

INDUSTRIA 4.0, CONVERGENCIA TECNOLÓGICA Y DESAFÍOS PARA SU DESARROLLO A ESCALA REGIONAL

Blanc, Rafael; Rodríguez, María Alejandra; Lepratte, Leandro¹

Eje Temático: Innovación en PyMEs y nuevos modelos productivos

Institución: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay (FRCU UTN). Grupo de Investigación en Desarrollo, Innovación y Competitividad (GIDIC)

Introducción

América Latina y Argentina en particular han transitado en las últimas décadas por un proceso creciente de desindustrialización prematura, caída en valor agregado de la manufactura en el PBI y menor mano de obra manufacturera con tendencia a la primarización y una baja productividad en general. Mientras que se evidencia una creciente participación de los servicios (aunque en su mayoría de baja productividad) (Castillo, Gligo, & Rovira, 2017; Rodrik, 2016).

A este proceso de largo plazo en la región, se lo debe interpelar a partir de una dinámica global que algunos estudiosos han denominado Cuarta Revolución Industrial. Signada por procesos de convergencia tecnológicas que han transitado desde la fusión tecnológica, pasando por la modularización hasta arribar luego del 2000 al desarrollo de la digitalización y la technology - service convergence (Kodama, 2014; Stezano, Casalet, & De Gortari, 2017).

En esta perspectiva, y comprendiendo el proceso de cambio tecnológico y las dinámicas del mercado global, los países desarrollados han planteado diferentes iniciativas de políticas industriales y tecnológicas para hacer frente a estos procesos. Una de las más reconocidas y con incipiente adopción como guiding vision en Argentina es la de “Industria 4.0” creada en Alemania (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018).

Teniendo como horizonte estas cuestiones, el presente trabajo explora en qué medida ciertas industrias de la provincia de Entre Ríos (Argentina), se encuentran transitando los desafíos de la industria 4.0. El cometido del análisis que se presenta aquí en estado de avance, de carácter preliminar y exploratorio, busca analizar el grado de madurez e incorporación de tecnologías 4.0 en las firmas que se encuentran adheridas al régimen de parques y áreas industriales de la provincia.

El trabajo presenta un apartado teórico con breves referencias sobre la industria 4.0, la convergencia tecnológica y los modelos que se aplican para analizar el grado de implementación de este enfoque en las industrias. Luego se presentan en forma exploratoria la metodología que utilizamos en el estudio junto a algunos resultados preliminares. Finalmente se discuten cuestiones en dos planos: uno de tipo tecno - organizacional y otro de instrumentos de políticas industriales y tecnológicas aplicados a escala regional (provincial y local) que se encuentran relacionados con transformaciones tecnológicas que requerirán las firmas frente a la industria 4.0.

Convergencia Tecnológica, Industria 4.0 y Modelos de madurez

¹ Se agradece la colaboración del Damián Ratto (Becario BINID) en el análisis de datos.

Tal como lo señala Carlota Pérez, a partir de 1970 se da el advenimiento de un nuevo paradigma tecno - económico, marcado por el papel de la informática y las telecomunicaciones (Perez, 2010). Algunos autores advierten que hacia la década del 2000 en adelante transitamos un período de “convergencia tecnológica” (en adelante CT). Al referirse al impacto de la revolución digital que da lugar a la unión entre telecomunicaciones, TIC, internet y electrónica de consumo, influyendo en una nueva generación de productos y servicios que se integran entre diferentes industrias y tecnologías a través de procesos de innovación (Chang, Miles, & Hung, 2014; Kodama, 2014)

Hacklin considera que existen incipientes antecedentes de estudios sobre CT a nivel de firmas, y que se centran en dos grandes perspectivas: los estudios sobre sectores industriales en general, y aquellos que relacionan al fenómeno de la CT con otros como: la innovación, la integración de mercados, la integración entre firmas, las estrategias y modelos de negocios, entre otras cuestiones (Hacklin & Wallin, 2013).

Uno de los escenarios organizacionales centrales de CT en la actualidad lo evidencian los desafíos de la manufactura avanzada, que adoptamos aquí con la denominación generalizada de Industria 4.0 (Castillo, 2017). Que se identifica en tres grandes macro-procesos: la hiper convergencia entre la manufactura y los servicios; la mayor fragmentación de la cadena de valor de la Internet Industrial; y la competencia de las nuevas plataformas de Internet Industrial.

En tanto proceso de convergencia tecnológica, la manufactura avanzada, ha surgido a partir de las potencialidades de aplicación de las TIC a la industria, o la denominada Internet Industrial, que se encuentra facilitando los procesos de cambio estructural en los sectores productivos, a través de la convergencia en base a infraestructuras, plataformas tecnológicas y participación de usuarios que se relacionan con Internet de las Cosas (IoT), redes de conectividad, computación en la nube, Big Data, Robótica e inteligencia artificial (Basco et al., 2018; Lanza, Nyhuis, Ansari, Kuprat, & Liebrecht, 2016).

La Industria 4.0 tiene diez principios básicos que cruzan transversalmente las nuevas tecnologías (Hermann et al., 2015), de los cuales se analizamos aquí cinco de estos, que denominaremos incorporación de tecnologías 4.0: A) Sistema Cyber Físicos, B) Capacidad en tiempo real, C) Virtualización, D) Descentralización y E) Internet de las cosas (IoT).

