

Impulsando la transformación digital

Un caso de vinculación entre la universidad y PyMEs metalmecánicas

Geraldina Y. Roark^{1,2}[0000-0002-4430-9873], Carolina Saavedra Sueldo^{1,2}[0000-0001-9883-4369], Ivo Perez Colo^{1,2}[0000-0003-2796-9885], Mariano De Paula^{1,2}[0000-0001-7582-9188], and Gerardo G. Acosta^{1,2}[0000-0003-3295-1604]

¹ Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro, UNCPBA-CICPBA-CONICET, Olavarría, Buenos Aires, Argentina
² Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Facultad de Ingeniería, Intelymec, Olavarría, Buenos Aires, Argentina
{groark, mariano.depaula, carolina.saavedra, ivo.perez, ggacosta}@fio.unicen.edu.ar

Abstract. El sector metalmecánico argentino desempeña un papel crucial en la economía, generando 350 mil empleos directos y 980 mil indirectos, con más de 24.000 establecimientos, mayormente PyMEs. Sin embargo, enfrenta desafíos considerables en esta nueva era digital, donde la adopción de tecnologías es imperiosa para mantener su competitividad y sostenibilidad. En este contexto, fortalecer la colaboración entre universidades y asociaciones empresariales es esencial para orientar la transformación hacia el nuevo paradigma productivo. Para ello, es fundamental identificar qué tecnologías se aplican en las PyMEs y cómo se utilizan para evaluar su situación y, seguidamente, desarrollar las estrategias para fortalecer su desarrollo tecnológico. En este trabajo se desarrolla una metodología para evaluar las capacidades tecnológicas de PyMEs industriales. Para su aplicación se seleccionó una muestra de PyMEs metalmecánicas de la ciudad de Olavarría, provincia de Buenos Aires, Argentina. Los resultados obtenidos permiten comprender las capacidades tecnológicas de las empresas estudiadas e identificar oportunidades de mejora, así como diseñar estrategias que fomenten su desarrollo tecnológico. Tal información es clave para que las autoridades públicas diseñen y planifiquen programas de modernización en las industrias, además de orientar las políticas educativas hacia especialidades tecnológicas que respondan a las necesidades del actual entorno productivo.

Keywords: Industria metalmecánica · Transformación digital · Vinculación universidad - empresa.

1 Introducción

En los últimos años, el panorama industrial global ha experimentado una transformación radical debido al acelerado avance tecnológico y a la innovación

en los procesos de producción. La Industria 4.0 (I4.0), conocida como la Cuarta Revolución Industrial, ha introducido un cambio sin precedentes al integrar todas las áreas de producción mediante la digitalización y la creación de nuevos canales de comunicación. La adopción de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, el internet de las cosas, los gemelos digitales, la robótica y la analítica de datos ofrece múltiples beneficios al mejorar la productividad, reducir costos y elevar la calidad de los productos y servicios [14]. Este cambio de paradigma en el sector productivo afecta tanto a las estrategias y operaciones empresariales como a las interacciones entre organizaciones y consumidores, promoviendo la producción personalizada y la innovación en los modelos de negocio.

Ante este escenario, resulta imperioso que las empresas se adapten rápidamente a las nuevas tecnologías para mantener su competitividad y aprovechar al máximo las oportunidades que ofrecen en la transformación de productos, servicios y operaciones [17]. Sin embargo, la investigación sobre la implementación de tecnologías 4.0 en pequeñas y medianas empresas (PyMEs) es limitada [10]. El trabajo de [16], reconoce a la escasez de recursos y conocimientos, la baja digitalización, la resistencia al cambio, la mentalidad estratégica a corto plazo, la dificultad para colaborar con investigadores y el acceso limitado a financiamiento como las principales dificultades que afrontan las PyMEs para adoptar tecnologías avanzadas. Estudios realizados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) también han destacado las barreras que enfrentan las empresas en América Latina en su proceso de transformación digital, lo que subraya la necesidad de iniciativas públicas y privadas para apoyar a las PyMEs en la adopción de tecnologías [2].

En el contexto actual, la colaboración entre universidades y asociaciones empresariales constituye una alianza estratégica para determinar el estado de situación actual y orientar a las empresas en su proceso de transformación hacia el nuevo paradigma productivo. En este sentido, es fundamental conocer el estado de situación acerca de las tecnologías que actualmente utilizan las PyMEs para establecer su nivel de desarrollo tecnológico y, posteriormente, trazar los planes de acción para guiarlas y acompañarlas en su transición hacia la industria inteligente. En este trabajo se desarrolla una metodología de evaluación destinada a medir los niveles de adopción de tecnologías de la I4.0 en PyMEs de diversos sectores industriales. Dicha metodología plantea una evaluación en seis ejes de análisis: (i) Estructura organizacional; (ii) Estrategia y toma de decisiones; (iii) Tecnologías de la información y digitalización; (iv) Gestión de datos y trazabilidad; (v) Talento humano; y (vi) Vínculos estratégicos.

