



Pymes e Industria 4.0 en Chile: una brecha entre la incorporación de herramientas básicas y tecnologías avanzadas

Mauricio Castillo-Vergara, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Politécnica de Cartagena, España. Académico Facultad de Economía y Negocios, UAH.



Introducción

La Industria 4.0 (I4.0), caracterizada por la integración de tecnologías digitales avanzadas en los procesos productivos y de servicios, constituye un cambio paradigmático en la organización empresarial. La I4.0 es una transformación en los modelos de producción basada en tecnologías como IoT, inteligencia artificial, big data, realidad virtual, o sensores inteligentes, que permiten mayor eficiencia y flexibilidad mediante fábricas inteligentes. A diferencia de la Cuarta Revolución Industrial, que abarca el contexto histórico y social de estos cambios, la I4.0 se centra en las herramientas tecnológicas que los hacen posibles.

Su impacto es particularmente relevante en las economías emergentes, donde las pe-

queñas y medianas empresas (Pymes) concentran gran parte del empleo y desempeñan un rol estratégico en la competitividad nacional. En Chile, la pandemia de COVID-19 aceleró la digitalización, evidenciando vulnerabilidades estructurales, pero también revelando oportunidades para la innovación y el crecimiento sostenible. No obstante, la transición hacia la I4.0 enfrenta múltiples desafíos: limitaciones financieras, déficit de capital humano especializado y desconexión con los sistemas de apoyo a la innovación.

La adopción de tecnologías asociadas a la I4.0 constituye uno de los factores más relevantes para el desarrollo competitivo de las Pymes. Aunque los procesos de transformación digital suelen enfrentar barreras vinculadas a recursos financieros, capital humano o cultura organizacional, la literatura científica reciente muestra con claridad



que los beneficios de la incorporación de estas tecnologías superan con creces sus costos, especialmente cuando se consideran efectos sobre productividad, innovación y sostenibilidad.

En primer lugar, la evidencia sugiere que la adopción de tecnologías digitales I4.0 permite a las Pymes incrementar su productividad y mejorar la eficiencia operativa. Frank et al. (2019) destacan que las tecnologías de I4.0, como la computación en la nube, el Internet de las Cosas (IoT) y la analítica de datos, generan mejoras en la interoperabilidad de procesos y en la reducción de tiempos de producción. Esto se traduce en menores costos y en la posibilidad de responder con mayor rapidez a los cambios en la demanda.

En segundo término, la I4.0 actúa como catalizador de la innovación empresarial. Según Martínez-Caro et al. (2020), las Pymes que integran big data, inteligencia artificial y manufactura aditiva tienden a desarrollar nuevos productos y servicios con mayor frecuencia que aquellas que se mantienen en un nivel tecnológico tradicional. Estos autores subrayan que la digitalización no solo optimiza procesos existentes, sino que habilita modelos de negocio innovadores, tales como la servitización y las plataformas digitales.

Un tercer impacto positivo se observa en la inserción en cadenas de valor globales. Moeuf et al. (2018) señalan que la adopción de tecnologías como la robótica colaborativa y los sistemas ciberfísicos facilita la certificación de estándares internacionales, lo que amplía las posibilidades de internacionalización de las Pymes. Además, estas herramientas fortalecen la trazabilidad y la transparencia, aspectos valorados en mercados globales cada vez más exigentes.

Asimismo, la literatura destaca beneficios en el ámbito de la sostenibilidad y la eficiencia energética. Dalenogare et al. (2018) muestran que la aplicación de tecnologías digitales permite optimizar el uso de recursos, reducir el desperdicio y mejorar la gestión ambiental. Esto no solo contribuye a una mayor responsabilidad social empresarial, sino que también se traduce en ventajas competitivas derivadas de la reducción de costos asociados a insumos y energía.

Además, los estudios sugieren que las Pymes que adoptan tecnologías I4.0 muestran una mayor resiliencia frente a crisis externas. Madrid-Guijarro et al. (2025) documentan que las empresas digitalizadas lograron adaptarse con mayor rapidez a los efectos de la pandemia de COVID-19, sosteniendo operaciones mediante tecnologías digitalmente integradas.