Tecnologías 4.0

Actualmente un conjunto de actividades y tecnologías impulsan cambio hacia la industria 4.0 entre estas se consideran: big data, internet de las cosas, robotización, inteligencia artificial, aprendizaje automático e impresión 3D, sensores, realidad virtual y servicios en la nube, y otras. Las mismas, están impactando transversalmente en todos los sectores productivos, cambiando los modelos de producción, gestión y negocio del planeta como sucedió con las tecnologías 3.0. Este fenómeno, marcado por la digitalización y la conectividad, está cambiando la forma de producir, los modelos de negocios, el mercado laboral y las tareas que llevan adelante los trabajadores. Esta transformación, implica, por ejemplo, que una fábrica tenga información instantánea sobre el estado de sus máquinas o que una empresa conozca en tiempo real el uso que hacen los clientes de sus servicios. En la tabla 1, se presenta qué tecnologías están asociadas en forma directa a la Industria 4.0 en el enfoque de diversos autores.

Tabla 1: Tecnologías asociadas a 4.0

Autor y trabajo	Dimensiones	Ítems a tener en cuenta.	Año
<p>Hermann, Mario; Pentek, Tobias; Otto, Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sistemas Cyber Físicos. 2) Internet de las cosas 3) Internet como servicio 4) Fábrica inteligente 5) Interoperability 6) Virtualización 7) Descentralización 8) Capacidad en tiempo real 9) Orientación a servicio. 10) Modularidad 	<p>1) Integraciones de computación y procesos físicos. Las computadoras y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con circuitos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. 2) El IoT permite "cosas" y "objetos", como RFID, sensores, actuadores, teléfonos móviles, que, a través de esquemas de direccionamiento únicos, (...) interactúan entre sí y cooperan con sus componentes "inteligentes" vecinos, para alcanzar objetivos comunes. 3) Proveedores de servicios para ofrecer sus servicios a través de internet. [...] El IoS consta de participantes, una infraestructura para servicios, modelos de negocio y los servicios en sí. Los servicios son ofrecidos y combinados en servicios de valor agregado por varios proveedores. 4) La fábrica inteligente se define como una fábrica que consciente del contexto ayuda a las personas y las máquinas en la ejecución de sus tareas. Esto se logra mediante sistemas que funcionan en segundo plano, los llamados sistemas de calma y conscientes del contexto significa que el sistema puede tener en cuenta la información de contexto, como la posición y el estado de un objeto. 5) La interoperabilidad es un habilitador muy importante de Industrie 4.0. En las empresas Industrie 4.0, CPS y humanos están conectados a través de IoT y IoS. Los estándares serán un factor clave de éxito para la comunicación entre CPS de varios fabricantes. 6) El sensor y los datos están vinculados a modelos de planta virtual y modelos de simulación. Así, se crea una copia virtual del mundo físico. 7) Significa que las etiquetas RFID "dicen" a las máquinas qué pasos de trabajo son necesarios. Por lo tanto, la planificación central y el control ya no son necesarios. 8) El estado de la planta es permanentemente rastreado y analizado. 9) La planta se basa en una arquitectura orientada al servicio. 10) Los sistemas pueden adaptarse de manera flexible a los requisitos cambiantes al reemplazar o expandir un módulo individual.</p>	<p>2015</p>
<p>Reiner Anderl y Jürgen Fleischer Guideline Industrie 4.0</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Productos 2) Producción 	<p>1) Integración de sensores y actuadores; Comunicación y conectividad; Funcionalidades para el almacenamiento de datos e intercambio de información; Vigilancia; Servicios de TI relacionados con el producto; Modelos de negocio en torno al producto 2) Procesamiento de datos en producción; Comunicación máquina a máquina; Red de empresas con la producción; Infraestructura de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones en la producción; Interfaces hombre-máquina; Eficiencia para pequeños lotes.</p>	<p>2016</p>