El desarrollo de la metodología propuesta se basa, en parte, en el modelo InTICs[®][10], el cual permite establecer la madurez tecnológica de las empresas mediante un análisis detallado de las Tecnologías de la Información y Comunicación utilizadas en sus principales áreas funcionales (eje iii). Por otra parte, nuestra propuesta amplía dicho modelo para evaluar los restantes ejes de análisis y así poder obtener una visión integral de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las PyMEs del sector en estudio. De esta forma,

se obtiene un análisis FODA, con información estratégica indispensable para el diseño de estrategias y acciones tendientes a lograr una transición digital de forma competitiva y sostenible para las PyMEs de la región.

Los desarrollos presentados en el presente trabajo son el resultado de una vinculación entre dos universidades, la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) y la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM), para los desarrollos metodológicos y, a su vez, se ha vinculado la UNICEN con la Unión Industrial de Olavarría (UIO) y la Asociación de Parques Industriales de Olavarría (APIO) para el desarrollo de las actividades en campo. Además, para el desarrollo de las actividades de investigación del presente trabajo, se ha recibido financiación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) mediante el programa VinculAr 2023 “Fortalecimiento de la Vinculación Tecnológica en el Territorio” para el proyecto “Relevamiento de Capacidades Tecnológicas para la Transición Digital de PyMEs industriales del Sector Metalmeccánico” integrado por los autores del presente trabajo.

2 Transformación digital en PyMEs

Si bien la “transformación digital” se ha convertido en un concepto de amplio uso y exploración en la investigación de los últimos años, aún no existe una definición formal de la misma universalmente aceptada [15]. A nivel general se evidencia un consenso respecto a que la “transformación” implica un cambio sustancial en la empresa, afectando directamente la estrategia y la estructura organizacional [8]. Este proceso suele implicar una reorganización de poder dentro de la empresa y representa un cambio disruptivo en el modelo de negocio, la organización empresarial y las capacidades, gracias a la aplicación de tecnologías digitales [5]. El nuevo paradigma productivo constituye un proceso en constante evolución que capitaliza las capacidades digitales y las tecnologías para posibilitar que los modelos de negocio, las operaciones y las experiencias del cliente generen valor [11, 5]. Las tecnologías digitales pueden generar oportunidades de mejora en todas las áreas de negocio de las empresas. No solamente se tratan de tecnologías avanzadas, sino de la combinación de diversas soluciones capaces de insertarse en todas las actividades empresariales [9].

Las PyMEs desempeñan un papel esencial en el tejido económico de América Latina, siendo cruciales para las estrategias de crecimiento regional. Según los datos de un estudio de la OCDE [13] este tipo de empresas tienen una amplia presencia en la región y contribuyen singularmente a la generación de empleo genuino en sus áreas de influencia. Actualmente, se estima que el 99,5% de las empresas latinoamericanas son PyMEs, de las cuales el 90% son microempresas. A pesar de representar el 60% del empleo productivo formal, su aporte al PBI es del 25% [6]. La diversidad económica en América Latina se refleja en distintas dimensiones, que van desde las estructuras productivas hasta los patrones de exportación e importación y el desempeño macroeconómico. Esta diversidad también impacta a las PyMEs, que muestran una alta heterogeneidad en sus

interacciones empresariales. Mayormente participan en sectores de bajo valor agregado, con limitado capital humano y producción de bienes poco diferenciados [3]. Este escenario las expone a la competencia con empresas más grandes que aprovechan economías de escala y costos competitivos, colocándolas en una posición vulnerable, agravada por su limitada integración en cadenas de valor [12].

Aunque la internacionalización de operaciones y la innovación ofrecen beneficios, la mayoría de las PyMEs aún no las ve como una opción tangible para mejoras concretas y, comúnmente, no forma parte de sus prioridades. Existen algunos casos en que han incursionado en estas dimensiones, de manera no continuada, centrándose en un único producto y destino a diferencia de las grandes empresas, perdiendo así posibilidades concretas de mejora en su competitividad. Sin embargo, en un contexto dinámico, de evolución rápida de los mercados y aceleración de procesos, las PyMEs enfrentan desafíos para ser eficientes y competitivas. Barreras, tales como la incorporación de tecnología, la falta de conocimiento y financiamiento, y la participación en sectores de bajo valor agregado, dificultan su adaptación a estos cambios.[4]

En América Latina, actualmente las PyMEs enfrentan desafíos significativos en términos de productividad, competencia y adaptación a nuevas tecnologías. El estudio de [7] revela que la participación de éstas en el comercio electrónico representa el 4% de las ventas en línea a nivel mundial y el 8% de los consumidores. Este informe, además, destaca que la digitalización de los procesos productivos está rezagada en la región respecto a los países más desarrollados. Aunque las empresas tienen un alto nivel de conectividad (cerca del 90%), el uso de tecnologías digitales en procesos de gestión, como la cadena de aprovisionamiento, manufactura, operaciones y canales de distribución, expone un menor uso en comparación con países más desarrollados [1].

