

Industria 4.0 en la Pyme: Management & Technology Número Especial

Mauricio Castillo-Vergara*

La Industria 4.0 (I4.0) representa una revolución tecnológica que promete transformar diversos aspectos de la sociedad y la economía. Esta revolución se caracteriza por su capacidad para proporcionar información valiosa que permite a los sistemas de producción generar un valor industrial de manera inteligente, autorregulada y conectada. Esto se logra a través del uso de tecnologías digitales avanzadas para la recolección de datos en tiempo real, lo cual facilita la transformación de los procesos empresariales, las cadenas de suministro y los modelos de negocio. La I4.0 no solo promueve la eficiencia y la productividad a largo plazo, sino que también aborda desafíos críticos como la urbanización, la conservación de recursos y la energía, y el crecimiento demográfico.

No obstante, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) encuentran numerosos obstáculos al intentar adoptar las tecnologías asociadas a la I4.0. Entre estos desafíos se incluyen el desconocimiento de las tecnologías pertinentes, la limitación de recursos, la ausencia de técnicas especializadas, políticas gubernamentales restrictivas y barreras en el mercado. Estas dificultades son particularmente pronunciadas en los mercados emergentes, en contraste con las naciones más industrializadas. Por tanto, es crucial investigar los factores que influyen en la implementación de la I4.0 en las PYMES de países en desarrollo para entender mejor su impacto y potencial.

En este contexto, el *Journal of Technology Management & Innovation* ha realizado un llamado especial centrado en “Industria 4.0 en la PYME: Management & Technology”. Este llamado forma parte de una serie de iniciativas, incluyendo el proyecto Fondecyt Iniciación 11220339, que investiga la adopción de la Industria 4.0 en pequeñas y medianas empresas de economías emergentes y su impacto en la innovación. Este proyecto es patrocinado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) en Chile y cuenta con el apoyo de la red Faedpyme. Este enfoque multidisciplinario busca fomentar la comprensión y la aplicación efectiva de la I4.0 en el contexto de las PYMES, resaltando su relevancia en el ámbito global de la innovación y el desarrollo tecnológico.

En la presente edición especial, se exponen ocho investigaciones enfocadas en la integración de tecnologías pertenecientes a la Industria 4.0 por parte de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en varios países de América Latina, extendiéndose desde Paraguay hasta México, y abarcando también a Colombia, Argentina, Ecuador y Chile. Dichos estudios proporcionan una diversidad de enfoques y descubrimientos importantes respecto al tema.

El artículo inicial, “A look at the digitalization strategies of Paraguayan companies: impact of the drivers in the context of MSMEs”, se centra en la digitalización de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMEs) en Paraguay, subrayando la relevancia estratégica de este proceso para la competitividad en un ámbito cada vez más dominado por la tecnología. Los resultados obtenidos de una encuesta aplicada a 350 compañías muestran una variada adopción de la digitalización, destacando especialmente la identificación de las potencialidades digitales como un factor motivador crucial. Asimismo, se cuestiona la noción de que la antigüedad de una empresa determina su nivel de madurez digital, poniendo de relieve la importancia de poseer habilidades digitales de manera uniforme. La investigación identifica también obstáculos significativos para las MIPYMEs, tales como la limitación de recursos y las brechas en competencias específicas, sugiriendo la adopción de un enfoque sistémico que promueva una cultura digital y fortalezca las alianzas estratégicas. En resumen, el estudio enfatiza la necesidad de entender los factores que impulsan la digitalización y de superar las barreras existentes para facilitar este proceso en las MIPYMEs, ofreciendo implicaciones prácticas para políticas y estrategias destinadas a promover el florecimiento de estas empresas en el entorno digital actual.

El trabajo subsiguiente aborda la digitalización de las MIPYMEs en el Valle del Cauca, Colombia, en el contexto de la pandemia de COVID-19 y sus secuelas. Se señala cómo la crisis sanitaria aceleró de manera significativa la adopción de tecnologías en este segmento, el cual es tradicionalmente reconocido por su bajo nivel de innovación. Previamente a la pandemia, la presencia digital de estas entidades era escasa; sin embargo, la situación generada por el COVID-19 marcó un punto de inflexión, motivando a un 90% de las MIPYMEs a emprender iniciativas de transformación digital y avanzar hacia una mayor adopción tecnológica. Dicho avance se tradujo en un incremento considerable en el uso de tecnologías digitales en diversos procesos empresariales, evidenciando un compromiso renovado con la digitalización. No obstante, el análisis también destaca barreras continuas para la digitalización integral de las MIPYMEs, incluyendo deficiencias tecnológicas y la urgencia de invertir en tecnología para sostener la competitividad. Basándose en estos hallazgos, se proponen recomendaciones para impulsar la adopción tecnológica en las MIPYMEs.

El tercer trabajo se adentra en la complejidad que supone la integración de la Industria 4.0 dentro del ámbito minero chileno, evaluando los riesgos asociados a la digitalización para las empresas contratistas

Facultad de Economía y Negocios, Universidad Alberto Hurtado.