<p>Sameer Mittal, Muztoba Ahmad Khan, David Romero and Thorsten Wuest A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs)</p>	<p>1) Realidad Aumentada y Virtual 2) Manufactura aditiva. 3) Internet de las cosas (IoT) 4) Análisis Big Data 5) Sistemas Cyber Físicos</p>	<p>1) Crea un entorno artificial (virtual) del mundo real utilizando diversas tecnologías innovadoras como dispositivos móviles, dispositivos portátiles, etc. 2) La fabricación aditiva crea partes complejas desde cero, en su mayoría agregando una capa a la vez, en base a un modelo CAD 3D. 3) IoT Internet of Things, describe la conexión y la comunicación de "cosas" físicas a través de Internet. 4) Los conjuntos de datos ahora se caracterizan por su alto volumen, velocidad y naturaleza de variedad más veracidad y valor. Se requieren tecnologías específicas con nuevos métodos analíticos y herramientas para transformar grandes volúmenes de datos de manera efectiva y eficiente en información y conocimiento. 5) Los sistemas cyber físicos son sistemas de entidades computacionales colaborativas que están en conexión con el mundo físico que lo rodea y sus procesos en curso, proporcionando y utilizando, al mismo tiempo, los servicios de acceso y procesamiento de datos disponibles en Internet.</p>	<p>2018</p>
<p>Erwin Rauch, Thomas Stecher, Marco Unterhofer, Patrick Dallasega and Dominik T. Matt Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey.</p>	<p>Pequeñas, Medianas, Grandes empresas.</p>	<p>Sistemas de monitoreo digital en tiempo real; Transformación cultural; Análisis de big data; Sistemas de fabricación ágil; Estaciones de trabajo digitales y conectadas; Rol del Operador; E-Kanban; Sistemas automatizados de transporte; Computación en la nube; Fabricación automatizada / montaje; Robótica colaborativa; Entrenamiento 4.0; Sistemas de almacenamiento automatizados; Monitoreo remoto de productos; IoT y CPS; Mantenimiento predictivo; identificación y tecnología de seguimiento; Sistemas de Soporte a la Decisión; Sistemas de productos y servicios digitales; Modelos de redes de colaboración; PDM y PLM; Normas CPS; Sistemas de fabricación auto adaptativos; Tele-mantenimiento; Simulación; Punto de venta digital; Innovación abierta; Sistemas de asistencia inteligente; Modelos de flujo de material continuo; Diseño sostenible de la cadena de suministro; Inteligencia artificial; Plug and Produce; VR y AR; Servitización / Economía Compartida; Fabricación Aditiva (Impresión 3D); Objeto autoservicio; Bloqueo digital; Freemium; Complemento digital o actualización</p>	<p>2019</p>

Fuente: elaboración propia en base a los artículos citados.

Este tipo de industria tiene diez principios básicos que cruzan transversalmente las nuevas tecnologías (Hermann et al., 2015), de los cuales se analizarán cinco en el presente trabajo. Estos se definen como:

A) Sistema Cyber Físicos: son integraciones del sistema de software y los procesos físicos. Las computadoras y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con circuitos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. El desarrollo de dichos sistemas se caracteriza por tres fases, primera generación incluye tecnologías de identificación como etiquetas RFID y el almacenamiento de datos de los mismos y los análisis deben proporcionarse como un servicio. La segunda está desarrollada en base a sensores y actuadores con un rango limitado de funciones. La tercera generación puede almacenar y analizar datos, están equipados con múltiples sensores y actuadores, y son compatibles con la red.

B) Capacidad en tiempo real: para el control de las tareas organizativas es necesario que los datos se recopilen y analicen en tiempo real. El estado de la planta de producción se

capta y se analiza permanentemente, por lo cual, la planta puede reaccionar ante una falla o cambios en la demanda en forma ágil.

C) Virtualización: es una tecnología que permite la copia del mundo físico en uno digital lo que puede facilitar la realización de escenarios que podrán ser aplicados al diseño de partes, set up de máquinas, niveles de procesamiento, etc.

D) Descentralización: la capacidad de los equipos de poder realizar ciertas rutinas en forma autónoma en caso de inconvenientes y la posibilidad de implementar acceder a datos e implementar órdenes de forma remota al proceso.

E) Internet de las cosas (IoT): puede ser definido como la capacidad de los productos de almacenar y proveer datos de estado, uso y ubicación al fabricante, además de proveer características remotas al usuario como manejo, informes de estado, etc.

Modelos de análisis de madurez

Desde una perspectiva organizacional, las tecnologías enunciadas en el apartado anterior formarían parte, conforme a cierta literatura, de un estadio superior dentro de los postulados de modelos de madurez para ser aplicados en industrias.

El grado de madurez es analizado en los niveles de Productos, Operaciones y Tecnologías de las firmas dependiendo los autores de referencia (Rockwell Automation, 2014; Lanza et al., 2016; Brunner, Jodlbauer y Schagerl, 2016; Schumacher, Erolb y Sihm, 2016; Schumacher, Nemetha y Sihm, 2018; Mittal et al., 2018). Así también y dado el carácter dinámico del cambio tecnológico relacionado a estas tecnologías, los niveles dependen del año en el cual se encuentre la publicación de cada modelo.

La importancia de los modelos de madurez, con fuerte impronta ingenieril, está dada por su funcionamiento como guías de implementación de tecnologías y que establecen estadios dentro de la industria 4.0.

Los enfoques de madurez se basan en una serie de dimensiones que varían de cuatro a nueve según el autor y un paquete de ítems asociados a las mismas. Estas dimensiones tienen un carácter normativo y evolutivo, a modo de pasos que se deben seguir para lograr mayores niveles de madurez y acercamiento al paradigma dominante.

Con el objeto de clarificar el concepto de niveles de madurez se comparan tres trabajos en cuanto a las dimensiones que forman su base y los ítems que contienen (tabla 2).