En el caso de Chile, nuestros estudios muestran que la adopción de tecnologías de la I4.0 ha tenido impactos diferenciados según sector y capacidades digitales. Un estudio comparativo entre empresas mineras y no mineras evidencia que el sector minero se encuentra más avanzado en la integración de herramientas como ERP, SCM y Big Data, lo que optimiza procesos operativos y fortalece la competitividad, mientras que en sectores no mineros la adopción es más dispersa, limitando su potencial de innovación y sostenibilidad (Castillo-Vergara et al., 2023). En paralelo, investigaciones sobre Pymes chilenas confirman que el desarrollo de capacidades digitales, particularmente el uso de ERP y CRM junto con tecnologías de información y comunicación, favorece la transición hacia la I4.0 y tiene un efecto positivo sobre el desempeño innovador (Castillo-Vergara et al., 2024).

En suma, la evidencia científica confirma que la incorporación de tecnologías de la I4.0 en las Pymes genera impactos positivos en productividad, innovación, internacionalización, sostenibilidad y resiliencia. La clave radica en avanzar hacia modelos de adopción progresiva que permitan capitalizar estos beneficios, reduciendo las brechas actuales y potenciando la competitividad en economías emergentes.

El presente documento busca ofrecer un panorama actualizado sobre la situación de las Pymes en Chile en relación con la digitalización y la adopción de tecnologías de I4.0. Se presentan los resultados de una encuesta aplicada a 536 empresas, identificando diferencias según tamaño, sector y etapa de desarrollo. Asimismo, se examinan los principales impulsores y barreras, con el objetivo de aportar insumos para la formulación de políticas públicas y estrategias empresariales que fortalezcan la competitividad en el marco de la transformación digital. La relevancia del tema se extiende más allá de Chile, ya que los hallazgos permiten extraer lecciones aplicables a otras economías emergentes que enfrentan condiciones similares.

Metodología

El estudio se basa en una encuesta aplicada a 2.233 empresas, de las cuales 536 completaron el cuestionario de manera válida. La muestra incluyó 466 pequeñas empresas (menos de 50 trabajadores) y 70 medianas (más de 50 trabajadores), pertenecientes a los sectores de manufactura y servicios. La selección se realizó mediante un muestreo aleatorio sobre una base de datos empresarial.

El cuestionario se diseñó a partir de la literatura científica sobre digitalización e I4.0 y fue validado mediante pruebas piloto con expertos. Incluyó preguntas cerradas con escala de Likert para medir el grado de adopción tecnológica, así como percepciones respecto a barreras e impulsores.

Adopción de tecnologías digitales

Los resultados muestran que las Pymes chilenas han avanzado en la incorporación de herramientas digitales de base. Las más utilizadas son las páginas web informativas (74,5%), la banca digital (67,3%) y las compras electrónicas (64,1%). Estas herramientas reflejan un proceso de digitalización que, si bien aún parcial, se ha consolidado en la mayoría de las empresas. La pandemia de COVID-19 actuó como un catalizador en la adopción de tecnologías, mientras que la banca digital se consolidó como una herramienta clave para la gestión financiera.

En contraste, los sistemas de gestión presentan niveles intermedios de adopción. Los ERP son utilizados por el 42,2% de las empresas y los CRM por un 34,4%. Las he-

rramientas de marketing digital alcanzan un 45% de adopción, lo que refleja un avance significativo, aunque aún lejos de ser universal. El comercio electrónico muestra una penetración del 50,8% a través de portales propios y del 40,5% en marketplaces. En este ámbito, las diferencias por tamaño son notorias: las medianas empresas tienen mayor capacidad de inversión y muestran niveles más altos de adopción en ERP (64% vs. 38% en pequeñas) y CRM (45% vs. 32%).

Adopción de tecnologías de la Industria 4.0

El panorama es más heterogéneo en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0. El cloud computing es la herramienta más difundida (50,5%), seguido de la ciberseguridad (44,7%) y Big Data (38,3%). Sin embargo, tecnologías como la inteligencia artificial (30,1%), la impresión 3D (25,9%), los robots autónomos (25,3%) y la realidad aumentada o virtual (25,3%) muestran una adopción incipiente. Estos resultados reflejan que las Pymes aún priorizan soluciones de infraestructura digital antes que herramientas disruptivas.

Las diferencias entre pequeñas y medianas son consistentes con lo observado en tecnologías digitales básicas: las medianas tienen mayores niveles de adopción en Big Data, ciberseguridad y RFID. A nivel sectorial, los servicios muestran un liderazgo claro en cloud computing (54,4% vs. 47,3% en manufactura) y en Big Data (42% vs. 35,3%), lo que refleja la mayor orientación al cliente y la flexibilidad operativa de este sector.