En definitiva, las PyMEs de América Latina tienen en común el hecho de que aún están en fase embrionaria respecto al uso y aprovechamiento de las tecnologías 4.0. A la vez, se enfrentan a serias amenazas de otros competidores globales más desarrollados que vienen sacando ventaja de la incorporación, aprendizaje y uso de estas tecnologías en sus sistemas productivos y cadenas de valor.

3 Modelo de evaluación para PyMEs: FODA 4.0

En esta sección se presenta una metodología sistemática para evaluar el grado de madurez tecnológica de empresas industriales, con el fin de obtener una visión integral de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en el contexto de la I4.0 (FODA 4.0). Los resultados obtenidos mediante la aplicación del FODA 4.0, brindan información indispensable para el desarrollo de estrategias y planes de transformación digital para las PyMEs industriales.

La metodología FODA 4.0 se divide en tres etapas principales, ilustradas en la Fig. 1:

1. Recopilación inicial de información: se utiliza un instrumento específico para recopilar datos relevantes sobre la madurez tecnológica de las empresas.
2. Evaluación de resultados: análisis FODA y nivel de madurez tecnológica. Se evalúan los resultados obtenidos en la etapa anterior, lo que conduce, por un lado, a un análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del sector. Asimismo, se realiza una caracterización del nivel de madurez tecnológica de las empresas en estudio.
3. Plan de transformación digital: con la información de la etapa anterior se formulan recomendaciones, planes de acción y estrategias para avanzar hacia la transformación digital, con el objetivo de fortalecer la competitividad y sostenibilidad de las empresas de la región analizada.



Fig. 1. Metodología propuesta para fortalecer la transformación digital en PyMEs industriales.

Para la primera etapa, se diseñó un instrumento de recopilación de información basado en seis ejes de análisis: estructura organizacional, estrategia y toma de decisiones, tecnologías de la información y digitalización, gestión de datos y trazabilidad, talento humano y vínculos estratégicos. Este instrumento consiste en un cuestionario de 51 preguntas, distribuidas en siete secciones: identificación de la empresa, datos de la persona encuestada, caracterización general de la empresa, capacidades tecnológicas, tecnologías emergentes, recursos humanos: habilidades y formación, y vinculación de la empresa con otras instituciones. En la Tabla 1 se presentan las dimensiones de análisis relacionada con cada uno de estos ejes.

De las 51 preguntas, 26 corresponden al modelo de evaluación InTICs[®], desarrollado por investigadores de la UNLaM [10], que valora numéricamente el uso específico de tecnologías en las principales áreas funcionales de la empresa considerando el tiempo que llevan en el mercado, el aporte de Información sensible para la toma de decisiones, la complejidad del problema que resuelve, el impacto en la mejora de procesos y la contribución a una mayor eficiencia en el uso de recursos. Estos criterios permiten categorizar el desarrollo de las TIC en tres niveles: básico, medio y avanzado.

Tabla 1. Ejes de análisis y sus dimensiones.

Eje	Dimensiones
i Estructura organizacional	-Diversidad e inclusión -Arraigo local y experiencia -Tamaño de las empresas -Actividad principal -Figura legal
ii Estrategia y toma de decisiones	-Posicionamiento estratégico -Prioridades competitivas del sector -Comprensión de tecnologías 4.0 -Gestión estratégica de datos para la toma de decisiones -Barreras internas para la transformación digital -Desafíos y obstáculos del sector
iii Tecnologías de la información y digitalización	-Gestión de tecnología de la información -Nivel de digitalización de procesos y documentos -Uso de equipos de hardware (InTICs [®]) -Uso de equipamiento de infraestructura (InTICs [®]) -Uso de software (InTICs [®]) -Implementación de tecnologías de la I4.0 -Adopción de soluciones de ciberseguridad -Madurez tecnológica según InTICs [®]
iv Gestión de datos y trazabilidad	-Trazabilidad de productos y control de materias primas -Gestión de datos para mantenimiento de planta y equipos -Gestión de indicadores en procesos productivos
v Talento humano	-Habilidades digitales críticas -Nivel general de formación y habilidades tecnológicas por área -Interés por oferta de capacitación en tecnologías de la I4.0 -Perfiles con habilidades específicas
vi Vínculos estratégicos	-Soluciones 4.0 de interés para implementar en el sector -Tareas a automatizar en el futuro -Soluciones de IA de interés -Vínculos empresariales: conexiones estratégicas