Tabla 2: Componentes del Modelo de Madurez

Autor	Dimensiones	Items por dimensiones.	Año
Andreas Schumacher, Selim Erolb, Wilfried Sihn. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Estrategia 2) Liderazgo 3) Clientes 4) Productos 5) Operaciones 6) Cultura 7) Personas 8) Gobierno 9) Tecnología 	<p>1) Implementación de la hoja de ruta I4.0, Recursos disponibles para la realización, Adaptación de modelos de negocio 2) Voluntad de líderes, Competencias y métodos de gestión, Existencia de coordinación central para I4.0 3) Clientes Utilización de datos de clientes, Digitalización de ventas / servicios, Competencia de medios digitales del cliente , 4) Individualización de productos, Digitalización de productos, Integración de productos en otros sistemas 5) Descentralización de procesos, Modelado y simulación, Interdisciplinaria, colaboración interdepartamental 6) Intercambio de conocimientos, Innovación abierta y colaboración entre empresas, Valor de las TIC en la empresa 7) Competencias TIC de los empleados, apertura de los empleados a las nuevas tecnologías, autonomía de los empleados 8) Regulaciones laborales para I40, Idoneidad de los estándares tecnológicos, Protección de la propiedad intelectual.</p>	2016
Andreas Schumacher , Tanja Nemetha, Wilfried Sihn Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tecnología 2) Productos 3) Clientes y socios 4) Procesos de creación de valor 5) Datos e información 6) Normas corporativas 7) empleados 8) Estrategia y liderazgo 	<p>1) Tecnología para el intercambio de información; Utilización de tecnología en la nube; Dispositivos móviles en el taller; Almacenamiento descentralizado de información; Sensores para la recopilación de datos; Computadoras integradas en máquinas; Computadoras integradas en herramientas; Fabricación aditiva; Utilización de robots. 2) individualización del producto; Flexibilidad de las características del producto; Recolección de información de uso del producto; Componentes de procesamiento de datos en productos; Conexión a internet de productos; Compatibilidad digital e interoperabilidad de productos; Servicios de TI relacionados con productos físicos. 3) Apertura a las nuevas tecnologías; Competencia con las TIC modernas; Digitalización del contacto con el cliente; Integración del cliente en el desarrollo de productos; Utilización de datos relacionados con el cliente; Colaboración de TI para el desarrollo de productos; Contacto digital con socios de la compañía; Grado de digitalización del socio de la empresa. 4) Automatización de procesos VC; Autonomía del parque de máquinas; Intercambio de información entre máquinas; Control remoto del parque de máquinas; Control de calidad automatizado; Mantenimiento de máquinas basado en datos; Automatización de manejo de objetos; Colaboración de humanos y robots. 5) procesos de información digital; Recogida automatizada de datos; Análisis de datos recopilados; Toma de decisiones basada en datos; Suministro automatizado de información; Individualización de la información proporcionada; Visualización digital de procesos; Simulación de software basada en datos de escenarios futuros. 6) Monitoreo de la realización de la Industria 4.0; Estándares tecnológicos; Reclutamiento para la Industria 4.0; Ajustes de arreglos de obras; Capacitación de empleados para competencias digitales; Protección legal para productos y servicios digitales; Mayor seguridad cibernética; Reglas para empleados en ambiente de trabajo digital. 7) Apertura a las nuevas tecnologías; Competencias con las TIC modernas; Conciencia de los datos de los empleados que no son empleados de TI; Conciencia de los no empleados de TI para la seguridad cibernética;</p>	2018

		Disponibilidad para flexibilizar los arreglos de trabajo; Autonomía de los trabajadores del taller; Experiencia con trabajo interdisciplinario; Voluntad de formación continua en el trabajo; Conocimiento sobre las competencias de los empleados. 8) Hoja de ruta para la realización de la Industria 4.0; Coordinación central de las actividades de la Industria 4.0; Recursos financieros para realizar la Industria 4.0; Comunicación de actividades de la Industria 4.0; Objetivos de los empleados para realizar la Industria 4.0; Evaluación de riesgos para la Industria 4.0; Disponibilidad de los gerentes para realizar la Industria 4.0; Gerentes de capacitación para la Industria 4.0	
Sameer Mittal, Muztoba Ahmad Khan, David Romero and Thorsten Wuest A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Estrategia 2) Liderazgo 3) Clientes 4) Productos 5) Operaciones 6) Cultura 7) Personas 8) Gobierno 9) Tecnología 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Implementación de la hoja de ruta de la Industria 4.0, Realización de los recursos disponibles para la digitalización y la automatización inteligente, Adaptación del modelo de negocio. 2) Disposición de los líderes para adoptar el paradigma de la Industria 4.0, Gestión de competencias y métodos (digitales), Existencia de una coordinación central para la estrategia de la Industria 4.0. 3) Utilización de datos del cliente, digitalización de ventas y servicios, competencia de medios digitales del cliente. 4) Individualización de productos, Digitalización de productos, Integración de productos en otros sistemas. 5) Descentralización de procesos, Modelado y simulación, Colaboración interdisciplinaria e interdepartamental. 6) Intercambio de conocimientos, innovación abierta y colaboración entre empresas, valor de las tecnologías de la información y la comunicación en la empresa. 7) Competencias TIC de los empleados, apertura de los empleados a las nuevas tecnologías, autonomía de los empleados. 8) Regulaciones laborales para la Industria 4.0, Idoneidad de los estándares tecnológicos y Protección de la propiedad intelectual. 9) Existencia de las TIC modernas, utilización de dispositivos móviles, utilización de la comunicación máquina a máquina (M2M). 	2018

Fuente: elaboración propia en base a los artículos citados.