Impulsores de la adopción

Entre los principales factores que motivan la digitalización destacan los requerimientos de los clientes (76,4%), la reducción de costos (74,8%) y la mejora en el tiempo de comercialización (75,6%). Estos resultados muestran que las Pymes perciben la digitalización como una herramienta para responder a demandas externas y optimizar procesos internos. La disponibilidad de mano de



La evidencia científica confirma que la incorporación de tecnologías de la I4.0 en las Pymes genera impactos positivos en productividad, innovación, internacionalización, sostenibilidad y resiliencia”



obra calificada también aparece como un impulsor relevante (72%). Sin embargo, solo el 49% de las empresas declara haber recibido apoyo del ecosistema de innovación, lo que refleja una desconexión preocupante entre políticas de fomento y necesidades empresariales.

Barreras para la adopción

Las limitaciones financieras son las más mencionadas por las Pymes. El 76,8% identifica los altos costos de inversión como la principal barrera, seguido de la falta de recursos internos (73,7%) y la escasez de subvenciones (72%). Estas restricciones son especialmente agudas en las pequeñas empresas, lo que profundiza las brechas con respecto a las medianas. Otras barreras importantes son la escasez de personal calificado (61,1%), los problemas de integración de datos (61,2%) y la falta de comprensión estratégica (61,8%). La resistencia de los trabajadores (45,8%) y la ciberseguridad (55,4%) también aparecen como obstáculos, aunque con menor incidencia.

El análisis sectorial también es revelador: los servicios lideran en la adopción de tecnologías digitales debido a su orientación al cliente y mayor flexibilidad operativa, mientras que la manufactura mantiene una posición más rezagada. Este hallazgo es relevan-

te porque la manufactura tiene un potencial significativo para aprovechar tecnologías como la impresión 3D y los robots autónomos, pero enfrenta barreras de inversión y capital humano.

Conclusiones

La transformación digital de las Pymes en Chile avanza con un ritmo desigual. Se observa una amplia adopción de herramientas básicas, pero una limitada incorporación de tecnologías avanzadas de Industria 4.0. Las medianas empresas y el sector servicios lideran en digitalización, mientras que las pequeñas y la manufactura muestran rezagos.

Las principales barreras son de carácter financiero, lo que refleja la necesidad de políticas públicas que alivien los costos de inversión y faciliten el acceso a financiamiento. También destacan limitaciones de capital humano y falta de comprensión estratégica, que requieren programas de capacitación y sensibilización orientados a líderes empresariales.

Un aspecto crítico es la desconexión entre las Pymes y el ecosistema de innovación. El bajo nivel de apoyo recibido de incubadoras y aceleradoras limita la capacidad de transferencia tecnológica. Este resultado sugiere la necesidad de rediseñar los programas de

fomento, haciéndolos más accesibles y relevantes para las Pymes, particularmente para las de menor tamaño.

Algunas recomendaciones para hacer frente a estos desafíos: (1) fortalecer programas de financiamiento que reduzcan los costos iniciales; (2) impulsar la capacitación digital y técnica en todos los niveles organizativos; (3) diseñar estrategias diferenciadas por sector y tamaño; (4) articular mejor a las Pymes con el ecosistema de innovación; y (5) promover una visión estratégica que conciba la digitalización como un motor de competitividad y sostenibilidad.

Para revisar mayores antecedentes se invita a los lectores a revisar el informe completo en el siguiente link: <https://fen.uahurtado.cl/2025/noticias/31120/> 

Referencias

- Castillo-Vergara, M., Ortiz-Henríquez, R., Geldes, C., Muñoz-Cisterna, V., & Escobar-Arriagada, C. (2024). Adoption of industry 4.0 technologies in Chilean mining: a comparative analysis between sectors. *Mining*, 4(4), 913-925.
- Castillo-Vergara, M., Duarte Valdivia, D., Muñoz-Cisterna, V., Álvarez-Marín, A., Geldes, C., & Ortiz-Henríquez, R. E. (2025). Digital capabilities of SMEs: driving the Industry 4.0 revolution and measuring its innovative effects. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 38(1), 74-105.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of production economics*, 204, 383-394.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International journal of production economics*, 210, 15-26.
- Madrid-Guijarro, A., Maldonado-Guzmán, G., & Rodríguez-González, R. (2025). Unlocking resilience: the impact of Industry 4.0 technologies on manufacturing firms' response to the COVID-19 pandemic. *Management Decision*, 63(1), 126-154.
- Martínez-Cara, E., Cegarra-Navarro, J. G., & Alfonso-Ruiz, F. J. (2020). Digital technologies and firm performance: The role of digital organisational culture. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119962.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International journal of production research*, 56(3), 1118-1136.