Para complementar el análisis del modelo InTICs[®], se crearon 25 preguntas adicionales centradas en los cinco ejes restantes, con el objetivo de obtener una visión integral de las PyMEs del sector en estudio. La encuesta diseñada pasó por un proceso de validación exhaustivo, contando con la revisión y aportes de expertos. Se aplicó mediante un formulario digital, administrado tanto de forma electrónica como a través de entrevistas presenciales realizadas por encuestadores capacitados. Dicho formulario puede consultarse en el siguiente enlace: <https://forms.gle/98TCXLDhenit9gBW6>.

Para validar la metodología propuesta, se seleccionó una población de estudio compuesta por empresas de capital privado que cumplen con criterios específicos, como naturaleza industrial, pertenencia a un determinado sector, categorizadas como Micro, Pequeña o Mediana Empresa, con ubicación en la región de interés, una experiencia operativa de más de cuatro meses y personal disponible en la

nómina salarial. El tamaño de la muestra se determinó siguiendo los principios de la técnica de muestreo aleatorio simple.

Una vez completada la encuesta, el siguiente paso en la metodología propuesta, como se muestra en la Fig. 1, implica realizar un análisis FODA y determinar el nivel de madurez tecnológica de las empresas en estudio.

Mediante un análisis detallado de los ejes propuestos, se identifican las fortalezas y debilidades del proceso de transformación digital en las PyMEs del sector metalmeccánico de Olavarría. Se destacan los puntos fuertes que favorecen la adopción de tecnologías emergentes y se identifican las áreas vulnerables que requieren atención y mejora. Además, se obtiene información sobre diversas oportunidades y amenazas del entorno actual que influyen en el éxito de la transformación digital y que deben considerarse al desarrollar estrategias para fortalecer la competitividad y sostenibilidad de las empresas.

La evaluación del nivel de madurez tecnológica se realiza a través del modelo InTICs[®], ubicado en el eje iii) de análisis de la Tabla 1. Este modelo caracteriza el grado de desarrollo tecnológico de las empresas analizadas según su tamaño y actividad económica, dividiéndolas en niveles básico (0-120 puntos), medio (121-715 puntos) y avanzado (716-1375 puntos). Una vez obtenidos estos resultados, el último paso de la metodología propuesta es elaborar un plan de transformación digital basado en los hallazgos del análisis FODA 4.0 y el nivel de madurez tecnológica.

4 Resultados y discusión

El diseño de la investigación incluyó dos etapas fundamentales: un estudio exploratorio y un estudio de casos. El estudio exploratorio se centró en identificar las variables y dimensiones clave a considerar en la herramienta de evaluación, estableciendo así las bases para el estudio de casos posterior. Este último se debe aplicar sobre un grupo de empresas de un sector industrial, en una región de interés, para validar la aplicación de la metodología desarrollada. Particularmente el estudio se focaliza en analizar y caracterizar la industria metalmeccánica de la ciudad de Olavarría. Mediante la aplicación sistemática de la metodología propuesta, se busca identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas a partir de una evaluación sobre los seis ejes de análisis mencionados. De esta forma, los resultados del análisis permitirán establecer un punto de partida para delinear una ruta de mejora hacia la transformación digital así como los elementos esenciales para la formulación de políticas destinadas a fomentar la digitalización. Esta información servirá, además, como una guía para la formulación de proyectos conjuntos entre empresas, universidad y gobierno (municipal/provincial/nacional) para impulsar la transformación digital.

4.1 Resultados por eje de análisis

Conformada la base de datos de empresas del sector metalmeccánico de Olavarría, se determinó un tamaño de muestra representativa de 33 empresas. La selección

de las mismas se realizó de manera probabilística, asignando números aleatorios para garantizar la generalización y confiabilidad de los resultados para el sector en su conjunto. A continuación, presentaremos un resumen de los resultados ³ para cada uno de los ejes de análisis y finalmente se presenta un análisis FODA 4.0 para el clúster de empresas analizado.