De la tabla anterior se desprende que, a pesar de haber un consenso en cuanto a las dimensiones de análisis, no así a los ítems que contienen las mismas variando de acuerdo al autor y al año de referencia, pero las mismas contienen Tecnologías asociadas a 4.0 que se encuentra en la Tabla 1. En el apartado siguiente se tratarán las cuestiones metodológicas de cómo medir los niveles de implementación de las tecnologías 4.0 en la muestra a analizar.

Metodología.

El presente estudio es de carácter exploratorio y corresponde con la primera fase de un proyecto de investigación que tiene como objeto relevar el estado de las industrias de los parques industriales de la provincia de Entre Ríos. El objetivo del estudio es analizar diversos aspectos de las firmas, tales como actividad, orientación de mercado, innovación, capital humano, esfuerzos incorporados y desincorporados, entre otros. Una de las dimensiones del estudio buscar registrar tecnologías incorporadas relacionadas con industrias 4.0.

Dado que aún no se cuenta con datos primarios de todos los parques evaluados por el proyecto, se realizará un análisis de datos primarios del parque industrial Concepción del Uruguay del cual fueron relevadas 22 (veintidós) empresas durante el segundo trimestre del año 2019. Se prevé relevar industrias de los parques seleccionados para el proyecto son los siguientes: Paraná, Crespo, Concordia, Concepción del Uruguay y Gualeguaychú. Las industrias del parque de Concepción del Uruguay se desempeñan en rubros tradicionales: Elaboración de productos alimenticios, Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles, Fabricación de papel y de productos de papel, Fabricación de muebles y colchones, Fabricación de productos minerales no metálicos, Fabricación de productos de caucho y plástico, Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo, Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutica, Fabricación de sustancias y productos químicos y Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques.

De 26 (veintiséis) se logró encuestar a 22 (veintidós). El formulario único se aplicó con encuestador en forma presencial, en las firmas de mayor porte hubo instancias auto administradas y luego con un chequeo de la información por parte de un encuestador.

En el módulo sobre Incorporación de Tecnologías 4.0 se evaluaron componentes del modelo de madurez de las dimensiones: Producto, Operaciones y Tecnología. Y características relacionadas con la industria 4.0 como son: sistemas cyber físicos, análisis en tiempo real, virtualización, descentralización y Orientación al servicio (IoT).

A fin de lograr los objetivos del trabajo se realiza una serie de análisis como son tablas de frecuencias, promedios, gráficos de datos agrupados y gráficos radiales. La conformación de las variables del estudio fueron las siguientes.

VARIABLES DEL ESTUDIO

A) Sistemas Cyber Físicos.

- Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)
- MDC recopilación de datos de una máquina
- PDA adquisición de datos de producción
- M2M Coordinación de equipos de producción a través de red
- MES Sistemas de Ejecución de Manufactura

B) Análisis tiempo real

- MRP Sistema de planificación de materias primas.

ERP Sistema de planificación de recursos.
 Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones.
 Herramientas de análisis de datos en la nube.

C) Virtualización

CAD Diseño asistido por computadora.
 Sistema de control avanzado (inteligencia artificial, red neuronal, etc..).
 Realidad aumentada.
 Simulación de piezas.
 Simulación de sistemas de producción o distribución.
 BPM Software.

D) Descentralización

Herramientas de análisis de datos en la nube.
 Programas en la nube (cloud computing) como reemplazo del sistema local.
 Acceso a datos a través de telefonía celular.
 Modificación de datos a través de telefonía celular.

E) Internet de las cosas (IoT)

Producto almacena datos de uso.
 Producto almacena datos de estado y ubicación.
 Producto comunica datos de estado y ubicación.
 Producto comunica datos de uso.

A continuación, se presentan los principales análisis y resultados preliminares del estudio.

Resultados

A continuación, presentamos los resultados preliminares por cada dimensión considerada en el módulo de Tecnologías 4.0 del relevamiento.

En la dimensión sistemas Cyber – físicos (Tabla4), se aprecia la presencia de hardware de control de máquinas para automatizar las mismas, a su vez se evidencia que ese hardware no está utilizado a un nivel superior dado que MDC, PDA y M2M reducen su utilización a 27,3%, 13,6 y 18,2% respectivamente. Otros sistemas de baja implementación son los de identificación de piezas, productos en proceso y terminados Códigos de Barras y RFID.

Tabla 4: resultados dimensión Sistemas Cyber Físicos

Sistemas Cyber Físicos	Si	No
Códigos de barras (partes y productos terminados)	13,60%	86,40%
Identificación por radiofrecuencia (RFID)	9,10%	90,90%
Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)	50,00%	50,00%
MDC recopilación de datos de una máquina	27,30%	72,70%
PDA adquisición de datos de producción	13,60%	86,40%
M2M Coordinación de equipos de producción a través de red	18,20%	81,80%
MES Sistemas de Ejecución de Manufactura	9,10%	90,90%
Promedio Sistemas Cyber Físicos	20,10%	79,90%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

El análisis de datos de procesos y negocio (Tabla 5) se encuentra presente en promedio en el 17,0%, los softwares para planificación y control de recursos (MRP y ERP) y las rutinas de análisis de datos proporcionados por los mismos se realizan en pocas empresas

no alcanzando un tercio de las mismas. Finalmente, pensando en la migración de datos de la firma a servidores externos (Cloud Computing) y su tratamiento vemos que solo el 4,5 de las firmas ocupa este tipo de tecnología.

