como los activos desarrollados o gestionados internamente por una empresa y que, por lo tanto, no son adquiridos en el mercado (diferencia entre un programa de software desarrollado internamente y una computadora). Bajo esta definición, el capital intangible está compuesto por cinco elementos: i) Capital organizacional (combinación de procesos de

negocio, estructura organizativa, y métodos de gerenciamiento de la firma que permite la asimilación productiva de la inversión en tecnologías digitales); ii) Investigación y Desarrollo; iii) Capacitación de la fuerza de trabajo; iv) capacidad de innovación y v) desarrollo de capital humano. De esta manera, el capital intangible representa la capacidad de una empresa para implementar tecnología de manera productiva, por ejemplo, reorganizando sus procesos de negocio, reestructurando su organización, y capacitando la fuerza de trabajo.

- En la mayoría de los países analizados, el sector de agricultura registra los índices más bajos de digitalización de procesos productivos.
- En lo referido al índice de digitalización por tipo de tecnología y casos de uso, es importante remarcar los bajos niveles de preparación para el apoyo de teletrabajo en todos los sectores de los países estudiados, lo que denota una falta de preparación de la economía para apoyar situaciones de emergencia sanitaria como lo es el caso de la pandemia.
- El bajo índice de instalaciones y procedimientos de ciberseguridad en el sector de transporte, registrado en todos los países estudiados, indica un área de vulnerabilidad de sistemas económicos que debe ser abordada para aumentar la resiliencia de los aparatos productivos.

En resumen, los resultados del estudio han confirmado la utilidad de ambas tecnologías en apoyo del diagnóstico del estado de digitalización sectorial y su utilidad en el desarrollo de agendas y planes nacionales de digitalización de la producción.

Bibliografía

- América Economía (2019). *Cómo se transforma digitalmente Arauco, la segunda forestal más importante del mundo*. (Mayo 17).
- Banco Interamericano de Desarrollo (2018). Documento de Marco Sectorial de Agua y Saneamiento, Washington, DC, Diciembre, página 20.
- Banco Interamericano de Desarrollo. *Innovación en agua, saneamiento y residuos sólidos: Diagnóstico, perspectivas y oportunidades para América Latina y el Caribe*. IDB-TN-01974.
- Calatayud, A., Riobo, A., Katz, R., Basani, M., Irigoyen, J., Unzueta, A. (2021). *Estrategia de Transformación Digital para el sector de infraestructura y energía*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Calatayud, A. y Katz, R. (2019). *Cadena de suministro 4.0 – Mejores Prácticas Internacionales y Hoja de Ruta para América Latina*, Banco Interamericano de Desarrollo, octubre.
- Calatayud, A., & Katz, R. (2019). *Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0001956>.
- Calatayud, A., Katz, R., & Riobó, A. (2022). *Impulsando la transformación digital del transporte en América Latina y el Caribe*. Washington, DC. Banco Interamericano de Desarrollo.
- De Massis, A., Koltar, J., Mazzola, P., Minola, T., & Sciascia, S. (2018). "Conflicting Selves: Family Owners' Multiple Goals and Self-Control Agency Problems in Private Firms." *Entrepreneurship Theory and Practice*, 42(3). <https://doi.org/10.1111/etap.12257>.
- Forest2market (2021). *La evolución de la industria de P&P en América Latina*. Tissue online (Agosto 13).
- Katz, R., Duarte, M., Callorda, F., Duran, D. Y Meisl, C. (2018). *Observatorio de la Economía Digital de Colombia*. Bogotá: MINTIC y Cámara de Comercio de Bogotá.
- OECD, *Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables, 2021 edition*, en línea, <https://www.oecd.org/sti/ind/inter-country-input-output-tables.htm>.

Este estudio presenta un ejercicio de medición del grado de digitalización de sectores y procesos productivos en un grupo de países de América Latina y el Caribe. Este trabajo parte del supuesto de que existen ciertas variables que influyen en el grado de digitalización de dichos sectores y procesos y que pueden verse influidas por factores como la estructura productiva, la organización industrial, la inserción en cadenas globales de valor, la competencia y la preparación de los recursos humanos.

El estudio utiliza dos metodologías: el análisis de matrices de insumo-producto para determinar el nivel de digitalización de sectores según el porcentaje de insumos digitales, como equipos de procesamiento de datos y servicios de telecomunicaciones, y la medición de la adopción de tecnologías digitales a través de encuestas industriales realizadas por las autoridades estadísticas en la región.

Las conclusiones del estudio exhiben las disparidades en los niveles de digitalización de sectores económicos entre países de América Latina y el Caribe y revelan una evolución desigual del proceso de transformación digital.