*Correspondencia: mhcastillo@uahurtado.cl

que participan en proyectos de diferente magnitud. Dicho análisis se centra en los retos específicos que las empresas de menor tamaño enfrentan en contraste con las de mayor envergadura, subrayando las consecuencias de incorporar tecnologías avanzadas como la automatización, la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT) en las operaciones mineras. La investigación sugiere un enfoque exhaustivo que incluye la evaluación detallada de las tecnologías de I4.0 relevantes para los servicios ofrecidos por las empresas contratistas, un análisis prospectivo basado en el conocimiento de expertos y un marco estratégico diseñado para guiar la toma de decisiones en la gestión contractual.

El cuarto estudio, titulado “The Determining factors in the implementation of industry 4.0 in Argentine SMEs”, investiga la implementación de tecnologías de I4.0 en las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs) argentinas, centrándose en aspectos determinantes como el tamaño y la antigüedad de la organización, la competencia técnica y el género de la dirección, la existencia de un gerente interno especializado en I4.0 y la naturaleza familiar del negocio. Basado en una amplia encuesta realizada a 1,142 PYMEs, el estudio emplea técnicas de análisis factorial confirmatorio y regresión lineal para examinar el impacto de estos factores en la adopción de la I4.0. Esta investigación resalta la importancia de la política pública, promoviendo medidas que incentiven a las empresas más jóvenes, pequeñas y con diversidad de género a integrar tecnologías de I4.0. Además, señala una brecha de género en la adopción tecnológica y enfatiza el valor de las estructuras de apoyo internas para facilitar la digitalización.

El siguiente artículo se centra en una cuestión relevante dentro del dinámico escenario del comercio digital en Ecuador: el efecto de las capacidades dinámicas, específicamente en términos de percepción y acción, sobre el proceso de digitalización de las MiPYMEs. La investigación aporta una perspectiva detallada sobre cómo la antigüedad de la empresa influye en estas capacidades dinámicas y, por ende, en su capacidad de digitalización. Propone que las empresas más establecidas pueden tener dificultades para identificar nuevas oportunidades digitales, posiblemente debido a procesos institucionalizados y resistencia al cambio. Este hallazgo resalta la importancia de que las MiPYMEs más antiguas desarrollen proactivamente capacidades de percepción para evitar el riesgo de quedarse atrás en la era digital. El sexto artículo, titulado “Industry 4.0 analysis as differentiating factor in innovation. The case of an automotive industry using technology with optical sensors to optimize the visibility in cars”, se sitúa en el contexto de las avanzadas metodologías de fabricación, enfocándose en la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en el sector automotriz de Tijuana. Este estudio pone especial atención en la integración de sensores ópticos y el Internet de las Cosas (IoT) para mejorar la seguridad y la visibilidad en los vehículos, fundamentándose en la premisa de que la adopción de estas innovaciones no solo incrementa la productividad y la calidad, sino que también representa un cambio paradigmático hacia procesos manufactureros más inteligentes

en la automoción. Mediante un análisis de correlación realizado con el Método de Correlación de Spearman, se evidencia una relación estadísticamente significativa entre la implementación de dispositivos de la Industria 4.0 y el incremento en las métricas de productividad y calidad.

El séptimo estudio aborda el efecto de la gestión del conocimiento (GC) en la capacidad de innovación de las PYMEs colombianas dentro del emergente contexto de la Industria 4.0. Destaca que una GC robusta, apoyada en sólidas prácticas en los ámbitos de “Personas/Organización” y “Tecnología”, contribuye directamente a potenciar la innovación en estas entidades. Aplicando un marco teórico basado en modelos de madurez para evaluar la GC en las organizaciones, este enfoque es esencial para comprender cómo las PYMEs pueden fortalecer su competitividad y sostenibilidad mediante la innovación. Los hallazgos subrayan la manera en que las PYMEs colombianas pueden fomentar la innovación a través de una GC madura, resaltando la importancia de la adopción de tecnologías avanzadas y la promoción de una cultura organizacional orientada hacia la innovación.

Finalmente, el volumen especial concluye con un artículo que se adentra en la identificación de dimensiones críticas y parámetros para medir la madurez digital en las PYMEs. A través de una extensa revisión sistemática de la literatura de la última década, se identifican nueve dimensiones clave —Estrategia, Liderazgo, Cultura, Organización, Personas/Empleados, Tecnología, Procesos, Productos y Clientes— esenciales para evaluar la madurez digital de una PYME. Adicionalmente, se definen 16 parámetros específicos que brindan medios cuantificables para la evaluación de estas dimensiones, ofreciendo así una visión detallada del avance digital de una PYME. El artículo sugiere que futuras investigaciones deberían profundizar en el estudio de estas interdependencias y examinar cómo la aceleración de la madurez digital puede ser impulsada por tecnologías avanzadas, argumentando que un entendimiento completo de estas dinámicas puede equipar a las PYMEs para navegar su transformación digital con mayor precisión y visión estratégica.

Cada uno de estos estudios aporta *insights* y recomendaciones valiosas para investigadores, empresarios y responsables de políticas interesados en comprender y facilitar la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en las PYMEs. Extendemos nuestro agradecimiento a todos los autores por sus significativas contribuciones y al equipo de revisores por su dedicación en el proceso de evaluación de los trabajos presentados en este número especial.

Los invitamos a explorar detalladamente este número especial, con la esperanza de que los artículos contenidos inspiren y provean conocimientos útiles. Asimismo, alentamos la presentación de trabajos para futuras ediciones de nuestra revista, con el objetivo de perpetuar el diálogo y el progreso en el ámbito de la Industria 4.0 y su impacto en las PYMEs.