Tabla 5: resultados dimensión Análisis en tiempo real

Análisis tiempo real	Si	No
MRP Sistema de planificación de materias primas	27,30%	72,70%
ERP Sistema de planificación de recursos	18,20%	81,80%
Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones	18,20%	81,80%
Herramientas de análisis de datos en la nube	4,50%	95,50%
Promedio Análisis tiempo real	17,00%	83,00%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

De la dimensión Virtualización (Tabla 6) se destaca el uso de diseño asistido por computadora con el 40,9% de los casos haciendo uso de estas tecnologías para proporcionarle datos a ciertos tipos de equipos como son pantógrafos, plegadoras y tornos entre otros. Se hace uso de simulación por computadora de piezas en el 18,2%, ya sea para verificar ensambles y movimientos como para simular cargas sobre las mismas. La presencia en procesos o utilización en otras partes del negocio de sistemas de inteligencia artificial es inexistente.

Tabla 6: resultados dimensión Virtualización

Virtualización	Si	No
CAD Diseño asistido por computadora	40,90%	59,10%
Sistema de control avanzado (inteligencia artificial, red neuronal, etc..)	0,00%	100,00%
Realidad aumentada	9,10%	90,90%
Simulación de piezas	18,20%	81,80%
Simulación de sistemas de producción o distribución	4,50%	95,50%
BPM Software	4,50%	95,50%
Promedio Virtualización	12,90%	87,10%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La implementación de tecnologías de Cloud Computing es mínima (4,5%) y el acceso remoto a través de teléfonos móviles es inexistente (Tabla 7).

Tabla 7: resultados dimensión Descentralización

Descentralización	Si	No
Herramientas de análisis de datos en la nube.	4,50%	95,50%
Programas en la nube (cloud computing) como reemplazo del sistema local	4,50%	95,50%
Acceso a datos a través de telefonía celular	0,00%	100,00%
Modificación de datos a través de telefonía celular.	0,00%	100,00%
Promedio Descentralización	2,30%	97,70%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

Una tecnología en auge que representa el núcleo de la denominada cuarta revolución industrial es el *internet de las cosas* (IoT). En cuanto a la muestra analizada se observa que su implementación es casi nula. Los mejores resultados se dan en el almacenamiento de datos de uso con el 4,5% y la comunicación de los mismos 4,5%. Por otra parte, se da una ausencia de almacenamiento y comunicación de datos de estado y ubicación, esto

puede deberse a que los productos pertenecen a sectores maduros y tradicionales de difícil modernización.

Tabla 8: resultados dimensión Internet de las Cosas

Internet de las cosas (IoT)	Si	No
Producto almacena datos de uso	4,50%	95,50%
Producto almacena datos de estado y ubicación.	0,00%	100,00%
Producto comunica datos de estado y ubicación.	0,00%	100,00%
Producto comunica datos de uso	4,50%	95,50%
Internet de las cosas (IoT)	2,30%	97,70%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

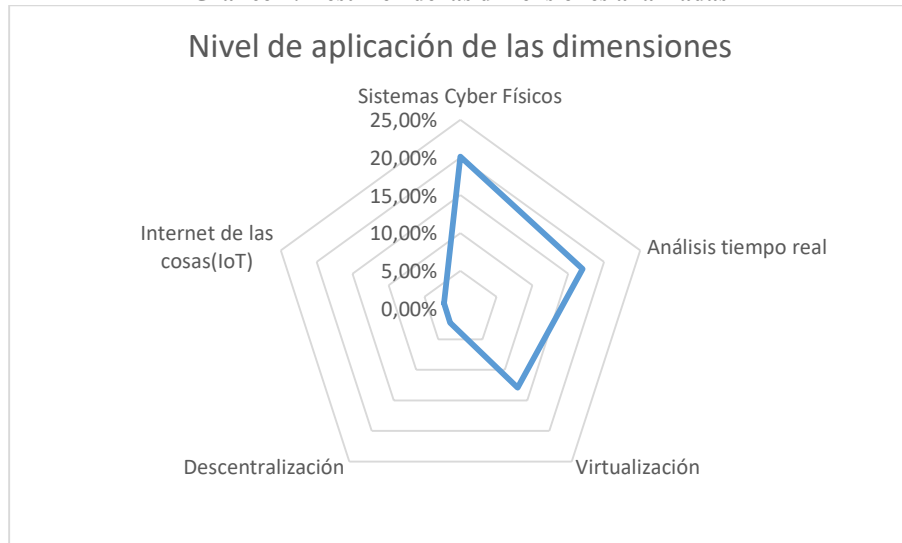
En la tabla 9 se presenta el resumen de las dimensiones analizadas, siendo las de mayor implementación Sistemas Cyber Físicos, Análisis tiempo real y Virtualización, y hay una ausencia de implementación de otras dimensiones tales como Descentralización y Internet de las cosas (IoT).