Eje (i): Estructura organizacional. En relación con la diversidad en el tamaño empresarial, se constata el predominio de microempresas con menos de 15 empleados (50%) y pequeñas empresas con entre 16 y 60 empleados (30%). Las medianas empresas representan solo el 15%. Su actividad principal se centra en la fabricación de productos metálicos, siendo el 60% de las empresas encuestadas parte de esta categoría, con especialización en la elaboración de recipientes, tanques, depósitos de metal, estructuras metálicas, calefactores a leña y camas articuladas. Por su parte, el 80% de las empresas encuestadas ostentan una trayectoria de más de una década, demostrando una presencia sólida y sostenible en la comunidad empresarial local. En cuanto a la figura legal, las sociedades anónimas (50%) y las de responsabilidad limitada (23%) prevalecen, evidenciando estructuras legales más complejas. Se destaca también la presencia significativa de empresas unipersonales (18%), denotando la existencia de pequeños empresarios individuales en el sector. Asimismo, se evidencia la necesidad de políticas de inclusión y diversidad, ya que el sector está dominado por hombres, con solo un 19% de mujeres en el total de empleados.

Eje (ii): Estrategia y toma de decisiones. El estudio resalta que el 50% de las empresas reconocen la importancia de una visión estratégica y el impacto de los cambios tecnológicos en sus negocios, sin embargo solo el 4% incorpora los principios de la Industria 4.0. El 36% de las empresas valoran el uso de datos cuantitativos para la toma de decisiones, aunque el 60% aún depende principalmente de la recopilación manual de información. La falta de conocimiento sobre tecnologías de la Industria 4.0, limitada infraestructura digital, escasez de mano de obra calificada, dificultades en el acceso a financiamiento y alta volatilidad en los costos son los principales desafíos identificados por el sector.

Eje (iii): Tecnologías de la información y digitalización. En este eje, se destaca una sólida adopción de tecnologías básicas, pero una baja implementación de tecnologías especializadas en ingeniería, producción y ventas. Se destaca una amplia adopción de software web, acorde a las tendencias actuales como la Web 2.0. La adopción de sistemas de gestión como ERP es generalizada. En sistemas de control de producción, se observa una buena adopción de sistemas de programación y planificación, pero una carencia en el

³ Los resultados completos del estudio pueden encontrarse en https://www.researchgate.net/publication/379179001_Transformacion_Digital_en_PyMEs_Metalmecanicas_de_Olavarria_Desafios_y_Oportunidades

uso de tecnología enfocada en la eficiencia energética. En cuanto a sistemas de diseño de productos y procesos, se usa ampliamente CAD y CAM, con una brecha marcada en la adopción de tecnologías de realidad aumentada. Los resultados del Índice InTIC's® muestran que las microempresas utilizan tecnologías básicas, mientras que las pequeñas y medianas empresas tienen un nivel medio de madurez. Asimismo, se destaca la fabricación de productos elaborados de metal como la actividad con mayor proporción de empresas en el nivel medio de madurez.

Eje (iv): Gestión de datos y trazabilidad. Aunque existe una conciencia sobre la importancia de los datos, más del 60% de las empresas aún depende de la recopilación manual de los mismos. La falta de indicadores en un 35% de las empresas y la baja adopción de tecnologías automatizadas resaltan la necesidad de una transición hacia sistemas más ágiles y conectados para optimizar la gestión de indicadores. Los resultados revelan que la mayoría de las empresas aún utilizan registros en papel y hojas de cálculo para la trazabilidad de productos y materias primas. Solo un 10% afirma tener sistemas automatizados para la trazabilidad en tiempo real, pero la falta de respaldo tecnológico indica la necesidad de mejorar en este aspecto. La dependencia de registros manuales para la trazabilidad de productos y materias primas representa un riesgo para la calidad y seguridad de las operaciones. La falta de alineación entre las aspiraciones declaradas y la adopción real de tecnologías destaca la necesidad de una evaluación más crítica y realista en el sector para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones informada.

Eje (v): Talento humano. Se destaca que el área de ingeniería sobresale con el nivel de formación y habilidades tecnológicas más avanzado, mientras que las áreas de administración y producción exhiben un nivel medio equitativo, y logística un nivel más principiante. Por su parte, respecto de la oferta de capacitación en Tecnologías 4.0, un 56,7% de las empresas considera esencial y prioritario contar con ofertas de formación en dichas tecnologías, mientras que un 40% reconoce su relevancia pero aún no la prioriza. Solo un 3,3% no percibe como relevante ni prioritaria la disponibilidad de opciones de formación. Finalmente, se destacan los perfiles especializados en optimización de procesos (57,6% de las empresas) y desarrollo e innovación de productos y procesos (48,5% de las empresas), enfatizando la importancia de la innovación en el sector metalmeccánico local. Los perfiles de “Administrador de Redes” y “Marketing Digital” también son relevantes, señalando la creciente relevancia de la presencia online y estrategias de comunicación.