Tabla 9: resumen de dimensiones analizadas

Promedio Dimensiones	Si	No
Sistemas Cyber Físicos	20,10%	79,90%
Análisis tiempo real	17,00%	83,00%
Virtualización	12,90%	87,10%
Descentralización	2,30%	97,70%
Internet de las cosas(IoT)	2,30%	97,70%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

Grafico 1: Resumen de las dimensiones analizadas



Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

Consideraciones preliminares en el proceso de investigación sobre Industria 4.0.

Presentamos en este apartado algunas reflexiones que surgen del análisis preliminar de los resultados y de la experiencia del trabajo de campo. Las organizamos en cuestiones teóricas, metodológicas e instrumentales que abren paso a futuras líneas de trabajo investigativo.

En cuanto a los aspectos teóricos, la literatura sobre Industria 4.0 relacionada con modelos de madurez, requiere de profundizar los supuestos de utilizar este tipo de enfoques que se acercan a la tradición de los modelos de madurez en administración de negocios (Röglinger, Pöppelbuß, & Becker, 2012), capability maturity model (CMM)(Sarmiento dos Santos-Neto & Cabral Seixas Costa, 2019) del ámbito del software, o los project management modelos de madurez (Backlund, Chronéer & Sundqvist, 2014), entre otros. Los que tienen en común suponer que las organizaciones pueden seguir predecibles de evolución y cambio organizacional, siempre que estas puedan impulsar capacidades de etapa en etapa a lo largo de un camino anticipado, deseado o lógico (Van De Ven & Poole, 1995).

Los estudios que han considerado estos modelos plantean que tienen alcances descriptivos, prescriptivos y comparativos. Lo que en muchos casos ha llevado a discutir la validez de los mismos dados los cambios en los modelos de negocios, las tecnologías y las prácticas o enfoques de gestión. También se los ha criticado por considerarlos "recetas paso a paso" que simplifican demasiado la realidad y carecen de fundamento empírico, descuidando los aspectos de incertidumbre y las trayectorias específicas de las organizaciones y las condiciones de los entornos. Por tanto, se reclama que los modelos de madurez sean configurables (Röglinger, Pöppelbuß, & Becker, 2012).

Desde el punto de vista metodológico, los modelos para evaluar y/o describir niveles de madurez en las firmas relacionados específicamente con Industria 4.0, están sujetos a tener en cuenta que es un campo dinámico dado que los trabajos son recientes y la implementación de estas tecnologías aún no está consolidado ni se ha llegado a su madurez, si es que existe esto en términos teleológicos, por lo cual las dimensiones y los ítems que contienen no son definitivos. Como así también, y tal como los análisis críticos desde el punto de vista teórico lo han planteado para otros modelos de madurez, requieren de ser configurables y adaptados a las especificidades de las trayectorias sectoriales e incluso de cada firma, identificando las barreras y oportunidades para su implementación. Esto se observa en recientes estudios en países desarrollados, como Alemania, donde se podría suponer una mayor capacidad para hacer frente a estos procesos de cambio tecnológico. Por citar un estudio, el de Rupert Glass et al (2018) consideran que la principal barrera existente es lograr estandarización entre las tecnologías que ya poseen en las firmas (maquinarias, hardware y datos) con las relacionadas a la Industria 4.0.

En cuanto a los aspectos instrumentales del relevamiento, observamos encuestados en su mayoría comprenden los ítems relevados en relación a las tecnologías 4.0, no así la terminología "cuarta revolución industrial" o "industria 4.0". En su mayoría los encuestados fueron dueños / gerentes de las empresas y/o responsables de producción con formación técnico / ingenieril. En los casos que los entrevistados desconocían sobre los ítems relevados optaron por efectuar las consultas pertinentes con los responsables de áreas de producción.

Conclusiones

Tanto los modelos de madurez como las tecnologías asociadas a la industria 4.0 están en constante cambio encontrándose en una etapa de desarrollo que no permite que haya uniformidad en cuestiones como las dimensiones y los ítems que los componen.

La implementación, por parte de las industrias, de estas tecnologías en la muestra analizada es heterogénea. Dándose firmas que implementan gran cantidad de los ítems analizados como firmas que no tienen este nivel tecnológico en ninguna de las variables del estudio.

Por otra parte, del contenido de las entrevistas se determinó la presencia de equipos de diferentes tiempos y de difícil complementación, problema estandarización que se evidencia en otros estudios a nivel internacional. Como máquinas parcialmente automatizadas y en la misma línea máquinas autónomas con capacidades de coordinación mediante redes (M2M) y de reporte a diferentes softwares de gestión de proceso y negocios.

La presencia de rubros que fabrican productos maduros y de escasa intensidad tecnológica propicia en algunos casos no tener la necesidad de mejorar a nivel tecnológico para poder competir.

Se da el caso de empresas que consideraban que la demanda potencial y elevado costo de implementación de nuevas tecnologías, sumado al estado económico actual de recesión y elevadas tasas para el financiamiento de activos, hacen difícil impulsar un proceso de cambio tecnológico significativo en las mismas orientado a industria 4.0.

Las dimensiones de mayor grado de implementación en la muestra fueron los sistemas cyber físicos y la presencia de sistemas de análisis en tiempo real. Sus antagonistas fueron la descentralización del acceso y las tecnologías asociadas al internet de las cosas (IoT).

Finalmente, surgen algunas consideraciones desde la perspectiva de iniciativas de instrumentos de políticas industriales o de innovación para la región. En primer lugar, la necesidad de instalar las temáticas relacionadas con industrias 4.0 e implementar procedimientos extendidos de identificación de necesidades de cambio tecnológico en las industrias de la provincia. Plantear que aplicar modelos de industria 4.0 es más que la incorporación de tecnologías específicas, y que requiere de nuevos modelos de negocios y en particular de capacidades de gestión de la tecnología y de capital humano capaz de impulsarlos.

Donde cobra relevancia también el papel del sistema educativo a escala regional, de instituciones técnicas y universitarias que necesitan reformular propuestas formativas o bien generar nuevas carreras que tiendan a la convergencia tecnológica e industrial y la interdisciplina. Por otra parte, la necesidad de un sistema de herramientas de tipo financiero que permita el upgrade de líneas de procesos y que permita la implementación de tecnologías que fomenten el Smart Business.

Respecto a cuestiones de investigación de largo plazo, de estas primeras reflexiones surgen algunas. La primera profundizar el conocimiento sobre la naturaleza del proceso de cambio tecnológico implícito en los modelos relacionados con la Industria 4.0, y en particular el papel de la convergencia tecnológica e industrial. Y, en segundo lugar, sobre la naturaleza de los procesos de innovación relacionados con la manufactura avanzada, para establecer con claridad si se tratan de cambios disruptivos o meros procesos de mejoras incrementales en procesos orientadas a mejorar niveles de productividad.

Bibliografía

- AA. VV. (2019). *Economía del Conocimiento ARGENTINA AL FUTURO*. Publicación de difusión del Ministerio de Producción y Trabajo; Trabajo y Empleo, República Argentina.
- Backlund, F., Chronéer, D., & Sundqvist, E. (2014). Project management maturity models—A critical review: A case study within Swedish engineering and construction organizations. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, 837-846.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. Inter-American Development Bank.
- Brunner, M.; Jodlbauer, H. & Schagerl, M. (2016)- Reifegradmodell Industrie 4.0 - Unternehmen durch Industrie 4.0 stärken - *Industrie Management*, Vol. 32, No. 5, pp. 49-52
- Castillo, M., Gligo, N., & Rovira, S. (2017). La política industrial 4.0 en América Latina. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43944>
- Chang, Y.-C., Miles, I., & Hung, S.-C. (2014). Introduction to special issue: Managing technology-service convergence in Service Economy 3.0. *Technovation*, 34(9), 499-504. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.05.011>.
- Glass, R., Meissner, A., Gebauer, C., Stürmer, S., & Metternich, J. (2018). Identifying the barriers to Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 985-988.
- Hacklin, F., & Wallin, M. W. (2013). Convergence and interdisciplinarity in innovation management: a review, critique, and future directions. *The Service Industries Journal*, 33(7-8), 774-788. <https://doi.org/10.1080/02642069.2013.740471>
- Hermann, M.; Pentek T. & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, HI, pp. 3928-3937.
- Kodama, F. (2014). MOT in transition: From technology fusion to technology-service convergence. *Technovation*, 34(9), 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.04.001>
- Lanza, G., Nyhuis, P., Ansari, S. M., Kuprat, T., & Liebrecht, C. (2016). Empowerment and Implementation Strategies for Industry 4.0. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111(1-2), 76-79. <https://doi.org/10.3139/104.111462>
- Lee, J., Kao, H.-A., & Yang, S. (2014). Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment. *Procedia CIRP*, 16, 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Mittala, S; Muztoba Khana, A; Romero, D. & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems* Volume 49, October, Pages 194-214
- Perez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185-202. <https://doi.org/10.1093/cje/bep051>

- Rauch, E.; Stecher, T.; Unterhofer, M.; Dallasega, P. & Matt, D. (2019). Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bangkok, Thailand, March 5-7,
- Reiner A. & Jürgen F. (2016) Guideline Industrie 4.0.
- Rockwell Automation (2014). The Connected Enterprise Maturity Model. Allen-Bradley, Listen. Think. Solve. and Rockwell Software are trademarks of Rockwell Automation, Inc.
- Rodrik, D. (2016). Premature deindustrialization. *Journal of Economic Growth*, 21(1), 1-33. <https://doi.org/10.1007/s10887-015-9122-3>.
- Röglinger, M., Pöppelbuß, J., & Becker, J. (2012). Maturity models in business process management. *Business Process Management Journal*, 18(2), 328–346. doi:10.1108/14637151211225225.
- Sarmiento dos Santos-Neto, J. & Cabral Seixas Costa, A. (2019). Enterprise maturity models: a systematic literature review, *Enterprise Information Systems*, 13:5, 719-769, DOI: 10.1080/17517575.2019.1575986.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161-166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihm, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 79, 409-414. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>
- Stezano, F., Casalet, M., & De Gortari, R. (2017). *Convergencia Científica y Tecnológica*. Mexico: LANIA CONACYT.
- Van De Ven, A. & Poole, M. (1995). Explaining Development and Change in Organizations. *Academy of Management Review* Vol. 20, No. 3.