Eje (vi): Vínculos estratégicos. Se revela la disposición del sector metalmeccánico de Olavarría hacia la implementación de tecnologías emergentes de la I4.0, destacando áreas prioritarias como soldadura, corte y pintura. Sin embargo, se identifican desafíos significativos, como el costo de los

equipos y la cualificación del personal para su implementación. Por otro lado, se observa un interés en aplicaciones de inteligencia artificial (IA) como la digitalización de la información y el diseño de nuevos productos. Aunque existen barreras relacionadas con la comprensión de la tecnología y la inversión necesaria. Finalmente, se evidencia una colaboración creciente entre las empresas y universidades, cámaras empresariales y centros tecnológicos, siendo fundamentales para abordar la escasez de personal altamente capacitado y promover la innovación en el sector.

4.2 FODA

Mediante la aplicación de la metodología propuesta y con los resultados presentados en la sección anterior, se realizó un análisis FODA 4.0. A continuación se resumen cada una de las dimensiones del análisis FODA 4.0 realizado para las PyMEs metalmecánicas de la ciudad de Olavarría.

Fortalezas Una fortaleza en común que se destaca es la comprensión clara sobre la importancia de la estrategia para iniciar procesos de cambio efectivos. Por otra parte se detectan prioridades competitivas enfocadas en la Excelencia en calidad, servicio al cliente y flexibilidad en el diseño de productos. En algunos casos de Medianas empresas se detecta un incipiente proceso de transformación digital mediante la adopción de algunas tecnologías 4.0, reconociendo su aporte en términos de eficiencia productiva, calidad de productos y toma de decisiones. Otra fortaleza a destacar es la adopción de tecnologías web y colaborativas así como de infraestructura de almacenamiento en la Nube y la existencia de infraestructura de conectividad robusta de redes inalámbricas, conexión a internet y wifi para los elementos de planta.

Debilidades Entre las debilidades más destacadas para la adopción de tecnologías 4.0 se detectó una comprensión limitada de las tecnologías emergentes, la falta de casos exitosos de adopción tecnológica y resistencia al cambio. Por citar un ejemplo, existe un alto grado de desconfianza en la tecnología y por tanto existe una elevada dependencia de prácticas manuales en la trazabilidad. De esto se desprende la existencia de una brecha notoria entre las afirmaciones realizadas por los encuestados y la aplicación concreta de tecnologías en sus empresas. Por otra parte es evidente el desaprovechamiento de las tecnologías 4.0 en áreas importantes como en mantenimiento proactivo de equipos. Finalmente se revela una limitada adopción de ciberseguridad, escasez de capacitación de mano de obra, alta rotación y ausentismo del personal, capacidad saturada, volumen reducido de transacciones comerciales, escasez de competencias digitales internas. Estas debilidades impactan de forma directa y negativa sobre la eficiencia operativa de los sistemas productivos, la calidad de los productos, la seguridad informática y, en definitiva, en la competitividad en el sector.

Oportunidades La región cuenta con una infraestructura tecnológica en constante evolución, lo que facilita a las PyMEs metalmecánicas implementar soluciones digitales y aprovechar las oportunidades de la transformación digital. La colaboración entre empresas, instituciones educativas, tecnológicas y gubernamentales impulsa la adopción colectiva de tecnologías digitales, promoviendo el crecimiento de todas las partes involucradas. Asimismo, trabajar en conjunto con instituciones académicas locales les brinda acceso a investigaciones y conocimientos especializados para incorporar prácticas digitales innovadoras en sus procesos. La digitalización también amplía las oportunidades de negocio al conectar con mercados emergentes, donde estrategias como el comercio electrónico y la presencia en plataformas digitales son clave para la expansión a nuevos mercados. Un entorno regulatorio que fomente la innovación y la adopción de tecnologías digitales brinda estabilidad y seguridad a las PyMEs metalmecánicas, contribuyendo al desarrollo sostenible a través de políticas favorables a la transformación digital. Finalmente, la exploración offshore y el potencial del litio como energía futura ofrecen oportunidades de crecimiento para el sector metalmecánico, posicionando a estas empresas como socios estratégicos y abriendo nuevas posibilidades de negocio.

Amenazas La falta de estrategias claras y efectivas constituye una amenaza evidente que puede obstaculizar la adopción de tecnologías 4.0 y la transformación digital. Por otra parte, las dificultades financieras y operativas para adoptar tecnologías 4.0 es otra amenaza a las que se enfrentan las PyMEs en sus intentos de transformación, los cuales se ven aún más amenazados por la resistencia al cambio o la falta de percepción sobre el impacto positivo que podría generar la incorporación de tecnologías 4.0 en sus procesos. La falta de infraestructura de almacenamiento en la nube o de conectividad robusta pueden obstaculizar la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas, y la falta de uso de tecnologías web y colaborativas puede limitar la colaboración y la innovación en la empresa. Por último, la falta de reconocimiento de la importancia estratégica de la Industria 4.0 puede retrasar la adopción de tecnologías y la transformación digital.

Matriz FODA 4.0 La Fig. 2 muestra la matriz FODA 4.0 resultante, de acuerdo a las discusiones de resultados presentados anteriormente.

4.3 Plan de acción

Los principales planes de acción propuestos para fortalecer la transición digital de las PyMEs metalmecánicas de Olavarría se dividen en tres categorías:

1- Planes de Acción desde Universidades y Centros de Investigación:

- Programas de Capacitación Especializada: Establecimiento de programas de capacitación en tecnologías digitales en colaboración con universidades locales para abordar las necesidades específicas de las PyMEs.

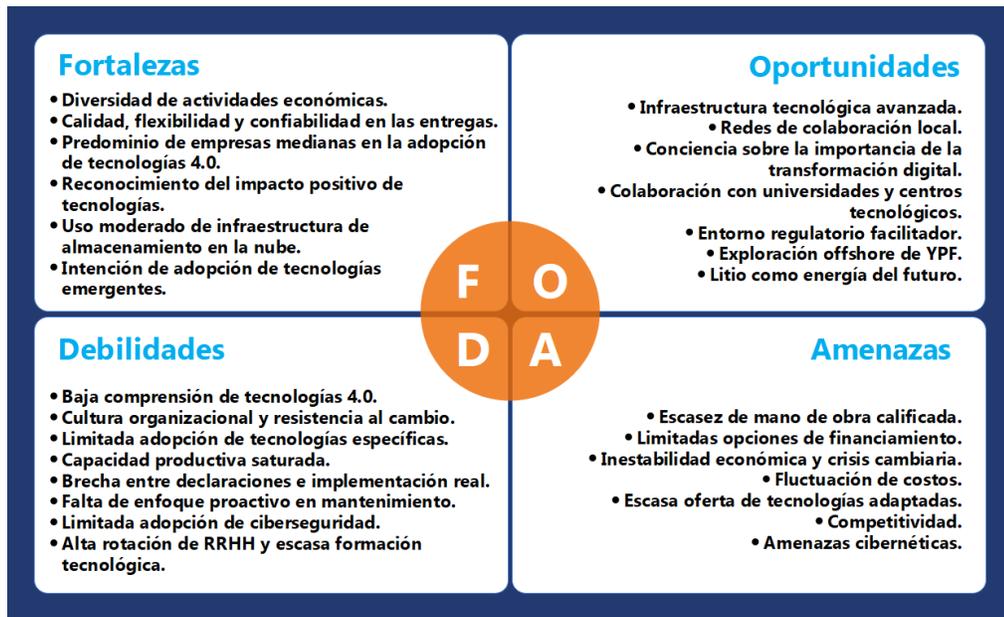


Fig. 2. Matriz FODA 4.0 para las PyMEs Metalmecánicas de Olavarría.

- Investigación y Desarrollo: Promoción de proyectos de investigación aplicada y evaluación de la posibilidad de establecer laboratorios para experimentar con tecnologías emergentes.
- Colaboración Universidad-Empresa: Fortalecimiento de la colaboración directa entre investigadores y empresas mediante programas de pasantías y proyectos conjuntos, incentivando la participación de estudiantes en proyectos de investigación.

2- Planes de Acción desde Organismos Gubernamentales:

- Incentivos Financieros para Transformación Digital.
- Desarrollo de estrategias para establecer programas de incentivos financieros, como líneas de crédito con tasas preferenciales o exenciones impositivas.
- Programas de Vinculación Tecnológica: Generación de programas que fomenten la vinculación de las PyMEs con proveedores de tecnologías digitales y la creación de redes de soporte y colaboración tecnológica.
- Planes de Desarrollo Industrial: Integración de la transformación digital en los planes de desarrollo industrial municipal y provincial, facilitando la participación de las PyMEs en programas de apoyo gubernamental.

3- Planes de Acción desde Asociaciones de Empresas:

- Programas de mentoría empresarial: Implementación de programas de mentoría donde empresas avanzadas guíen a las menos avanzadas, promoviendo el intercambio de mejores prácticas.

- Negociación de Acuerdos Colectivos: Estrategias para negociar acuerdos con proveedores de tecnologías digitales para obtener descuentos y condiciones preferenciales.
- Campañas de Concientización: Desarrollo de campañas para concientizar sobre la importancia de la transformación digital, creando materiales educativos y seminarios web.

Estos planes de acción buscan potenciar la adopción de tecnologías digitales en las PyMEs metalmeccánicas de Olavarría, aprovechando la colaboración entre universidades, organismos gubernamentales y asociaciones empresariales para impulsar la transformación digital en el sector.

5 Conclusiones

En este trabajo se presentó una metodología sistemática para el desarrollo de un análisis FODA ampliado, que hemos denominado como FODA 4.0. Con el fin de obtener una visión integral de las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas de las PyMEs del sector en estudio respecto al grado de transición digital. La metodología desarrollada plantea una ampliación del modelo Intics, el cual fue originalmente desarrollado para establecer la madurez tecnológica de las empresas mediante un análisis detallado de las Tecnologías de la Información y Comunicación utilizadas en sus principales áreas funcionales. Seguidamente esta metodología se aplicó sobre un cluster de empresas PyMEs del sector metalmeccánico de la ciudad de Olavarría. De la aplicación de la metodología resultó una experiencia virtuosa, dando como resultado un análisis FODA 4.0 sobre el cual se pudo establecer un plan de acción para la transición digital del cluster de empresas estudiadas. En cuanto a trabajos futuros, se propone determinar un conjunto de acciones prioritarias concretas que surjan del plan de acción propuesto y medir los resultados de su aplicación. Para ello, se podría utilizar nuevamente la metodología FODA 4.0 en conjunto con los indicadores de desempeño definidos, en colaboración con los actores involucrados, con el fin de fortalecer la digitalización de las PyMEs industriales y reforzar su posicionamiento en un entorno empresarial cada vez más digitalizado y competitivo.

References

1. CEPAL: Agenda digital para américa latina y el caribe (elac2022). Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D.C. (2020), https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46439/1/S2000903_es.pdf
2. CEPAL, N.: Datos y hechos sobre la transformación digital: informe sobre los principales indicadores de adopción de tecnologías digitales en el marco de la agenda digital para américa latina y el caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2021)

3. CEPAL, O.: Perspectivas económicas de América Latina 2013: políticas de pymes para el cambio estructural. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2012)
4. Cirera, X., Muzi, S.: Measuring innovation using firm-level surveys: Evidence from developing countries. *Research Policy* **49**(3), 103912 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103912>
5. Del Do, A.M., Villagra, A., Pandolfi, D.: Desafíos de la transformación digital en las pymes. *Informes Científicos Técnicos - UNPA* **15**(1), 200–229 (2023). <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v15.n1.941>
6. Dini, M., Stumpo, G.: Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento. síntesis. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2019)
7. Fernández, M., Puig, P.: Los desafíos del comercio electrónico para las pymes: Principales claves en el proceso de digitalización. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D.C. (2020). <https://doi.org/10.18235/0002311>
8. Matt, C., Hess, T., Benlian, A.: Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering* **57**(5), 339–343 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
9. Mon, A., Del Giorgio, H.R., Collazos, C., Calleros, J.M.G.: Analysis of companies in industry 4.0 to characterize their users: The cases of Argentina and Mexico. In: Agredo-Delgado, V., Ruiz, P.H., Correa-Madrigal, O. (eds.) *Human-Computer Interaction*. pp. 28–40. Springer International Publishing, Cham (2022)
10. Mon, A., Del Giorgio, H.R.: Evaluation of information and communication technologies towards industry 4.0. *Procedia Computer Science* **180**, 639–648 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.286>, proceedings of the 2nd International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2020)
11. Morakanyane, R., Grace, A.A., O'Reilly, P.: Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature. *BLED 2017. Association for Information Systems Electronic Library* pp. 427–444 (2017), <https://aisel.aisnet.org/bled2017/21>
12. OECD: OECD Digital Economy Outlook 2017. OCDE (2017). <https://doi.org/10.1787/9789264276284-en>
13. OECD, CAF Development Bank of Latin America: América Latina y el Caribe 2019. OCDE (2019). <https://doi.org/10.1787/60745031-es>
14. Osorio-Gallego, C., Londoño-Metaute, J., López-Zapata, E.: Analysis of factors that influence the ICT adoption by SMEs in Colombia. *Intangible Capital* **12**(2), 666–732 (2016). <https://doi.org/10.3926/ic.726>
15. Schallmo, D., Williams, C.A., Boardman, L.: Digital transformation of business models — best practice, enablers, and roadmap. *International Journal of Innovation Management* **21**(08), 1740014 (2017). <https://doi.org/10.1142/S136391961740014X>
16. Somohano-Rodríguez, F.M., Madrid-Guijarro, A., López-Fernández, J.M.: Does industry 4.0 really matter for SME innovation? *Journal of Small Business Management* **60**(4), 1001–1028 (2022). <https://doi.org/10.1080/00472778.2020.1780728>
17. Trujillo Valdiviezo, G., Rodríguez Alegre, L., Mejía Ayala, D., López Padilla, R.: Transformación digital en América Latina: una revisión sistemática. *Revista Venezolana De Gerencia* **27**(100), 1519–1536 (2022). <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.100.15>